

Laine Offshore Wind Oy

Laineen merituulivoimahanke, Perämeri

Osa A: Merituulivoimapuisto ja vedyn tuotanto Suomen talousvyöhykkeellä sekä energiansiirto Suomen talousvyöhykkeellä ja aluevesillä

Ympäristövaikutusten arviointiselostus

Copyright © Laine Offshore Wind Oy (OX2)

Kaikki oikeudet pidätetään. Tätä asiakirjaa, sen liitteitä tai mitään osaa niistä ei saa kopioida, jäljentää, julkaista, levittää tai muokata miltään osin ilman Laine Offshore Wind Oy:n antamaa kirjallista lupaa.

AFRY Finland Oy:n projektinumero on 101017094.

Kannen kuva: © OX2 Finland Oy

Kuvien pohjakartat: Maanmittauslaitoksen peruskartta-aineisto, avoin data 2023–2024, ellei toisin mainita.

Merenpohjan syvyys- ja laatutiedoissa käytettyjen aineistojen lähtötiedot:

Aineisto	**Alue**	**Lähde**
Syvyysaineistot	Merituulivoimapuisto, tarkempi aineisto	Geofyysiset tutkimusaineistot Arctia Meritaito Oy, käsittelijä ja analysoija COWI
	Kaapelireitit, tarkempi aineisto	Geofyysiset tutkimusaineistot ja käsittely Geologian tutkimuskeskus GTK (MVE1, MVE2 ja MVE3)
		Geofyysiset tutkimusaineistot Arctia Meritaito Oy, käsittelijä ja analysoija COWI (MVE4/MVE5)
		Traficom aineisto, käsittelijä Ramboll Finland Oy
	Kaapelireitit, julkinen aineisto	EMODnet
Merenpohjan maalajit	Merituulivoimapuisto, tarkempi aineisto	Geofyysiset tutkimusaineistot Arctia Meritaito Oy, käsittelijä ja analysoija COWI
	Kaapelireitit, tarkempi aineisto	Geofyysiset tutkimusaineistot ja käsittely Geologian tutkimuskeskus GTK
	Merituulivoimapuisto ja kaapelireitit, julkinen aineisto	GTK Hakku
Pehmeän kerroksen paksuus	Merituulivoimapuisto, tarkempi aineisto	Geofyysiset tutkimusaineistot Arctia Meritaito Oy, käsittelijä ja analysoija COWI
	Kaapelireitit, tarkempi aineisto	Geofyysiset tutkimusaineistot ja käsittely Geologian tutkimuskeskus GTK

OSA A:N SISÄLLYS

1 Merituulivoimapuiston tekninen kuvaus 16
1.1 Suunnitteluperusteet 16
1.2 Merituulivoimalat 20
1.2.1 Väri, merkintä ja valaistus 23
1.2.2 Merituulivoimalan toimintaan liittyvät kemikaalit 24
1.3 Merituulivoima-alan kehitys 24
1.4 Merituulivoimaloiden sijoittelu 25
1.5 Merituulivoimaloiden perustukset 26
1.5.1 Painovoimaperustus (gravitaatioperustus) 27
1.5.2 Paaluperustus (monopile) 28
1.5.3 Ristikkorakenteinen perustus (jacket) 28
1.5.4 Hybridiperustusten vaihtoehtoinen tai täydentävä ankkurointi 28
1.6 Sähkönsiirto merituulivoimapuiston alueella ja tuulivoimapuistosta rannikolle 28
1.6.1 Merituulivoimapuiston sisäiset kaapelit 28
1.6.2 Siirtokaapeli mantereelle ja merisähköasema 32
1.7 Merituulivoimapuiston ja sähkönsiirron rakentaminen 38
1.7.1 Meren pohjaolosuhteet ja pohjan tutkiminen 39
1.7.2 Meriperustusten ja tuulivoimaloiden asentaminen sekä kaapelointi 39
1.7.3 Hankkeen rakentamisessa tarvittava maa- ja kiviaines 41
1.7.4 Sedimenttien läjitys 42
1.8 Merituulivoimaloiden ja merikaapeleiden toiminta ja huolto 43
1.9 Merituulivoimaloiden ja merikaapeleiden käytöstä poisto 44
1.10 Turvallisuus 44
2 Vedyn tuotannon tekninen kuvaus 46
2.1 Suunnitteluperusteet 46
2.2 Vetytalouden periaatteet 46
2.3 Vedyn tuotannon yleiskuvaus 48
2.3.1 Vedyn tuotanto hajautetusti tuulivoimalan tornin alaosassa 51
2.3.2 Vedyn tuotanto keskitetysti tuulivoimapuistoalueella sijaitsevalla asemalla 51
2.4 Vedyn valmistus elektrolyysillä 51
2.4.1 Elektrolyyseri 51

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

2.4.2 Vedyn tuotantoon liittyvät kemikaalit 52
2.4.3 Vedentarve ja -käsittely 53
2.4.4 Jäähdytys 54
2.4.5 Happi 54
2.4.6 Vedyn tuotantolaitoksen rakentaminen 55
2.4.7 Vedyn tuotantolaitosten toiminta, huolto ja kunnossapito 55
2.4.8 Vedyn tuotantolaitosten käytöstä poisto 55
2.5 Vedyn siirto 55
2.5.2 Vetyputkiston toiminta, huolto ja kunnossapito 58
2.5.3 Vetyputkiston käytöstä poisto 58
2.6 Vedyn varastointi 58
2.6.1 Paineistettu vety 59
2.6.2 Nestemäinen vety 59
2.7 Turvallisuus 60
2.7.1 Vety 60
2.7.2 Happi 61
2.7.3 Vedenalaiset kaasuputket 62
2.7.4 Tulipalot 62
2.7.5 Suuronnettomuudet 62
3 Yhdyskuntarakenne ja maankäyttö 63
3.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 64
3.2 Nykytila 64
3.2.1 Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet 64
3.2.2 Kaavoitus ja muut maankäytön suunnitelmat 65
3.3 Vaikutusten arviointi 111
3.3.1 Vaikutukset valtakunnallisiin alueidenkäyttötavoitteisiin 111
3.3.2 Vaikutukset kaavoitukseen ja merialuesuunnitelmaan 113
3.3.3 Vaikutukset yhdyskuntarakenteeseen ja muuhun maankäyttöön 116
3.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 119
3.4 Yhteisvaikutukset 120
3.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys 120
3.6 Arvioinnin epävarmuudet 121
3.7 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen 122
4 Maisema ja kulttuuriympäristö 123
4.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 123

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

4.1.1 Maisema ja kulttuuriympäristöt 123
4.1.2 Muinaisjäännökset ja vedenalainen kulttuuriperintö 124
4.1.3 Merenkurkun maailmanperintöalue 125
4.2 Nykytila 126
4.2.1 Maiseman yleispiirteet 126
4.2.2 Maiseman ja kulttuuriympäristön arvotetut alueet 129
4.2.3 Muinaisjäännökset ja vedenalainen kulttuuriperintö 133
4.3 Vaikutusten arviointi 136
4.3.1 Tarkastelualueen rajaus 136
4.3.2 Rakentamisen aikaiset vaikutukset 137
4.3.3 Toiminnan aikaiset vaikutukset 137
4.3.4 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset 176
4.3.5 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 176
4.4 Yhteisvaikutukset 176
4.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys 179
4.6 Arvioinnin epävarmuudet 181
4.7 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen 181
5 Vesiympäristö 182
5.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 183
5.1.1 Veden ja sedimentin laatu sekä veden virtaukset ja aallonmuodostus 183
5.1.2 Jääolosuhteet 185
5.1.3 Vedenalaiset luontotyypit, vesikasvillisuus ja pohjaeläimet 185
5.1.4 Merinisäkkäät 187
5.1.5 Arvioitavat vaihtoehdot ja vaikutusarvioinneissa käytetyt aineistot 188
5.2 Nykytila 189
5.2.1 Syvyysolosuhteet 189
5.2.2 Vesien- ja merenhoito 193
5.2.3 Veden laatu 198
5.2.4 Sedimentin laatu 206
5.2.5 Meriveden korkeus, virtaukset ja aaltojen korkeus 206
5.2.6 Jääolot 209
5.2.7 Vedenalaiset luontotyypit, vesikasvillisuus ja pohjaeläimet 210
5.2.8 Merinisäkkäät 237
5.2.9 Yhteenveto hankealueen vesiympäristön nykytilasta 243

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

5.3 Vaikutusten arviointi 247
5.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset 247
5.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset 277
5.3.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset 289
5.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 289
5.4 Yhteisvaikutukset 289
5.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys 291
5.6 Vaikutukset vesien- ja merenhoidon tavoitteisin 294
5.7 Arvioinnin epävarmuudet 302
5.8 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen 305
6 Kalasto ja kalastus 307
6.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 308
6.2 Nykytila 310
6.2.1 Kalalajisto 310
6.2.2 Kaupallinen kalastus 312
6.2.3 Vapaa-ajan kalastus 318
6.2.4 Kutu-ja poikasalueet 318
6.2.5 Vaelluskalojen esiintyminen ja vaellusreitit 320
6.2.6 Yhteenveto hankealueen kalataloudellisista arvoista sekä kalaston herkkyys 321
6.3 Vaikutusten arviointi 322
6.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset 322
6.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset 328
6.3.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset 334
6.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 334
6.4 Yhteisvaikutukset 334
6.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys 335
6.6 Arvioinnin epävarmuudet 337
6.7 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen 337
7 Maa- ja kallioperä (pohjaolosuhteet) 339
7.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 339
7.2 Nykytila 340
7.2.1 Yleistä 340
7.2.2 Merenpohjan maalajit 341
7.2.3 Kallioperä 350

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

7.2.4 Sedimentin haitta-aineet 350
7.3 Vaikutusten arviointi 356
7.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset 356
7.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset 359
7.3.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset 359
7.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 360
7.4 Yhteisvaikutukset 360
7.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys 360
7.6 Arvioinnin epävarmuudet 362
7.7 Haittojen ehkäiseminen 362
8 Energiansiirtoreittien rantautumisalueiden kasvillisuus ja luontotyypit 363
8.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 363
8.1.1 Kasvillisuus- ja luontotyyppiselvitykset rantautumisalueilla 364
8.2 Nykytila 364
8.2.1 Merituulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien alue 364
8.2.2 Merikaapelien rantautumisalue 365
8.2.3 Vetyputkireittien rantautumisalueet 377
8.3 Vaikutusten arviointi 378
8.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset 378
8.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset 381
8.3.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset 381
8.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 381
8.4 Yhteisvaikutukset 381
8.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys 381
8.6 Arvioinnin epävarmuudet 383
8.7 Vaikutusten lieventäminen 383
9 Eläimistö 384
9.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 384
9.1.1 Viitasammakkoselvitys 385
9.1.2 Liito-oravaselvitys 385
9.1.3 Muu eläimistö 385
9.2 Nykytila 386
9.2.1 Merituulivoimapuisto 386
9.2.2 Merikaapeli-/vetyputkireitit 388
9.3 Vaikutusten arviointi 389

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

9.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset 389
9.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset 390
9.3.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset 391
9.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 391
9.4 Yhteisvaikutukset 391
9.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys 391
9.5.1 Merituulivoimapuisto 391
9.5.2 Merikaapelit/vetyputket 392
9.6 Arvioinnin epävarmuudet 394
9.7 Vaikutusten lieventäminen 394
10 Linnusto 395
10.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 395
10.2 Nykytila 409
10.2.1 Merituulivoimapuiston alue 409
10.2.2 Energiansiirtoreitit 434
10.3 Vaikutusten arviointi 438
10.3.1 Yleistä 438
10.3.2 Vaikutusmekanismit 438
10.3.3 Rakentamisen aikaiset vaikutukset 443
10.3.4 Toiminnan aikaiset vaikutukset 444
10.3.5 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset 456
10.3.6 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 456
10.4 Yhteisvaikutukset 456
10.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys 460
10.6 Arvioinnin epävarmuudet 461
10.7 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen 462
11 Suojelualueet 463
11.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 463
11.2 Nykytila 467
11.3 Vaikutusten arviointi 476
11.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset 476
11.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset 477
11.3.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset 477
11.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 477
11.4 Natura-arvioinnin tiivistelmä 477

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

11.4.1 Uudenkaarlepyyn saaristo (FI0800133, SAC/SPA) 477
11.4.2 Luodon saaristo (FI0800132, SAC/SPA) 479
11.4.3 Merenkurkun saaristo (FI0800130, SAC/SPA) 483
11.5 Yhteisvaikutukset 486
11.6 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys 486
11.7 Arvioinnin epävarmuudet 488
11.8 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen 489
12 Ilmanlaatu 490
12.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 490
12.2 Nykytila 491
12.3 Vaikutusten arviointi 491
12.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset 491
12.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset 492
12.3.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset 492
12.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 492
12.4 Yhteisvaikutukset 492
12.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys 493
12.6 Arvioinnin epävarmuudet 494
12.7 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen 494
13 Ilmasto 495
13.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 496
13.1.1 Laskennan lähtötiedot 498
13.2 Nykytila 511
13.2.1 Ilmasto 511
13.2.2 Kansainväliset, kansalliset ja alueelliset tavoitteet 512
13.2.3 Yleiset ennusteet ilmastonmuutoksen aiheuttamista vaikutuksista 513
13.3 Vaikutusten arviointi 514
13.3.1 Merituulivoimapuisto 514
13.3.2 Sähkönsiirto merellä ja merisähköasemat 514
13.3.3 Vedyn tuotanto 516
13.3.4 Vedynsiirto merellä 516
13.3.5 Vetyvarastot 517
13.3.6 Mantereen sähköasema 517
13.3.7 Sähkönsiirto mantereella 518
13.3.8 Hiilinielujen- ja varastojen menetys 519

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

13.3.9 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 521
13.3.10 Lisävaikutus meriliikenteen päästöihin 522
13.4 Yhteisvaikutukset 522
13.5 Kokonaistulokset - Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys 522
13.5.1 Sähkön tuotanto 523
13.5.2 Vedyn tuotanto 525
13.5.3 Vaikutusten arviointi 527
13.6 Ilmastonmuutoksen vaikutukset hankkeeseen ja niihin sopeutuminen merellä 531
13.6.1 Meriveteen liittyvät muutokset 532
13.6.2 Tuulisuus 533
13.6.3 Keskilämpötilan ja maksimilämpötilan nousu 533
13.7 Arvioinnin epävarmuudet 534
13.8 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen 535
14 Liikenne 536
14.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 537
14.2 Nykytila 539
14.2.1 Satamat 539
14.2.2 Meriväylät ja merenkulun liikennöintialueet 541
14.2.3 Muut läheiset merituulivoimahankkeet 549
14.2.4 Merijää 551
14.2.5 Merituulivoimapuistojen turvaetäisyydet 551
14.2.6 Merenkulun tutka- ja paikannusjärjestelmät sekä langattomat viestintäverkot 553
14.2.7 Meriliikenteen nykytila ja muutosvoimat 554
14.2.8 Lentoliikenne 560
14.2.9 Maantieliikenne 562
14.2.10 Raideliikenne 567
14.3 Vaikutusten arviointi 568
14.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset 568
14.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset 571
14.3.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset 583
14.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 583
14.4 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys 583
14.5 Arvioinnin epävarmuudet 587
14.6 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen 588

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

15 Melu ja tärinä 591
15.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 592
15.1.1 Vedenpinnan yläpuoliset ja maanpäälliset vaikutukset 592
15.1.2 Vedenalaiset vaikutukset 597
15.2 Nykytila 598
15.3 Vaikutusten arviointi 600
15.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset 600
15.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset 607
15.3.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset 614
15.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 615
15.4 Yhteisvaikutukset 615
15.4.1 Vedenpäällisen melun ja tärinän yhteisvaikutukset 615
15.4.2 Vedenalaisen melun ja tärinän yhteisvaikutukset 615
15.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys 615
15.5.1 Rakentamisajan meluvaikutusten vertailu ja merkittävyys 616
15.5.2 Toiminnan aikaisten meluvaikutusten vertailu ja merkittävyys 617
15.6 Arvioinnin epävarmuudet 618
15.7 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen 619
15.7.1 Rakentamisajan haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen 619
15.7.2 Käytönajan haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen 620
16 Välkevaikutusten arviointi 621
16.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 621
16.1.1 Sovellettavat raja- ja ohjearvot 622
16.2 Vaikutusten arviointi 623
16.2.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset 623
16.2.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset 623
16.2.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset 625
16.2.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 625
16.3 Yhteisvaikutukset 626
16.4 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys 626
16.5 Arvioinnin epävarmuudet 626
16.6 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen 626
17 Talous ja elinkeinot 627
17.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 628
17.2 Nykytila 628

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

17.3 Vaikutusten arviointi 631
17.3.1 Investointi- ja käyttökustannukset 631
17.3.2 Työllisyysvaikutukset 634
17.3.3 Verotulot 636
17.3.4 Kvalitatiiviset vaikutukset 638
17.3.5 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 638
17.4 Yhteisvaikutukset 638
17.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys 639
17.6 Arvioinnin epävarmuudet 640
17.7 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen 641
18 Luonnonvarat 642
18.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 642
18.2 Nykytila 643
18.3 Vaikutusten arviointi 644
18.3.1 Merituulivoimaloiden, voimajohtojen ja vetyputkistojen valmistamisen materiaalit 644
18.3.2 Rakentamisen aikaiset vaikutukset 648
18.3.3 Toiminnan aikaiset vaikutukset 649
18.3.4 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset 649
18.3.5 Kiertotalous ja jätteet 650
18.3.6 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 652
18.4 Yhteisvaikutukset 652
18.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys 653
18.6 Arvioinnin epävarmuudet 655
18.7 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen 655
19 Ihmisten elinolot, viihtyvyys, virkistyskäyttö ja terveys 656
19.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 656
19.1.1 Merituulivoimahankkeen tyypillisimmät ihmisiin kohdistuvat vaikutukset ja vaikutusmekanismit 656
19.1.2 Lähtöaineisto ja arviointimenetelmät 657
19.2 Nykytila 663
19.2.1 Asutus 663
19.2.2 Virkistyskäyttö ja muu toiminta 671
19.3 Vaikutusten arviointi 675
19.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset 675
19.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset 677

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

19.3.3 Toiminnan jälkeiset vaikutukset 681
19.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 681
19.4 Yhteisvaikutukset 681
19.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys 682
19.5.1 Rakentamisen aikaisten vaikutusten merkittävyys 682
19.5.2 Toiminnan aikaisten vaikutusten merkittävyys 683
19.6 Arvioinnin epävarmuudet 684
19.7 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen 685
20 Turvallisuus sekä tutka- ja viestintäyhteydet 686
20.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät 687
20.2 Vaikutusten arviointi 688
20.2.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset 688
20.2.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset 689
20.2.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset 691
20.2.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0 691
20.3 Yhteisvaikutukset 691
20.4 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys 691
20.5 Arvioinnin epävarmuudet 692
21 Yhteisvaikutukset muiden hankkeiden kanssa 693
21.1 Muut hankkeet 693
21.1.1 Suomen talousvyöhykkeen muut merituulivoimahankkeet 693
21.1.2 Ruotsin puolen hankkeet 696
21.1.3 Kansainvälinen vetyputkihanke 700
21.1.4 Mantereen lähimmät hankkeet 701
21.2 Yhteenveto merialueen hankkeiden mahdollisista yhteisvaikutuksista 704
22 Rajat ylittävien vaikutusten arviointi 707
22.1 Ruotsin puolen nykytila 708
22.1.1 Merialuesuunnitelma 709
22.1.2 Asutus 711
22.1.3 Luonnonympäristö 712
22.1.4 Merialue 712
22.1.5 Kalasto ja ammattikalastus 713
22.1.6 Merinisäkkäät 715
22.1.7 Lepakot 715
22.1.8 Linnusto 715

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

22.1.9 Luonnonsuojelualueet 719
22.1.10 Luonnonmaisema 720
22.1.11 Kulttuuriympäristö 720
22.1.12 Virkistysalueet ja matkailu 722
22.1.13 Meriliikenne ja satamat 723
22.1.14 Ilmailu 725
22.2 Yhteenveto Ruotsin kannalta keskeisistä vaikutuksista 727
23 Vaikutukset toiminnan jälkeen 731
24 Nollavaihtoehdon vaikutukset 731
25 Haitallisten vaikutusten ehkäisy ja lieventämiskeinot 732
26 Ehdotus seurantaohjelmaksi 732
26.1 Linnusto 732
26.2 Melu 733
26.3 Vesistö, vedenalainen luonto ja kalasto 733
26.4 Ihmisten elinolot ja maisema 735
27 Termit ja lyhenteet 736
28 Lähdeluettelo 738

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Liiteluettelo

Liitenumero	Liitteen nimi
Liite 1	Maisemavaikutusten arviointi, havainnekuvat ja näkymäalueanalyysi (Maisema-arkkitehtitoimisto Väyrynen 2024)
Liite 2	Laineen merituulivoimapuisto, hydrodynamiikka, sedimentin ja suolaveden leviämisen mallinnus (Niras 2023a, täydennetty 2024) (52 liitettä toimitettavissa erillisestä pyynnöstä)
Liite 3	Laineen merituulivoimapuiston vedenalaiset selvitykset 2022–2023 (Alleco Oy, Vasama & Leinikki 2024)
Liite 4	Laineen merituulivoimapuiston sedimentti- ja pohjaeläinnäytteenoton sekä virtaus- ja vedenlaatutarkkailun tulokset 2022 (Luode Consulting Oy, Lindfors ym. 2023)
Liite 5	Laineen merituulivoimapuiston sedimentti- ja pohjaeläinnäytteenoton täydennyksen tulokset 2023 (Luode Consulting Oy, Lindfors ym. 2024)
Liite 6	Laineen merituulivoimapuisto, ekologinen riskinarviointi (AFRY Finland Oy 2024)
Liite 7	Laineen merituulivoimapuiston vedenalaisen melun mallinnuksen raportti sekä vaikutustenarviointi, kalat ja merinisäkkäät (Niras 2023b)
Liite 8	Laineen merituulivoimapuiston ja vaihtoehtoisten kaapelireittien kaupallinen kalastus vuonna 2021 (Kala- ja vesitutkimus Oy 2022)
Liite 9	Laineen merituulivoimapuiston kaloihin ja kalastukseen liittyvät lisäselvitykset (Kala- ja vesitutkimus Oy 2023a), sisältää: Kaupallisen kalastuksen kalastustiedustelu vuoden 2022 kalastuksesta Asiantuntija-arvio ja kirjallisuuskatsaus vaelluskalojen esiintymisestä Asiantuntija-arvio ja kirjallisuuskatsaus kalojen lisääntymisalueista
Liite 10	Laineen merituulivoimahanke, asukaskyselyn tulokset (AFRY Finland Oy 2024)
Liite 11	Laineen merituulivoimapuiston suunnittelualueen koekalastus 2022 (Kala- ja vesitutkimus Oy 2023b)
Liite 12	Laineen merituulivoimahankkeen mantereen sähkönsiirtoreittien luontoselvitykset 2022–2023 (AFRY Finland Oy 2024)
Liite 13	Natura-arvioinnit (AFRY Finland Oy 2024)
Liite 14	Ilmastovaikutusten arviointi, erillisliite (AFRY Finland Oy 2024)
Liite 15	Liikenneanalyysi, Laineen merituulivoimapuisto (Sweco 2023a)
Liite 16	Merenkulun riskinarviointi, Laineen merituulivoimapuisto, 150 tuulivoimalan suunnitelma (Sweco 2023b)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Liite 17	Merenkulun riskinarviointi, Laineen merituulivoimapuisto, 113 tuulivoimalan suunnitelma (Sweco 2023c)
Liite 18	Merenkulun riskinarviointi, Laineen merituulivoimapuisto, vertailu 150 ja 113 tuulivoimalan suunnitelman välillä (Sweco 2023d)
Liite 19	Merenkulun palautekeskustelu (Laine Offshore Wind Oy)
Liite 20	Melumallinnus ympäristövaikutusten arviointiselostusta varten, tekninen raportti (AFRY Finland Oy 2024)
Liite 21	Laineen merituulivoimapuiston välkeselvitys (AFRY Finland Oy 2023)
Liite 22	Arvio räjähtämättömien ammusten ja miinojen esiintymisriskistä Pietarsaaren edustalla (UXO-selvitys) (Luode Consulting Oy, Lindfors & Meriläinen 2024)
Liite 23	Riskimatriisi, merituulivoimapuisto (Laine Offshore Wind Oy 2024)
Liite 24	Riskimatriisi, vedyn tuotanto ja varastointi (Laine Offshore Wind Oy 2024)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

1 MERITUULIVOIMAPUISTON TEKNINEN KUVAUS

1.1 Suunnitteluperusteet

Laineen merituulivoimapuisto sijaitsee Suomen talousvyöhykkeellä lähimmillään noin 35 kilometriä Pietarsaaresta länteen 29 kilometrin päässä rannikosta (Kuva 1-1 ja Kuva 1-2). Merituulivoimapuiston alue on laajuudeltaan noin 450 km^2 ja sen syvyys vaihtelee 18–70 metrin välillä (Kuva 1-3). Merituulivoimapuiston kokonaisteho on noin 2,3–2,8 GW.

Merituulivoimapuisto koostuu enintään 150 meriperustuksille asennettavasta tuulivoimalasta (VE1, Kuva 1-1) (VE2, 113 tuulivoimalaa, Kuva 1-2). Tuulivoimaloiden kokonaiskorkeus merenpinnasta on enintään 370 metriä ja voimaloiden välinen etäisyys päätuulensuunnassa yli 2 kilometriä. Muissa suunnissa voimaloiden välinen etäisyys voi olla vähemmän, noin 1,5 kilometriä. Tietyissä tilanteissa voimaloiden välinen etäisyys voi olla myös pienempi kuin 1,5 kilometriä, minimissään kuitenkin 1 kilometri esimerkiksi tilanteissa, joissa joudutaan rajaamaan pois tiettyjä alueita voimaloilta merenpohjan olosuhteiden takia. Voimaloiden lisäksi merituulivoimapuistoon kuuluu sisäinen sähkönsiirto eli voimaloiden väliset sähkökaapelit ja merisähköasemia.

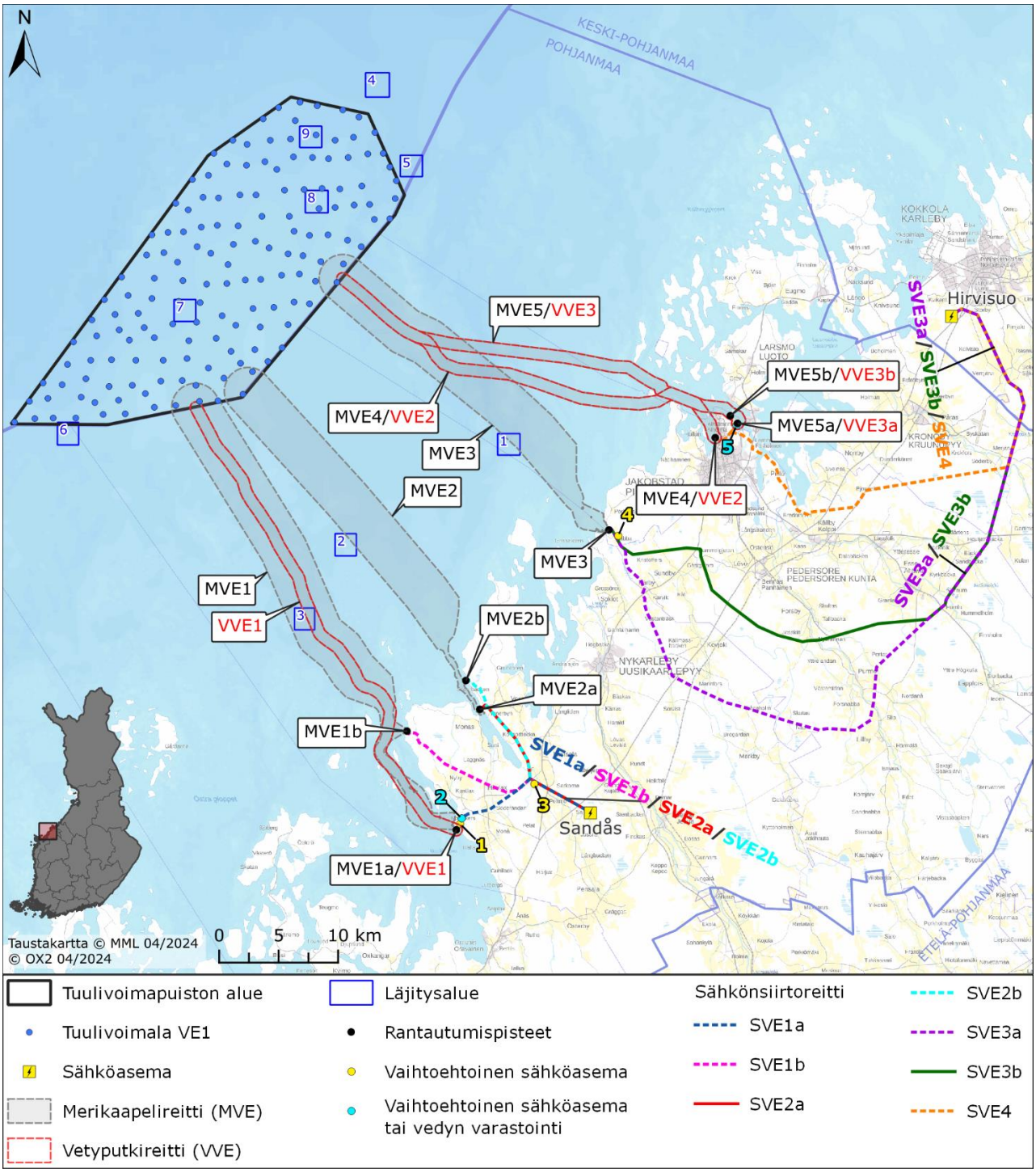
Merellä tuotettu sähkö tuodaan merisähköasemilta maihin merikaapeleilla. Merikaapeleiden osalta tarkastellaan viittä vaihtoehtoista pääreittiä, joista valitaan enintään kaksi toteutettavaksi, ja joilla osalla on vaihtoehtoiset rantautumisalueet (MVE1a, MVE1b, MVE2a, MVE2b, MVE3, MVE4, MVE5a, MVE5b). Yhdelle merikaapelireitille sijoitetaan enintään 5 kaapelia. Mantereella sähkönsiirto toteutetaan ranta-alueella maakaapeleilla hankkeen mantereen sähköasemalle saakka, josta jatketaan pylväiden varaan asennetulla voimajohdoilla (YVA-selostus Osa B) kantaverkkoon asti. Merituulivoimapuiston alue ja siihen kuuluvan sähkönsiirron reittivaihtoehtojen kokonaisuus on kuvattu kartalla seuraavissa kuvissa (Kuva 1-1 ja Kuva 1-2).

Hankkeessa voidaan tuottaa merellä myös vetyä. Vetyä voidaan tuottaa joko keskitetyillä vetyasemilla (enintään 3–8 asemaa tuulivoimapuiston alueella) tai kunkin merituulivoimalan tornin alaosaan asennettavalla yksiköllä. Vedyn siirto tuulivoimapuiston alueelta mantereelle tapahtuu vetyputkella, jolle on kolme vaihtoehtoa, VVE1, VVE2 ja VVE3, joista yksi valitaan toteutettavaksi. Vetytaloutta on käsitelty tarkemmin luvussa 2. Hankkeen molemmissa vaihtoehdoissa (VE1 ja VE2) tuotetaan joko sähköä tai vetyä, tai mahdollisesti molempia esim. suhteessa 40 % vetyä ja 60 % sähköä. Ympäristövaikutusten arvioinnissa on arvioitu hankkeen rakentamisen, toiminnan ajan ja purkamisen maksimivaikutukset. Suurimmat vaikutukset rakentamisen ajan osalta on arvioitu aiheutuvan hankekokonaisuudesta, jossa tuotettaisiin 100 % sähköä, koska tällöin rakennetaan suurempi määrä (enintään 10 kpl) merikaapeleita verrattuna hankekokonaisuuteen, jossa tuotettaisiin puolestaan 100 % vetyä ja tarvittaisi vain yksi vetyputki. Lisäksi on arvioitu toiminnan aikaiset maksimivaikutukset, jotka syntyvät hankekokonaisuudesta, jossa 100 % sähköenergiasta käytetään vedyn tuotantoon (11 TWh), mikä synnyttää merituulivoimatuotannon vaikutusten lisäksi lämpö- ja suolakuormaa meriveteen.

Merituulivoimapuiston tuottama energiamäärä riippuu voimaloiden yksikkötehosta ja määrästä, paikallisista tuuliolosuhteista, voimaloiden toisilleen aiheuttamista vanahäviöistä ja sähkönsiirron häviöistä. Yksittäisen voimalan teho on arviolta 15–25 MW ja puiston arvioitu vuosituotanto on noin 11 000 000 MWh (11 TWh).

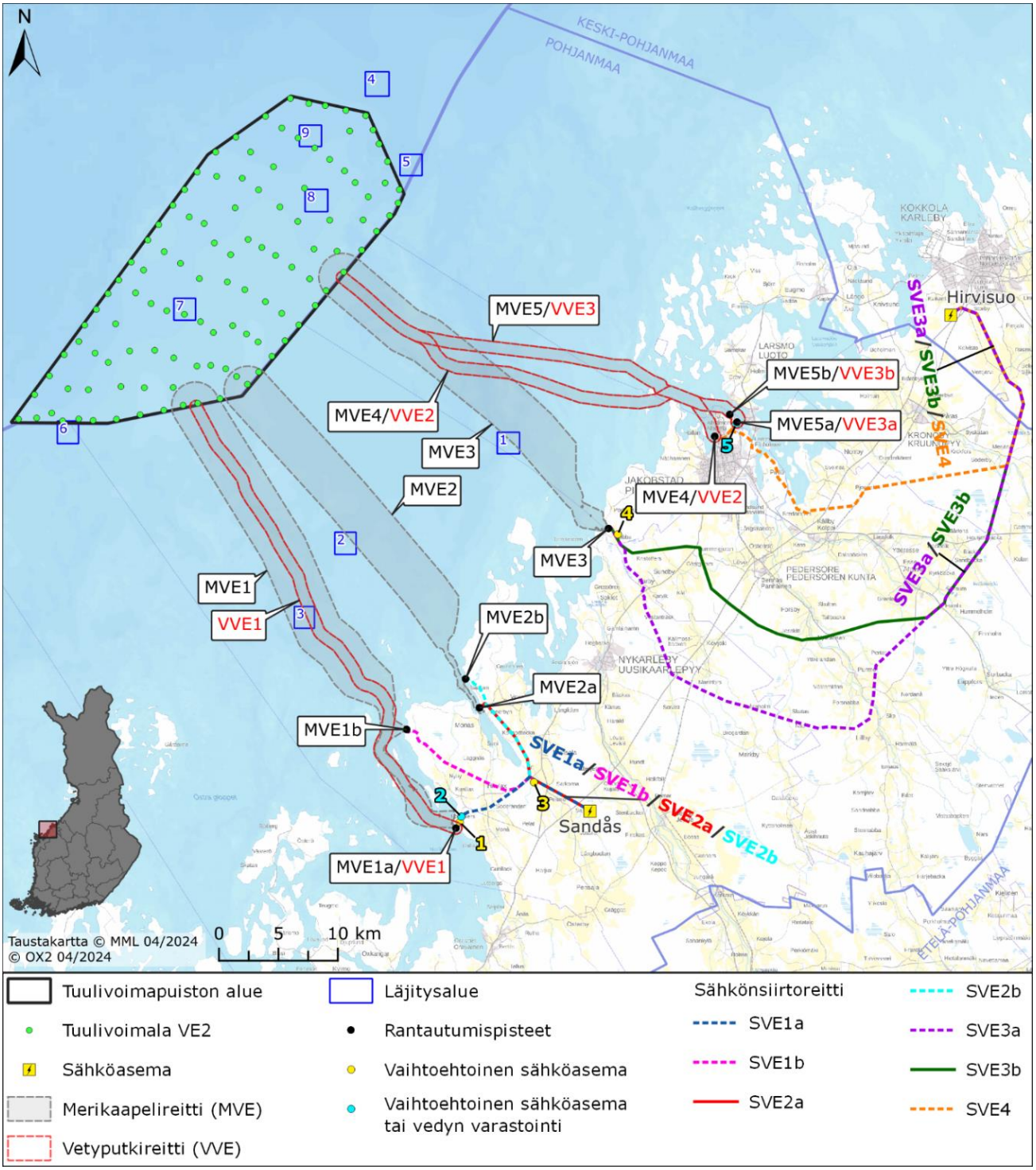
Eri vaikutusten muodostumisen osalta merituulivoimassa vaikutuksen aiheuttaja vaihtelee vaikutustyypeittäin. Esimerkiksi voimalateho on harvassa vaikutustyypissä määrittävä tekijä. Sen sijaan vaikutuksia muodostuu enemmän esimerkiksi voimaloiden ulkoisiin mittoihin, sijaintiin, voimalan lähtöäänitasoon tai perustuksen kokoon liittyen. Tässä YVA-menettelyssä tehdyt mallinnukset ja vaikutusten arvioinneissa käytetyt hanketiedot on pyritty tekemään niin, että jokaisen vaikutustyypin osalta on arvioitu enimmäisvaikutus. Esimerkiksi sameuden leviämisen mallinnuksessa on käytetty suurinta ja eniten samentumista aiheuttavaa perustustyyppiä ja meriläjitystä. Rakentamisen aikaisessa melumallinnuksessa on arvioitu paaluperustusten asentaminen, joka aiheuttaa melua eniten.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



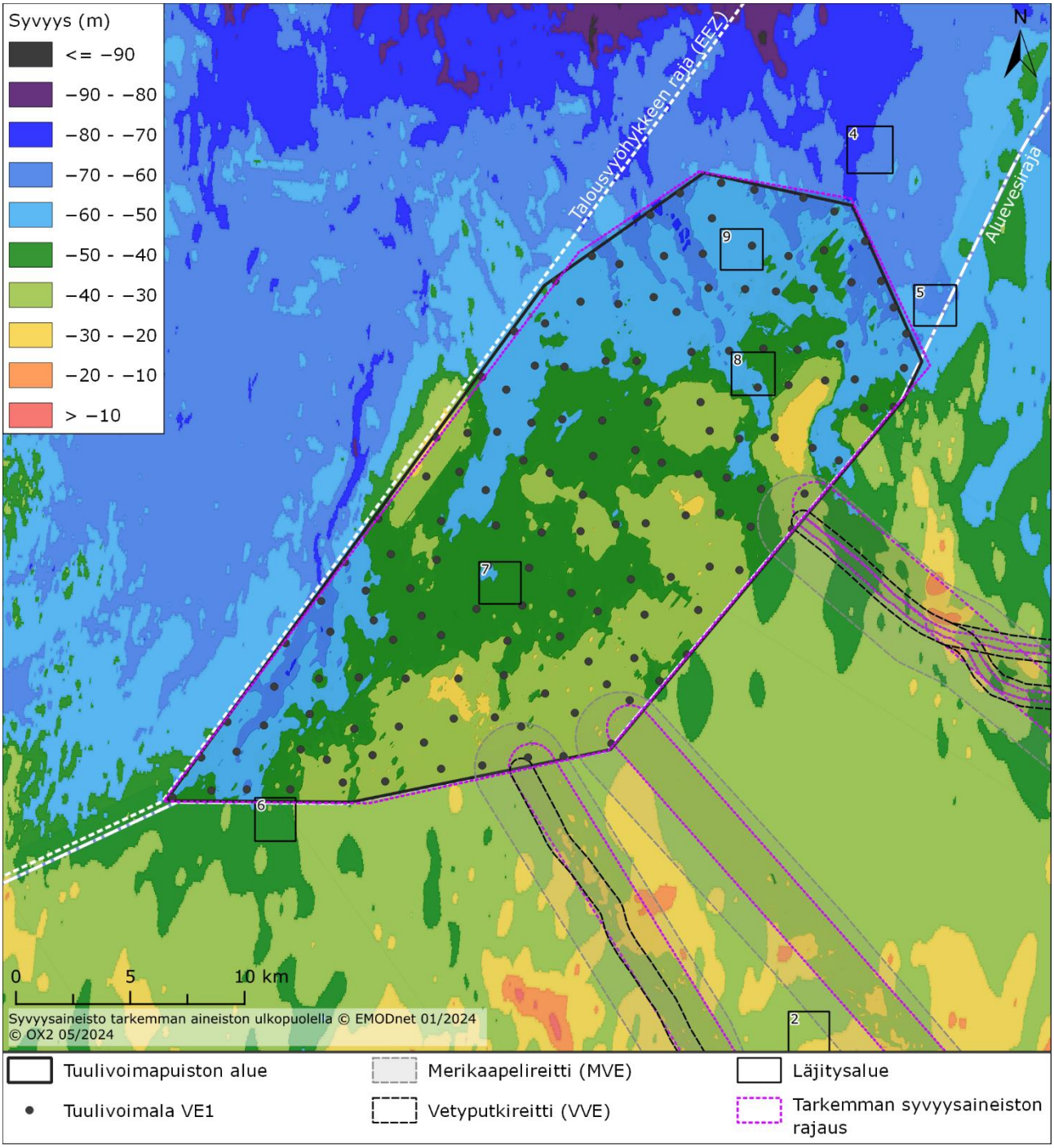
Kuva 1-1. Hankealueen sijainti. Merituulivoimapuiston aluerajaus (VE1, 150 tuulivoimalaa), merikaapelireitit, vetyputkireitit, rakentamisen aikaiset meriläjitysalueet sekä sähköasemat, vedyn varastointialueet ja sähkönsiirtoreitit mantereella. Kartalla esitetyt merikaapeli- ja vetyputkireitit ovat enimmillään 4 kilometrin levyisiä alueita, joiden sisälle lopulliset suunnittelun myötä tarkentuneet merikaapelilinjaukset sijoittuvat.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 1-2. Hankealueen sijainti. Merituulivoimapuiston aluerajaus (VE2, 113 tuulivoimalaa), merikaapelireitit, vetyputkireitit, rakentamisen aikaiset meriläjitysalueet sekä sähköasemat, vedyn varastointialueet ja sähkönsiirtoreitit mantereella. Kartalla esitetyt merikaapeli- ja vetyputkireitit ovat enimmillään 4 kilometrin levyisiä alueita, joiden sisälle lopulliset suunnittelun myötä tarkentuneet merikaapelilinjaukset sijoittuvat.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

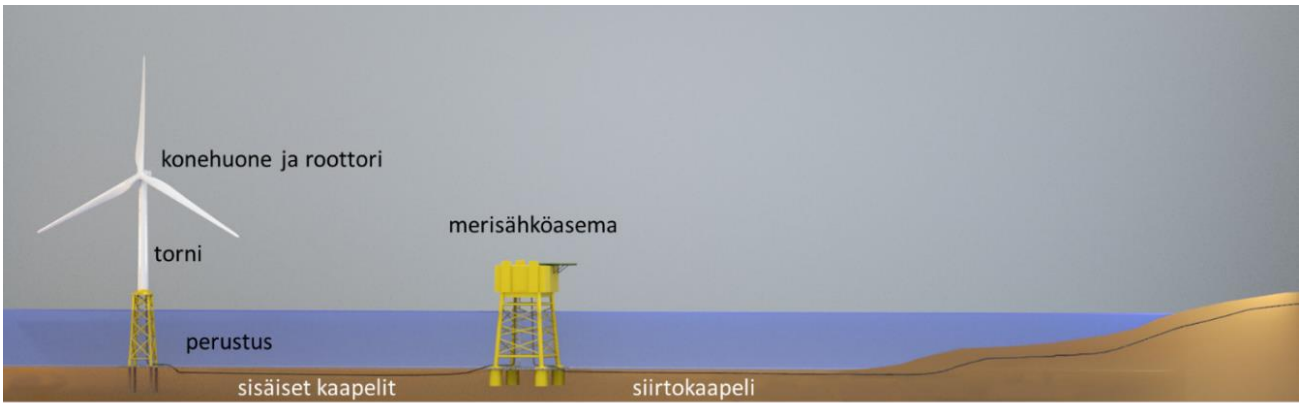


Kuva 1-3. Merituulivoimapuiston syvyystiedot. Kartalla esitetty lisäksi merituulivoimapuiston toimintoja.

Merituulivoimapuisto koostuu tuulivoimaloista, jotka on asennettu merenpohjaan eri tavoin kiinnitettyihin perustuksiin ja sisäisistä kaapeleista, jotka liittävät tuulivoimalat toisiinsa. Kaapelit on olosuhteista riippuen joko laskettu pohjalle tai haudattu merenpohjan alle, ja niissä on mukana valokuitukaapeli tuulivoimaloiden tiedonsiirtoa varten. Merituulivoimaloilta tulevat sisäiset kaapelit on kytketty merisähköasemaan ja hankkeen sähköasemat yleensä toisiinsa. Merisähköasema sisältää sähkölaitteita, kuten mm. muuntajia, kytkinlaitteita ja kompensointilaitteistoja esimerkiksi jännitteen nostamiseksi korkeammalle tasolle, jotta sähkö saadaan siirrettyä tehokkaasti (Kuva 1-4) (YVA-selostus Osa B).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merisähköasemalta mantereelle sähkön siirto toteutetaan tarvittavalla määrällä yhteensä enintään kymmenellä siirtokaapelilla. Mereltä tulevat siirtokaapelit johdetaan mantereella sähköasemalle, josta sähkönsiirtoa jatketaan ilmaan asennettavalla 400 kV voimajohdolla aina kantaverkon liityntäpisteeseen asti.



Kuva 1-4. Esimerkki merituulivoimapuiston eri osista (OX2 2021).

1.2 Merituulivoimalat

Merituulivoimala koostuu tornista, nasellista (konehuone), navasta ja roottorista, ja se asennetaan merenpohjaan kiinnitettyyn perustukseen. Kunkin tuulivoimalan tuottama sähkö siirretään merituulivoimapuiston sisäisillä kaapeleilla merisähköasemaan. Merituulivoimapuiston sisäiset kaapelit sijaitsevat merenpohjassa tuulivoimaloiden välissä, ja niissä käytetty valokuitukaapeli toimii yhteyslinkkinä tuulivoimaloihin.

Tehokkaimmat ja tähän mennessä eniten rakennetut tuulivoimalat ovat kolmilapaisia vaaka-akselituulivoimaloita. Tuulivoimalan tarkka rakenne riippuu mallista ja valmistajasta.

Tuulivoimalat alkavat tuottaa sähköä tuulen nopeuden ollessa noin 3 m/s ja saavuttavat maksimituotannon tuulen nopeuden ollessa 10–14 m/s. Tuulivoimalat tuottavat sähköä tuulen nopeuden ollessa korkeintaan noin 30 m/s. Voimalat on suunniteltu menemään automaattisesti pois päältä tuulen nopeuden noustessa tätä suuremmaksi, ja siten suojaamaan itseään rikkoutumisilta.

Tällä hetkellä saatavilla olevien merituulivoimaloiden suunniteltu käyttöikä on 20–25 vuotta, mutta koneistoja ja komponentteja uusimalla käyttöikää on mahdollista jatkaa pidempäänkin, mikäli muiden rakenteiden kuten tornien ja perustuksien kunto sen sallivat. Johtuen teknologian nopeasta kehityksestä käyttöiäksi arvioidaan 35–40 vuotta siinä vaiheessa, kun merituulivoimapuistoa rakennetaan.

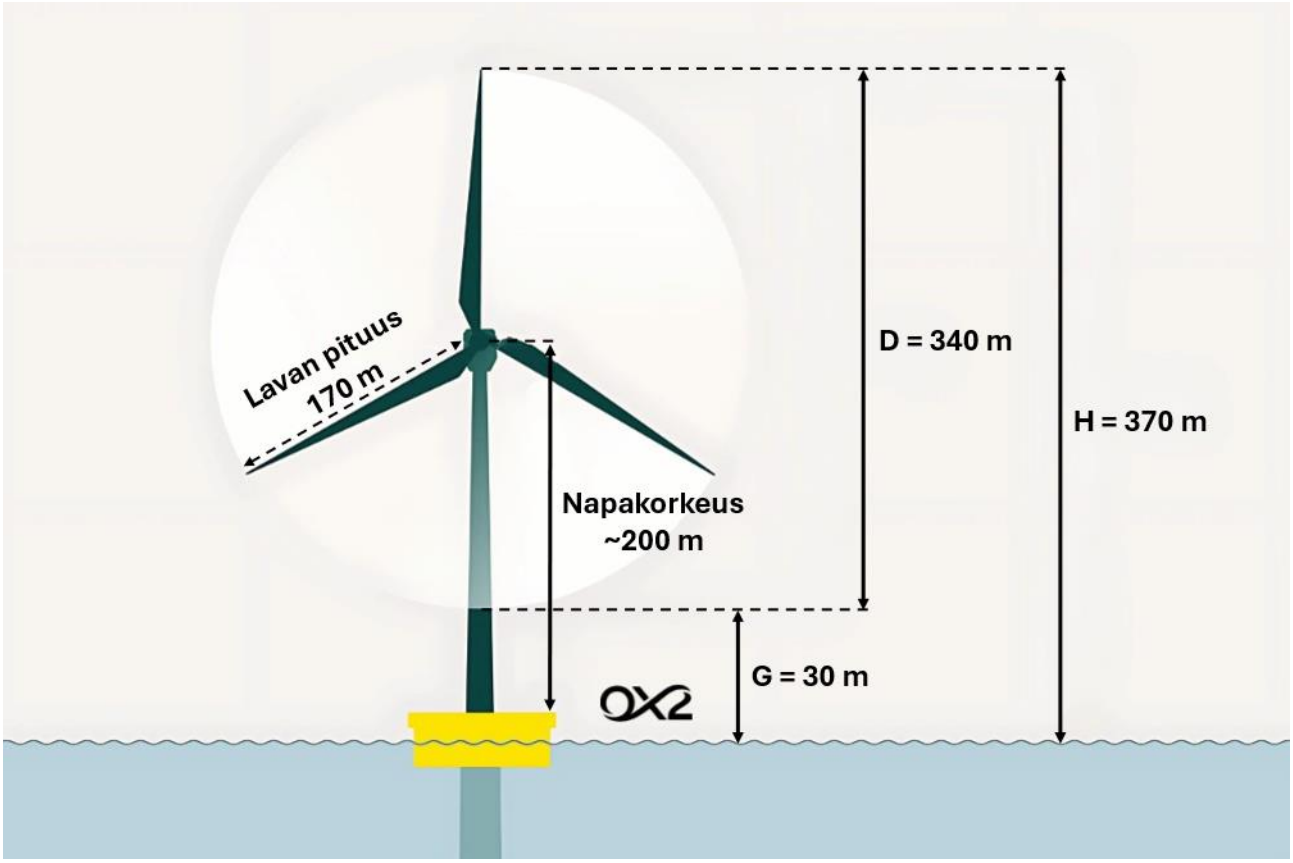
Merituulivoimaloiden lopullinen lukumäärä, kapasiteetti ja koko määräytyvät teknisen kehityksen nopeuden mukaan. Tällä hetkellä markkinoilla on jo saatavilla 15 MW merituulivoimaloita. Tähän mennessä tapahtuneen kehityksen ja valmistajien ennusteiden perusteella tuulivoimalan tehon odotetaan vuonna 2030 olevan noin 25 MW. Seuraavassa taulukossa (Taulukko 1-1) ja kuvassa (Kuva 1-5) on esitetty esimerkkejä tässä ympäristövaikutusten arviointiselostuksessa arvioitavien merituulivoimaloiden mitoituksesta.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 1-1. Esimerkki merituulivoimaloiden teknisistä arvoista. On huomioitava, että yksikköteho ja voimaloiden arvioidut mitat eivät ole jokaisessa vaikutustyypissä merkitseviä, vaan vaikutukset saattavat muodostua muista kuin taulukkoon listatuista tekijöistä, kuten lähtöäänitasosta tai asennusmenetelmistä.

Vaihtoehto	VE1	VE2
Tuulivoimaloiden lukumäärä	150	113
Merituulivoimapuiston pinta-ala	450 km^2	450 km^2
Yksikköteho	15 MW	25 MW
Kokonaisteho	2,3 GW	2,8 GW
Arvioitu vuosituotanto	11 TWh	11 TWh
Roottorin halkaisija D (m)	340	340
Lakikorkeus H (m)	370	370
Napakorkeus (m)	noin 200	noin 200
Lavan pituus (m)	170	170
Vapaa korkeus G (m)	30	30

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 1-5. Ympäristövaikutusten arvioinnissa käytetyt tuulivoimaloiden enimmäismitat. (OX2 2024)

Hankkeesta aiheutuu tarvetta muokata merenpohjaa seuraavan taulukon mukaisesti (Taulukko 1-2): mm. ruoppausta, vesipainepuhallusta kaapelien asentamisessa, voimaloiden ja sähköasemien perustusten pohjien valmistelua kiviaineskerroksilla sekä läjitystä. Läjitysalueiden pinta-alat on esitetty vaihtoehdoittain. Merituulivoimapuiston läjitysalueet ovat keskenään vaihtoehtoisia. Myös kaapelireittien läjitysalueet ovat keskenään vaihtoehtoisia. Tarkemmat tiedot läjitysalueista, kuten läjitysalueiden määrästä ja sijainnista, tarkentuvat suunnittelun edetessä. Yhteensä tuulivoimapuiston noin 450 km^2 pinta-alasta pohjan muokkausta tarvitsee tehdä enintään noin 5,2 km^2 alueella, eli noin 1,2 % osuudella (kun läjitysalueista käytettävän pinta-alan arvioidaan olevan enintään 400 ha). Lisäksi merikaapelit ml. meriläjitys Suomen aluevesillä tarvitsevat arviolta pohjan muokkausta enintään noin 2,6 km^2 alueella.

Taulukko 1-2. Hankkeen toimintojen enimmäismäärät ja niistä aiheutuvan pohjan muokkauksen pinta-alat ja ruoppausmäärät.

Hankkeen toiminto	Enimmäismäärä (kpl) / Enimmäispituus (m)	Tarvittava pohjan muokkauksen pinta-ala (ha)	Tarvittava ruoppausmäärä (m^3)
Tuulivoimalat	150 kpl	24,0 (painovoimaperustus)	2 000 000 – 2 200 000 (painovoimaperustus)
Merisähköasemat*	8 kpl	3,2 (painovoimaperustus)	(sisältyy tuulivoimalat -arvioon)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Hankkeen toiminto	Enimmäismäärä (kpl) / Enimmäispituus (m)	Tarvittava pohjan muokkauksen pinta-ala (ha)	Tarvittava ruoppausmäärä (m^3)
Hankealueen sisäinen kaapelointi*	271 000 m	95	(sisältyy tuulivoimalat -arvioon)
Merikaapelit hankealu-eelta mantereelle	452 000 m (10 kpl)	158	630 000
Meriläjitysalueet 1–3 kaapelireittien alueella (100 ha/alue)		100**	
Meriläjitysalueet 4–9 merituulivoimapuiston alueella (400 ha/alue)*		400**	
Yhteensä		780	**2 630 000 – 2 830 000**

* *sijoittuu tuulivoimapuiston alueelle*

** *arvioitu meriläjitysalueista käytettävä pinta-ala*

1.2.1 Väri, merkintä ja valaistus

Tuulivoimaloiden tyypillinen väri tornit ja lavat mukaan lukien on vaaleanharmaa (esim. RAL 7030). Voimaloiden perustukset saattavat olla tarpeen merkitä keltaisella merenpinnan tasolta tiettyyn korkeuteen saakka merenpinnan yläpuolella kansainvälisten standardien mukaisesti. Paaluperustukset maalataan tavallisesti keltaiseksi lukuun ottamatta ulkoisia tasoja ja mahdollisia jääkartio-/kaulusrakenteita, jotka ovat yleensä vaaleanharmaita. Tämän lisäksi on mahdollista, että yövalot tullaan asentamaan voimaloihin IALA:n ohjeistusten mukaan (G1162 The marking of offshore man-made structures - IALA AISM, iala-aism.org).

Suomen talousvyöhykkeestä annetun lain päivityksen (934/2024) myötä tekosaariin, laitteisiin ja muihin rakennelmiin sekä niiden toimintaan liittyviin putkiin ja kaapeleihin sovelletaan ilmailulain (864/2014) lentoesteitä koskevia säännöksiä 1.1.2025 alkaen. Talousvyöhykkeelle sijoittuvien tuulivoimaloiden merkitsemiskäytännöt varmistetaan jatkosuunnittelussa ja luvituksessa yhteistyössä viranomaisen kanssa sekä noudattaen sen hetkistä lainsäädäntöä sekä kansainvälisiä standardeja.

Tarkat merkintävaatimukset määritellään viranomaisvaatimuksia noudattaen sekä kansallisten ja kansainvälisten vaatimusten mukaan. Tuulivoimalat saattavat edellyttää valaistusta ja merkitsemistä siten, että ne havaitaan lentokoneista ja aluksista. Lentoliikenteen turvallisuuden takaamiseksi voimalat varustetaan tarvittaessa asetusten ja määräysten sekä voimaloille saatavan lentoesteluvan mukaisilla lentoestevaloilla. Lentoestevalojen valinnassa noudatetaan Liikenne- ja viestintäviraston Traficomin ohjeita ja vaatimuksia. Lentoestevalo on värisävyltään joko valkoinen tai punainen. Tuulivoimapuistojen lentoestevalojen tulee välähtää samanaikaisesti. Yöaikaan valo voi olla myös kiinteästi päällä. Valojen sijainti ja lukumäärä suunnitellaan niin, että vähintään yksi konehuoneen ja kaksi kunkin välikorkeuden estevaloista on havaittavissa kaikista ilma-aluksen lähestymissuunnista voimalan rakenteista huolimatta. Lentoestevalaistuksen suunnittelussa pyritään huomioimaan toimet, joilla voidaan lieventää valaistuksen vaikutuksia lähiympäristöön. (Liikenne- ja viestintävirasto Traficom 2020)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

1.2.2 Merituulivoimalan toimintaan liittyvät kemikaalit

Merituulivoimaloissa käytetään yleensä erilaisia kemikaaleja, kuten öljyä ja voiteluaineita sekä jäähdytysainetta. Määrät vaihtelevat voimalamallin ja koon mukaisesti. Tuulivoimala voi sisältää myös hiilidioksidia tai muuta kaasua palosuojauksena.

Voimaloiden komponentit tai rakenteet, jotka sisältävät kemikaaleja kuten öljyä tai voiteluaineita, on suunniteltu suljettuina järjestelminä vuotojen estämiseksi. Poikkeustilanteissa kemikaalivuodot ohjautuvat siihen soveltuvaan vuodonhallintaan, kuten valuma-altaaseen. Kemikaalien varastointi tullaan suunnittelemaan turvallisuusmääräysten ja -vaatimusten mukaisesti huomioiden mm. asianmukaiset vuotosuojaukset. Varastoinnin yksityiskohdat tarkentuvat suunnittelun edetessä. Tarvittavat kemikaalit, niiden määrät, varastointi ja käyttö tullaan kuvaamaan tarpeellisilta osin seuraavissa lupavaiheissa. Kemikaalien ja öljyjen kokonaismäärän yhdessä tuulivoimalassa arvioidaan olevan enintään 20 000–25 000 litraa.

Riippuen merisähköasemien tarkasta tyypistä ja rakenteesta asemat voivat sisältää jäähdytysaineita, öljyjä ja kaasua palosuojana. Muuntajan ympärillä on vuotoallas, joka kerää poikkeustilanteissa mahdollisesti syntyvät öljyvuodot. Merisähköasemalle asennetaan tarvittaessa dieselgeneraattori tai muu vastaava varavoimalähde

1.3 Merituulivoima-alan kehitys

Merituulivoima-ala kehittyy voimakkaasti, minkä vuoksi on tällä hetkellä vaikeaa ennustaa tarkasti, millaista teknologiaa merituulivoimapuiston rakentamishetkellä on saatavilla. Tuulivoimalat ovat viime vuosina kasvaneet yhä suuremmiksi ja tehokkaammiksi, mikä mahdollistaa entistä suuremman sähköntuotannon per voimala. Voimaloiden koon kasvua vuosien aikana on havainnollistettu seuraavassa kuvassa (Kuva 1-6).

Teknologinen kehitys tehon osalta on seurausta pääosin kasvavasta roottorin koosta, jonka seurauksena voimalateho kasvaa. Tämä merkitsee suurempaa kokonaiskorkeutta ja tuulivoimaloiden välisen etäisyyden kasvattamista merituulivoimapuistoissa, jotta voimalat eivät varjosta eli vie toistensa tuulta liiaksi. Tuulivoimalan perustuksia sekä asennustekniikoita kehitetään ja parannetaan niin ikään koko ajan. Kaapeleiden kapasiteetti on kasvanut ja on myös tullut mahdolliseksi rakentaa erilaisia erityyppisiin merituulivoimapuistoihin soveltuvia merisähköasemia. Sähkön tuotantokustannukset merituulivoimalla ovat edellä mainitun kehityksen myötä laskeneet jyrkästi ja kustannusten laskun nähdään yhä jatkuvan.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 1-6. Havainnollistus merituulivoimateknologian kehityksestä vuodesta 2007 2,3 MW voimaloista tänä päivänä julkaistuihin 15 MW voimaloihin sekä ennusteita tulevien vuosien voimalateknologian kehityksestä yli 20 MW voimaloihin. Näsinneula kuvassa oikealla tuomassa mittasuhdetta kokoluokkaan. Näsinneulan kokonaiskorkeus antennin päähän on 168 metriä. (OX2 2011)

Monista osatekijöistä, kuten tuulivoimaloiden tarkasta sijainnista tuulivoimapuiston alueella, perustusten valinnasta sekä käytettävistä asennustekniikoista, päätetään seuraavissa vaiheissa yksityiskohtaisen suunnittelun edetessä. Tekninen kuvaus perustuu erilaisiin kuvauksiin nykyisin käytössä olevista teknisistä ratkaisuista ja asennusmenetelmistä sekä oletukseen niiden kehityksestä.

YVA-menettelyssä pyritään varautumaan tulevaan tekniseen kehitykseen mahdollisimman hyvin ja arvioimaan hankkeen vaikutuksia eri osa-alueisiin maksimivaikutusperiaatteella mm. ottamalla huomioon arvion tulevaisuuden nykyistä suurempien tuulivoimaloiden mitoista ja tehoista ja niiden aiheuttamista vaikutuksista.

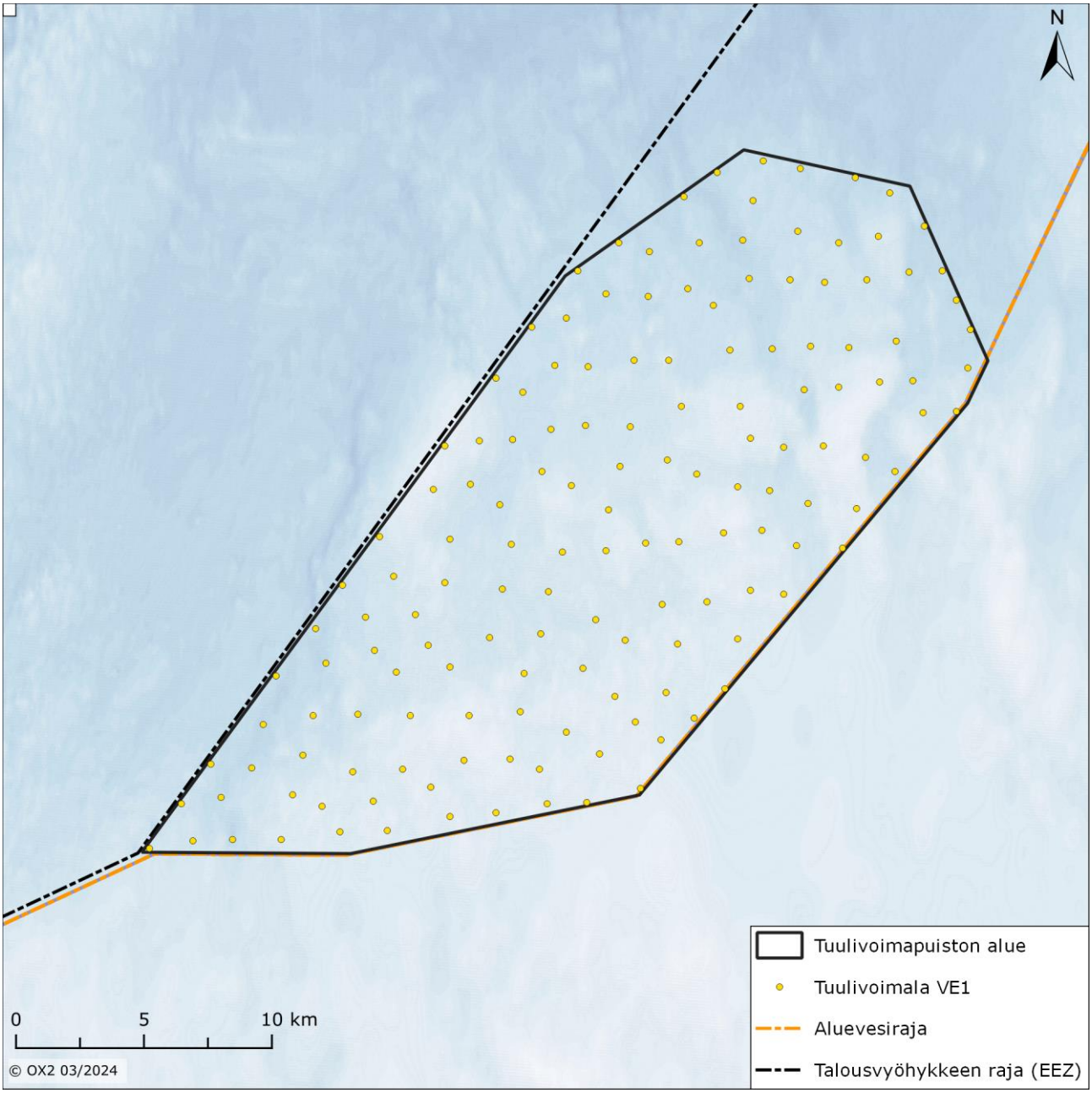
1.4 Merituulivoimaloiden sijoittelu

Merituulivoimapuiston suunnittelu, voimaloiden, kaapeleiden ja merisähköasemien sijoittelu alueella sopeutetaan aina alueen olosuhteisiin. Suunnittelu on monien tekijöiden huomioimista ja näitä tekijöitä ovat muun muassa alueen ilmasto, aallokko, virtaukset, jääolosuhteet, vedensyvyys ja merenpohjan geologiset ominaisuudet sekä hankkeen ympäristövaikutukset.

Voimaloiden välinen etäisyys arvioidaan olevan päätuulensuunnassa yli 2 kilometriä, jotta voimalat eivät vie toistensa tuulelta liikaa voimaa. Muissa suunnissa voimaloiden välinen etäisyys voi olla vähemmän, noin 1,5 kilometrin luokkaa. Seuraavassa kuvassa on esimerkki Laineen

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

merituulivoimaloiden sijoittelusta (Kuva 1-7). Tuulivoimaloiden määrä ja sijoittuminen tarkentuu hankkeen suunnittelun edetessä.



Kuva 1-7. Esimerkki Laineen merituulivoimapuiston 150 tuulivoimalan sijoittelusta (VE1).

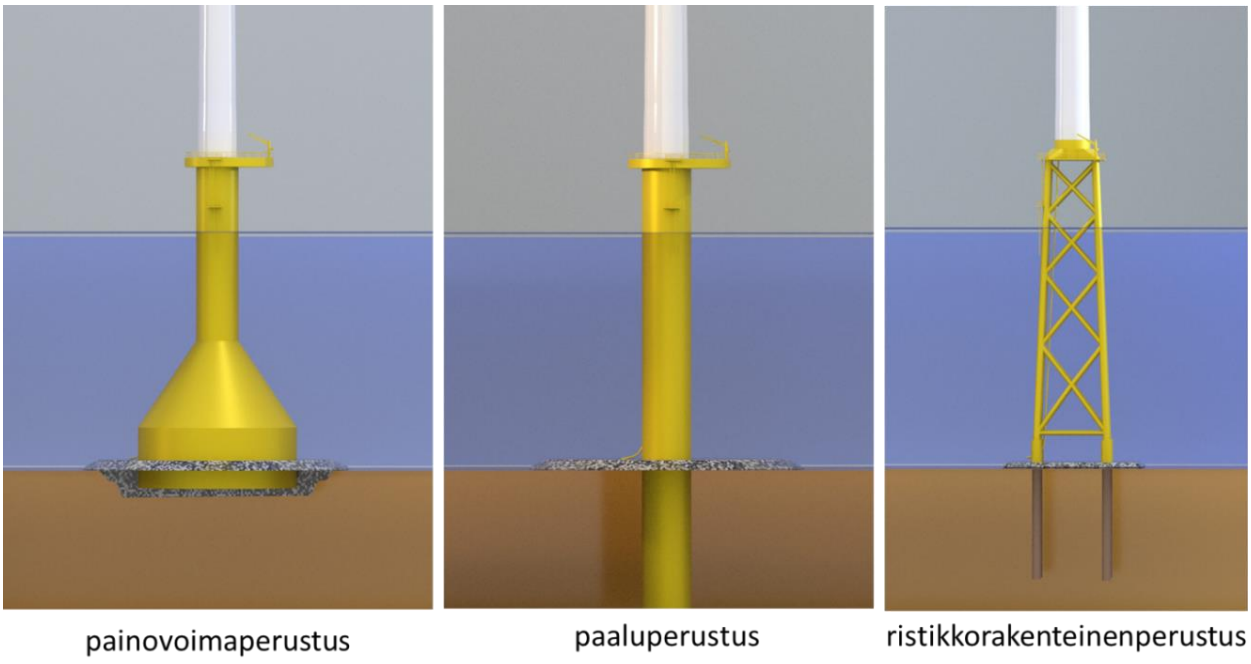
1.5 Merituulivoimaloiden perustukset

Perustuksen valinta on riippuvainen monista tekijöistä, joista keskeisimmät ovat veden syvyys, merenpohjan geologia, tuuli, aallot ja jääolosuhteet sekä perustusten ympäristövaikutukset ja kustannukset. Koska sekä veden syvyys että geologiset olosuhteet vaihtelevat alueella, merituulivoimapuistossa voidaan käyttää erityyppisiä perustuksia. Nykyisin saatavilla olevan tekniikan arvioidaan, että voimalat voidaan rakentaa merenpohjaan kolmella erityyppisellä kiinteällä perustustyypillä: painovoimaperustus, paaluperustus ja ristikkorakenteinen perustus (Kuva 1-8).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kolmea kiinteää perustyyppiä voidaan lisäksi yhdistää ns. hybridiperustukseksi. Seuraavassa on kuvattu kyseiset perustustyypit. Tekstissä esitetyt perustusten mitat ovat arvioituja enimmäismittoja, ja niitä tarkennetaan hankkeen jatkosuunnittelussa tarkempien pohjaolosuhteiden selvitysten jälkeen. Lopullinen perustuksen koko määrittyy useiden tekijöiden kuten voimalakoon, pohja- ja jääolosuhteiden sekä vedensyvyyden perusteella. Perustuksen koko voi erota eri voimalapaikkojen välillä.

Perustuksen ympärille asennetaan tarvittaessa eroosiosuojaus, jonka tarkoitus on suojata ja tukea rakennetta. Eroosiosuojaus koostuu yleensä alemmasta sorakerroksesta ja ylemmästä, sekakokoisesta kivestä koostuvasta kerroksesta.



Kuva 1-8. Esimerkkejä erilaisista kiinteistä perustuksista (OX2 2024).

1.5.1 Painovoimaperustus (gravitaatioperustus)

Painovoimaperustus on yleensä suuri betoni- tai teräsrakenne, jonka painovoima pitää paikallaan. Painovoimaperustuksia on asennettu Suomen, Ruotsin ja Tanskan vesille, ja ne tulevat kyseeseen erityisesti alueilla, joilla ilmenee suurempia jääkuormia. Painovoimaperustuksille tarvitaan kiinteähkö merenpohja. Painovoimaperustusten asentaminen edellyttää tasaista merenpohjaa, ja merenpohjaa voi olla tarpeen valmistella ennen asennusta. Merenpohjan pinta voidaan poistaa ruoppaamalla, minkä jälkeen pohjasta tehdään tasainen ja kiinteä lisäämällä mursketta tai soraa.

Painovoimaperustuksen suunnittelu on riippuvainen voimalan koosta, sillä sen tehtävänä on vastustaa voimalan synnyttämää liikettä, minkä lisäksi on otettava huomioon aalto-, jää- ja syvyysolosuhteet. Eroosiosuojaus saatetaan vaatia rakennettavaksi, jos se on virtausten, aaltojen ja merenpohjan ylimpien kerrosten vuoksi tarpeen. Jään perustukseen kohdistaman vaikutuksen vaimentamiseksi voidaan asentaa jääkartio-/kaulusrakenne. Painovoimaperustuksen halkaisijan arvioidaan olevan enimmillään noin 52 metriä ilman eroosiosuojausta, jolloin yhden perustuksen pohjan pinta-ala on enintään noin 2 100 m^2.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

1.5.2 Paaluperustus (monopile)

Paaluperustus on putkimainen teräspaalu, joka juntataan tai porataan merenpohjaan. Paaluperustus on alalla yleisimmin käytetty perustustyyppi. Merenpohjan valmistelua ei useimmissa tapauksissa tarvita ennen perustusten asentamista.

Paaluperustukset ovat teknisesti toteutettavissa monenlaisilla merenpohjatyypeillä ja ne suunnitellaan mukautumaan hankekohtaisiin muuttujiin, kuten veden syvyyteen, jääolosuhteisiin ja maaperän tyyppiin. Eroosiosuojaus saatetaan vaatia rakennettavaksi, jos se on virtausten, aaltojen ja merenpohjan ylimpien kerrosten vuoksi tarpeen. Jään perustukseen kohdistaman vaikutuksen vaimentamiseksi voidaan asentaa jääkartio-/kaulusrakenne. Paaluperustuksen halkaisija on ilman eroosiosuojausta enintään noin 18 metriä, jolloin perustuksen pohjan pinta-ala on noin 255 m^2.

1.5.3 Ristikkorakenteinen perustus (jacket)

Ristikkorakenteinen perustus on putkimaisista teräsosista ja hitsatuista liitoksista koostuva teräsristikkotukirakenne. Rakenteiden asentaminen voi edellyttää betonijalka- tai paalurakennetta, mutta useimmissa tapauksissa merenpohjaa ei tarvitse valmistella ennen asentamista. Ristikkorakenteinen perustus valitaan yleensä pehmeille maaperätyypeille ja syville vesille. Ristikkorakenteisen perustuksen jalkoihin voidaan asentaa jääkartiot tai kaulukset vaimentamaan jään perustukseen kohdistamaa vaikutusta. Ristikkorakenteisen perustuksen jalkojen enimmäisleveys on enintään noin 30–55 metriä mutta itse merenpohjaan rakennettava alue on paljon pienempi. Merenpohjaan rakennettavien jalkojen lukumäärä ristikkoperustuksessa on 3 tai 4 ja jokaisessa jalassa on merenpohjaan upotettavia paaluja yhdestä kahteen kappaletta. Perustuksen pohjaan rakennettavien osien yhteispinta-ala on enintään 190 m^2.

1.5.4 Hybridiperustusten vaihtoehtoinen tai täydentävä ankkurointi

Laineen alueelle ja edellä kuvattujen vakioperustustyyppien yhteydessä voidaan harkita hybridiperustusten käyttöä ja täydentävää ankkurointia Pohjanlahden geologisten ja merisääominaisuuksien vuoksi. Hybridiperustuksissa yhdistellään edellä kuvattuja eri tekniikoita. Paalutettuun rakenteeseen voidaan esimerkiksi lisätä betonijalkoja tai voidaan käyttää mikropaaluja yhdessä muiden paalutyyppien kanssa tai niiden sijasta. Hybridiperustuksen enimmäismitat eivät ylitä yllä mainittujen muiden perustustyyppien kokoluokkaa.

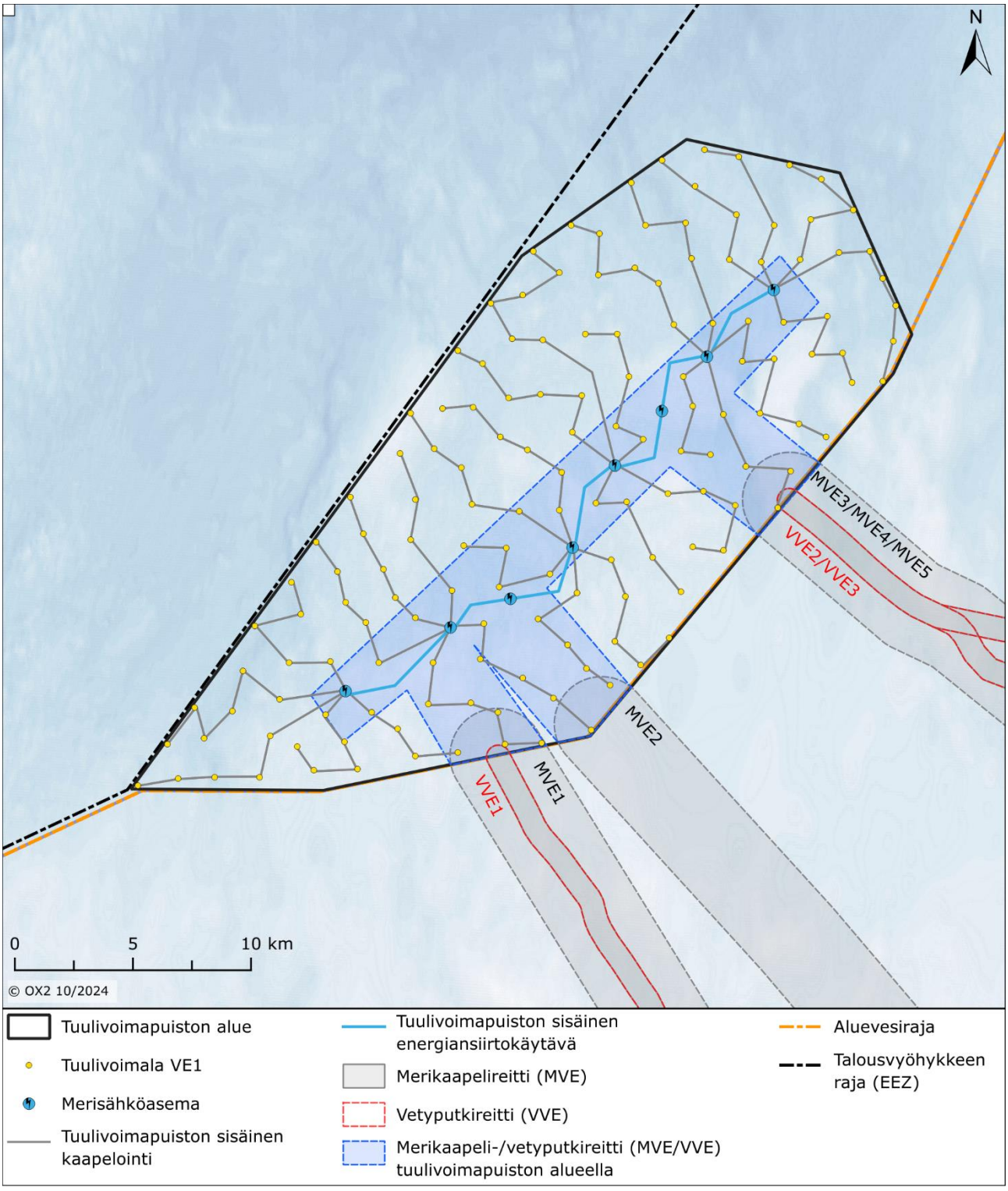
1.6 Sähkönsiirto merituulivoimapuiston alueella ja tuulivoimapuistosta rannikolle

1.6.1 Merituulivoimapuiston sisäiset kaapelit

Merituulivoimapuiston sisäiset kaapelit yhdistävät merituulivoimaloita toisiinsa sekä merisähköasemaan. Sisäiset kaapelit voidaan suunnitella eri tavoin valitun teknologian mukaan. Kaapeleiden lukumäärä, kaapelityyppi, jännitetaso ja tuulivoimaloiden lukumäärä riippuu tuulivoimaloiden yksikkötehosta.

Tällä hetkellä saatavilla oleva kaapelitekniikka mahdollistaa esimerkiksi 66 kV:n merituulivoimapuiston sisäverkon kaapeloinnin, joka mahdollistaa noin 80–100 MW:n kokonaistehon kaapelia kohti. Tämä tarkoittaa, että yhteen kaapelihaaraan voidaan kytkeä kuusi 15 MW:n tuulivoimalaa. Tuulivoimapuiston sisäverkon nimellisjännitetason odotetaan nousevan 132 kV:iin tai jopa tätä korkeammaksi seuraavien 5–10 vuoden aikana, mikä lisäisi kunkin kaapelin kokonaissiirtokapasiteettia ja vähentäisi siten kaapelihaarojen lukumäärää ja kaapeleiden kokonaispituutta. Seuraavassa kuvassa on esitetty esimerkki sisäverkon kaapeloinnista Laineen merituulivoimapuistossa (Kuva 1-9).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 1-9. Esimerkki merituulivoimapuiston sisäverkon kaapeloinnista. Esimerkissä on 150 tuulivoimalaa sekä käytössä 66 kV:n kaapelit ja kahdeksan merisähköasemaa/keskitettyä veden tuotantoasemaa. Asemia arvioidaan rakennettavan enintään 3–8 kappaletta.

Tuulivoimapuiston sisäinen kaapeli voidaan merenpohjan olosuhteista riippuen laskea merenpohjan päälle tai asentaa eri tavoilla merenpohjan sisään: vesipainepuhaltamalla, auraamalla tai

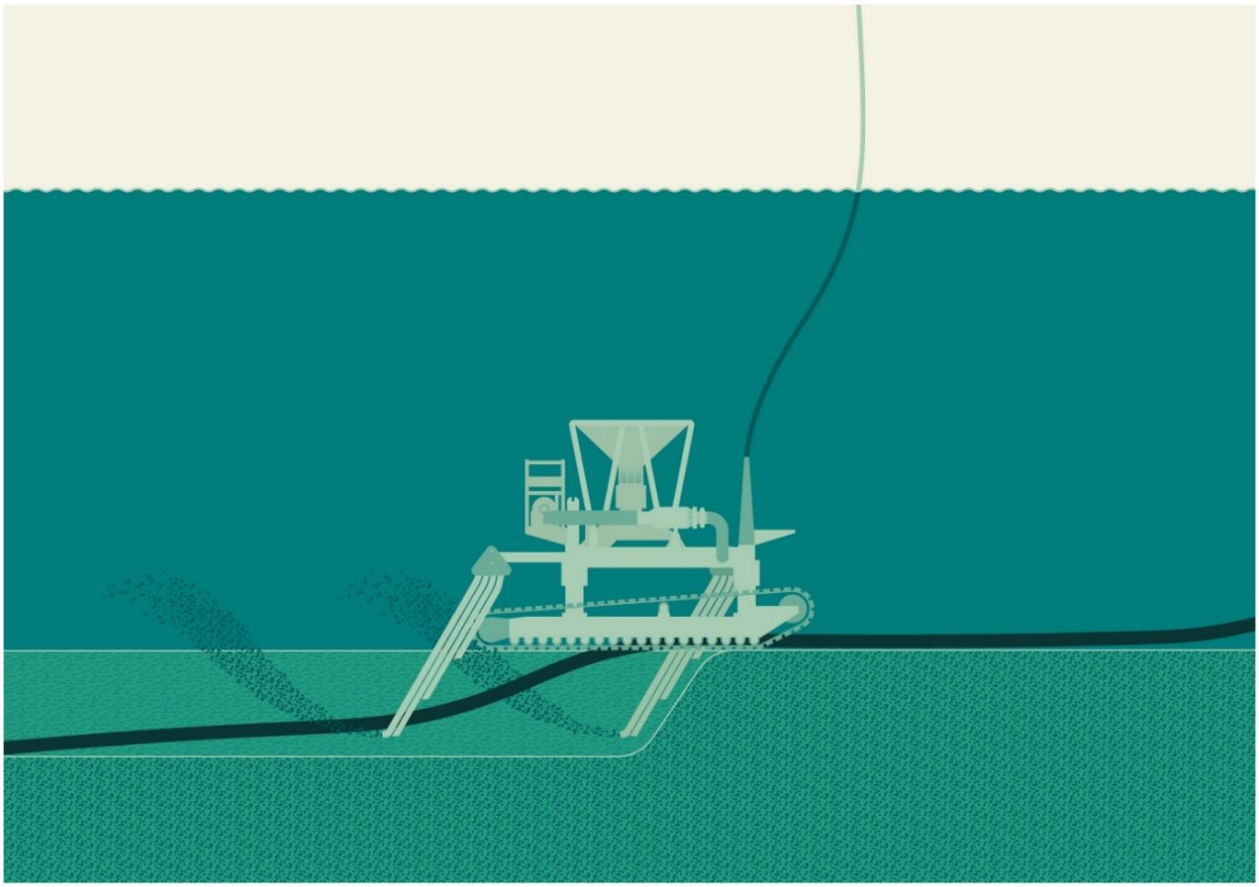
Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

kaivantoja tekemällä. Alueilla, joilla merenpohjaa ei ole mahdollista kaivaa, voi olla tarpeen suojata kaapelia kivenlohkareilla tai betonisilla suojilla. Upotussyvyys merenpohjaan on noin 1–2 metriä, jotta kaapelit saadaan suojattua mm. jäältä, laitteilta ja/tai ankkureilta. Kaapelikaivannon leveys on enintään 3,5 metriä per kaapeli. Kaapelien välinen etäisyys ja kaapelikaivannon syvyys vaihtelee mm. pohjan olosuhteiden mukaan.

Tarvittaessa merikaapelit voidaan asentaa syvemmälle merenpohjaan, esimerkiksi väylän alituksen kohdalla. Lopullinen kaapelin asennussyvyys riippuu esim. alueen geologisista olosuhteista sekä tarvittavasta suojauksen tasosta. Tarvittavaa suojaustasoa koskeva analyysi (*Cable Burial Risk Assessment*, CBRA) tehdään hankkeen jatkosuunnittelun aikana.

1.6.1.1 Vesipainepuhallus

Kaapeleiden asennuksessa vesipainepuhallus on tehokas menetelmä alueilla, joilla on paksu kerros pehmeitä pintasedimenttejä, kuten silttiä ja hiekkaa. Tässä menetelmässä käytetään vesisuihkulla varustettua laitetta, kuten kauko-ohjattavaa alusta, joka suihkuttaa vettä korkealla paineella nesteyttäen sedimenttiä siten, että kaapeli uppoaa määriteltyyn syvyyteen seuraavan kuvan mukaisesti (Kuva 1-10). Merenpohjan ollessa hyvin pehmeää voidaan tehdä suhteellisen kapea oja, jonka tarkka leveys riippuu sedimentin laadusta ja kaapelin koosta. Kapea oja suojaa kaapelia parhaiten. Olosuhteista ja mitoituksesta riippuen oja voidaan täyttää uudelleen tai veden virtaukset täyttävät merenpohjan automaattisesti ajan kuluessa. Vesipainepuhalluksessa ei aiheudu tarvetta läjittää massoja merenpohjaan.

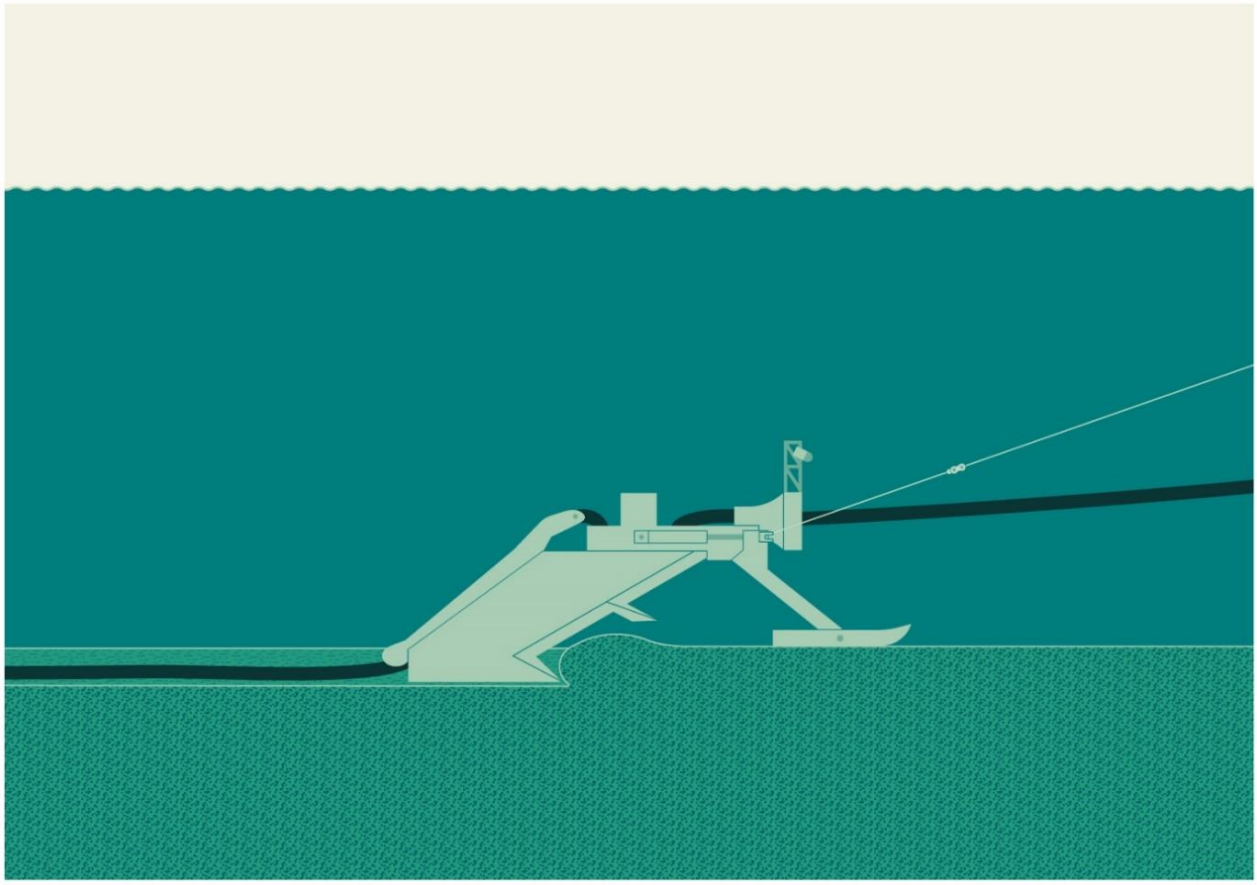


Kuva 1-10. Esimerkkikuva vesipaineasennuskoneesta. Huomaa, että kuva ei ole mittakaavassa (OX2 2024).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

1.6.1.2 Auraus

Tässä menetelmässä kaapelit haudataan suoraan merenpohjaan aluksen hinaamaa auraa käyttäen seuraavan kuvan mukaisesti (Kuva 1-11). Kaapeli syötetään auran läpi siten, että se asettuu merenpohjaan kapeaa kanavaa pitkin. Käytettävissä on erilaisia auran muotoja erilaisiin merenpohjan olosuhteisiin. Lisäksi voidaan käyttää vesipainepuhalluksella tuettua auraa tai pystyinjektoria. Tekniikka sopii hyvin suhteellisen matalilla syvyyksillä tehtäviin asennuksiin, joissa on tarve asentaa kaapeli syvälle pohjaan.



Kuva 1-11. Esimerkkikuva aurakoneesta. Huomaa, että kuva ei ole mittakaavassa (OX2 2024).

1.6.1.3 Kaivannot

Valmiiksi kaivetut kaivannot ovat tehokas menetelmä alueilla, joilla maaperä on kovaa, esimerkiksi savea tai tiivistynyttä hiekkaa, johon kaivanto voidaan tehdä ennalta valmiiksi. Kaapeli lasketaan merenpohjaan aiemmin tehtyyn kaivantoon, minkä jälkeen se voidaan suojata lisäämällä erikseen kiviä tai soraa varmistamaan riittävä suojaus. Kaivantoa tehtäessä merenpohjasta nostettava maa-aines läjitetään tarvittaessa hankkeen läjitysalueille.

1.6.1.4 Kaapelien suojaus

Kaapelien suojausta saatetaan tarvita alueilla, joilla merenpohja ei salli kaivamista, joka on tyypillistä matalissa vesissä. Kaapelien suojaus voi tarkoittaa esimerkiksi suojaputkia, kivipeitteen sijoittamista kaapeleiden päälle tai betonipatjoja. Seuraavan kuvan (Kuva 1-12) mukaiset betonipatjat ovat kaapelin päälle asetettavia tehdasvalmisteisia suojuksia. Patjojen asentaminen on aikaa vievää, ja niitä käytetään usein vain lyhyillä etäisyyksillä. Vaihtoehtona betonipatjoille

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

voidaan käyttää kivisäkkejä suojana tai kaapelin pitämiseen tai vakauttamiseen erityisesti perustusten läheisyydessä.



Kuva 1-12. Esimerkki kaapelin suojana käytettävästä betonipatjasta (Subsea Protection Systems 2024).

1.6.2 Siirtokaapeli mantereelle ja merisähköasema

Sähkönsiirto tuulivoimapuistosta mantereen liityntäpisteeseen tapahtuu joko vaihtovirta- (HVAC) tai tasasähköyhteyttä (HVDC) käyttäen. Siirtokaapeleiden reitti ja pituus määräytyvät lopullisen liityntäpisteen ja alueen olosuhteiden kuten geologian, muiden toimintojen ja ympäristön perusteella.

Yleisimmät tasavirtakaapelit (HVDC) ovat symmetrisiä yksi- tai kaksinapaisia. Ne koostuvat kahdesta tai kolmesta yksivaiheisesta kaapelista kaapelinippua kohti, joista yksi on positiivinen napa, yksi negatiivinen napa sekä yksi mahdollisesti nollajohdin, jotka on niputettu yhteen. Vaihtovirtakytkentää varten merikaapeleita on saatavana joko kolmivaihekaapeleina tai yksivaihekaapeleina, jotka on niputettu yhteen tai asennettu vierekkäin.

Yksivaiheisen tasavirtakaapelin halkaisija on enintään 200 mm ja jännite on yleensä 320–525 kV, mutta voi olla jopa 600 kV. Seuraavassa kuvassa (*Kuva 1-13*) esitetään tyypillinen tasavirtakaapeli. Kuitukaapeli asennetaan yleensä yhdessä yksivaiheisten kaapeleiden kanssa. Kuitukaapelia käytetään sekä tiedonsiirtotarpeisiin sähkönsiirron yhteydessä että itse siirtokaapelin monitorointiin ja valvontaan. Kuitukaapeli mahdollistaa vikojen paikantamisen, voimalaitosten ja ohjauskeskusten välisen viestinnän ja auttaa ennaltaehkäisemään mahdollisia vikoja järjestelmässä.



Kuva 1-13. Periaatekuvassa yksivaiheisen tasavirta (HVDC) merikaapelin rakenne (ABB 2024).

Kolmivaiheisen vaihtovirtakaapelin jännite on yleensä 220 kV tai 275 kV ja siirtokapasiteetti 300–500 MW. Kolmivaihekaapelin ulkohalkaisija on noin 250–350 mm. Oheisessa kuvassa (Kuva 1-14) esitetään tyypillinen vaihtovirtakaapeli. Kuitukaapeli on yleensä integroitu kolmivaihekaapeliin.

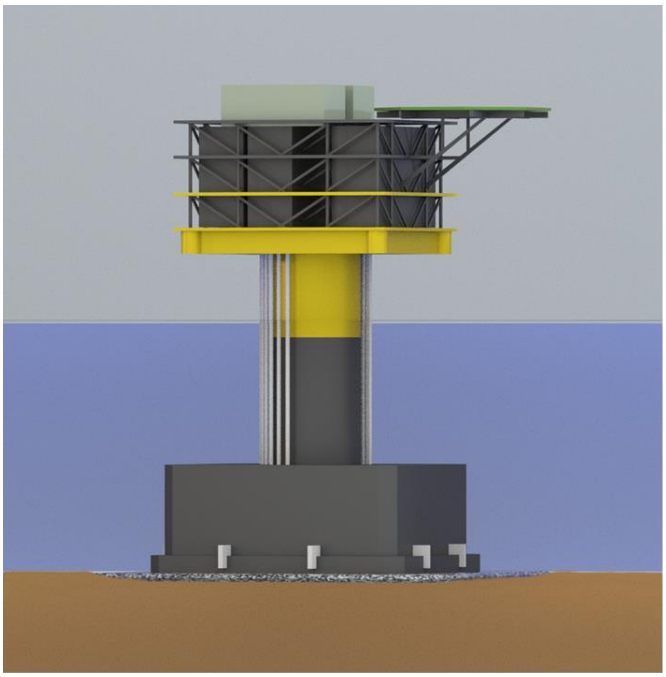
Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



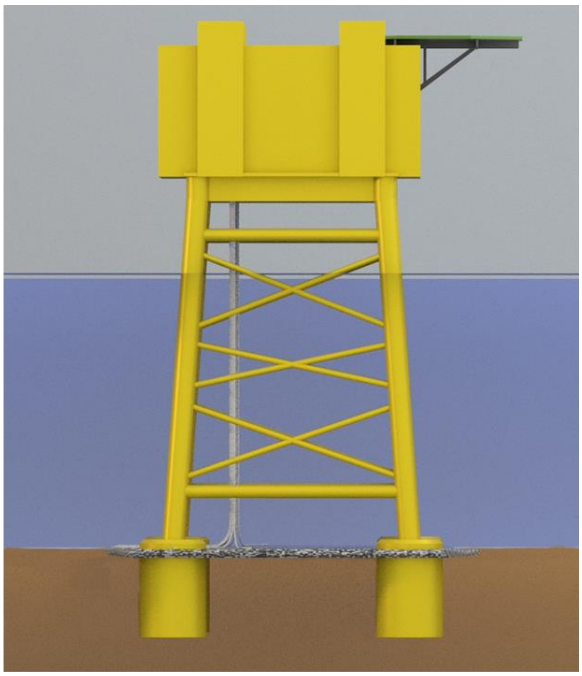
Kuva 1-14. Periaatekuvassa kolmivaiheisen vaihtovirta (HVAC) merikaapelin rakenne (ABB 2024).

Siirtokaapelien vaihtoehtoiset asennustavat ovat vastaavanlaisia HVDC- ja HVAC-kaapeleille kuin edellä kuvatut vaihtoehtoiset asennustavat tuulivoimapuiston sisäisille kaapeleille.

Tuulivoimapuiston sisäverkon jännitetason muuntaminen suuremmaksi jännitteeksi ja mahdollinen konversio eli muuttaminen vaihtovirrasta tasavirraksi edellyttää yhtä tai useampaa muuntaja-asemaa (HVAC) tai konvertteriasemaa (HVDC). Muuntaja- ja konvertteriasemista käytetään tässä yhteydessä yhteisesti nimitystä merisähköasema. Asemia arvioidaan rakennettavan 3–8 kappaletta. Merisähköasemien perustustyypit ovat pitkälti samat kuin merituulivoimaloiden, mutta ne ovat kooltaan merkittävästi suurempia. Seuraavassa kuvassa (Kuva 1-15) on esitetty merisähköaseman eri perustuksia, joita voivat olla esim. painovoimainen (gravitaatio) tai ristikkorakenteinen (jacket) perustus. Seuraavissa kuvissa on esitetty esimerkkejä tyypillisistä merisähköasemista (Kuva 1-16 ja Kuva 1-17). Tässä ympäristövaikutusten arvioinnissa on arvioitu vaikutukset merisähköaseman painovoimaperustuksen mukaan. Merisähköasemien jäähdytys arvioidaan toteutettavan ilmajäähdytyksellä, jossa käytetään aseman ulkoa otettavaa ilmaa muuntajien jäähdyttämiseen. Jäähdytyksestä ei aiheudu lämpökuormaa meriveteen



merisähköaseman
painovoimainen perustus



merisähköaseman
ristikkorakenteinen perustus

Kuva 1-15. Esimerkkejä merisähköasemien perustuksista (OX2 2023).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 1-16. Esimerkki merellä sijaitsevasta sähköasemasta (HVDC DolWin Alpha, keltainen rakennus) ristikkoperustuksella sekä sähköaseman rakentamisessa hyödynnettävä nosturialus. Merituulivoimapuiston alueelle arvioidaan rakennettavan 3–8 merisähköasemaa (Overdick-offshore 2024).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 1-17. Esimerkki merellä sijaitsevasta itseasentuvasta sähköasemasta (HVDC HelWin Alpha), joka, nostetaan ylös nostojalkojen avulla. Merituulivoimapuiston alueelle arvioidaan rakennettavan 3–8 merisähköasemaa (Overdick-offshore 2024).

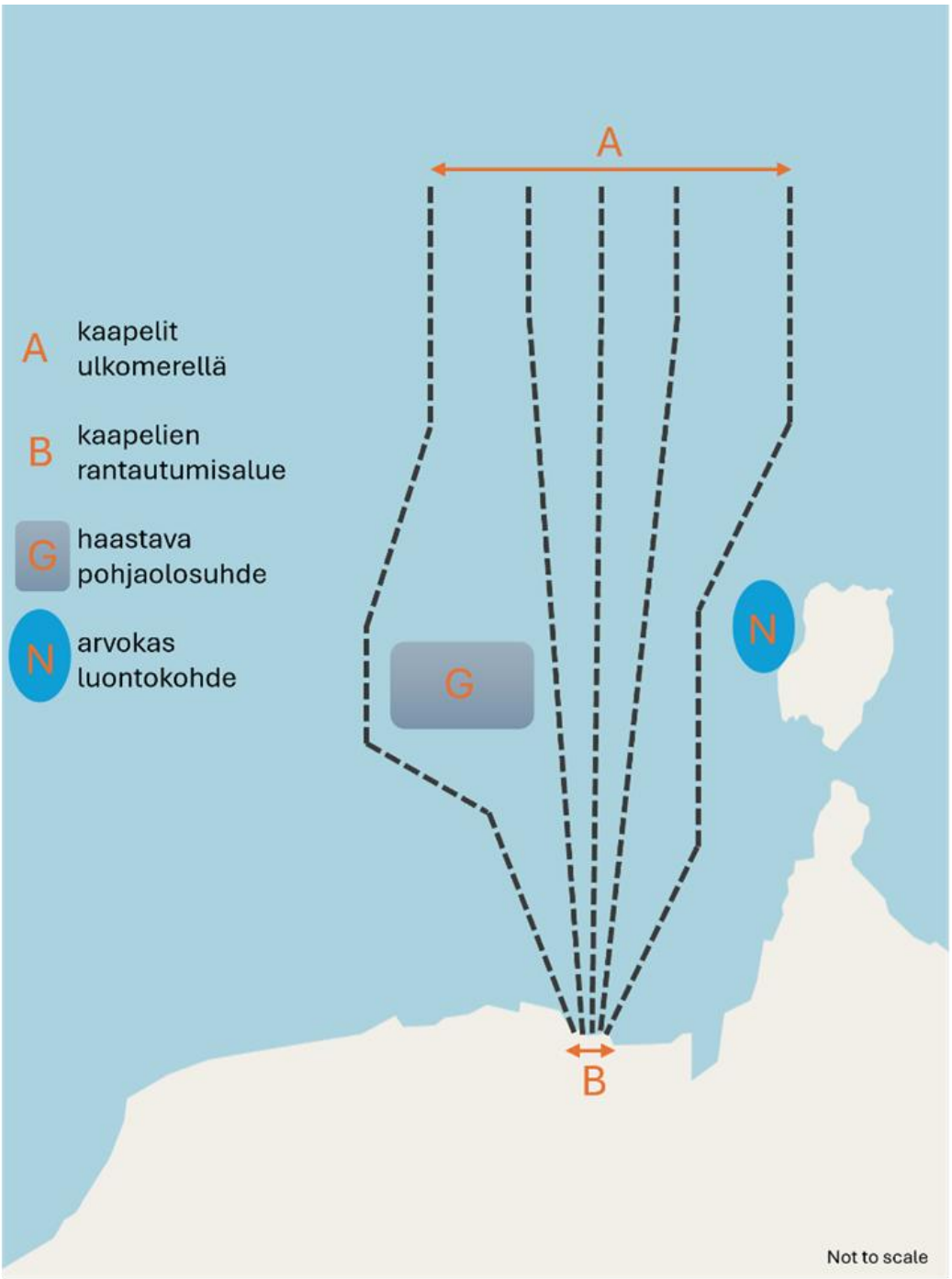
Hankkeen tarvitsema merisähköasemien määrä riippuu valitusta ja hankkeeseen sopivasta teknologiasta. Hankkeen toteuttamiseksi voidaan rakentaa esimerkiksi kolme suurempaa merisähköasemaa tai kahdeksan pienempää asemaa. Aiemmin esitetyssä kuvassa (Kuva 1-9) on esitetty esimerkki kahdeksan merisähköaseman ratkaisusta 150 merituulivoimalan hankkeessa. Merisähköaseman arvioitu painovoimaperustuksen koko on halkaisijaltaan enintään 71,5 m, jolloin pohjan pinta-ala on noin 4 000 m^2 ja tällöin asemia rakennettaisiin kolme kappaletta. Käytettäessä ristikkorakenteista perustusta, jossa on 4–8 jalkaa, on tarvittava pinta-ala noin 160 m^2 ilman eroosiosuojausta. Perustuksen päällä oleva rakenne, joka sisältää merisähköaseman ja sitä suojaavat rakenteet, on kokoluokaltaan enintään 185 x 95 metriä.

Tässä YVA-menettelyssä arvioidaan hankkeen liittämistä kahteen liityntäpisteeseen (Sandås ja Hirvisuo) eri reittivaihtoehtoja pitkin (Kuva 1-19). Vaihtoehtoiset reittikäytävät ovat merellä noin neljä kilometriä leveitä, mutta merenpohjassa olevalle yksittäiselle kaapelille tarvitaan vain noin muutaman metrin leveys (Kuva 1-18). Lopulliset merikaapeli- ja voimajohtoreitit päätetään YVA-menettelyn jälkeen jatkosuunnittelussa perustuen teknisiin ja ympäristöllisiin näkökohtiin sekä Fingridin näkemykseen mahdollisista lopullisista kantaverkon liityntäpisteistä.

Hanke tarvitsee yhteensä enintään 10 siirtokaapelia tuulivoimapuistosta mantereelle riippuen valittavasta siirtokaapelityypistä ja hankkeen lopullisesta kokonaistehosta. Kaapelit tarvitsevat pohjaolosuhteista riippuen 50–300 metrin etäisyyden toisistaan, jotta korjausalus pääsee turvallisesti toimimaan huolto- ja poikkeustilanteissa, esim. yhden kaapelin rikkoutumistilanteessa. Kaapelien välinen etäisyys vähenee tultaessa lähemmäs rantaa, ja rantautumisalueella kaapelit tarvitsevat paikasta riippuen enää enimmillään yhteensä 80 metriä tilaa. Seuraavassa kuvassa (Kuva 1-18)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

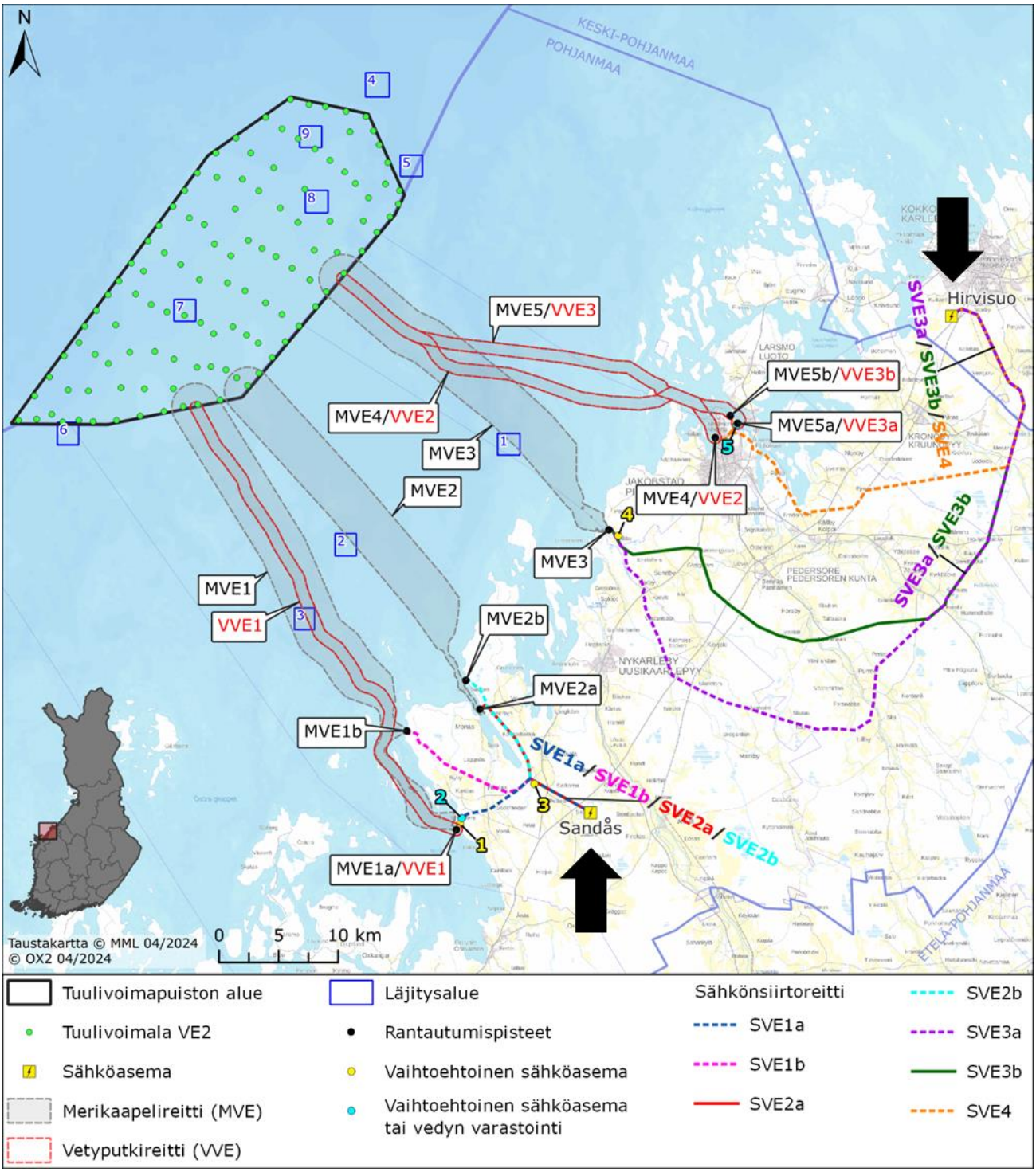
on esitetty periaatekuva viiden siirtokaapelin asettelusta. Merikaapelien sijoittamiseen tarvitaan kaksi eri reittiä (enintään 5 kaapelia reittiä kohden), joiden rantautumispisteistä sähkönsiirto tapahtuu kahdelle eri sähköasemalle (Sandås ja Hirvisuo). Tässä YVA-selostuksessa on arvioitu tilannetta, jossa yhdelle energiansiirtoreitille sijoitetaan joko vetyputki tai merikaapeleita. Lopulliset reitit valitaan käytettävissä olevasta tilasta sekä teknisistä- ja ympäristönäkökulmista riippuen.



Kuva 1-18. Periaatekuva viiden siirtokaapelin asettelusta ulkomereltä kohti rantaa. Syvemmillä alueilla kaapelit ovat etäämmällä toisistaan ja rantaan tultaessa niiden välinen etäisyys pienenee. Kaapelien välinen etäisyys ulkomerellä on noin 50–300 metriä (A) ja rantautuessaan kaikki kaapelit vaativat enää yhteensä enintään 80 metrin levyisen alueen (B). Tarkemmassa reittisuunnittelussa otetaan huomioon sekä pohjaolosuhteet että ympäristönäkökulmat. (OX2 2024)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Jotta hankkeessa tuotettu sähkö saadaan käyttöön, tulee hanke liittää kantaverkkoon Fingridin kantaverkon liityntäpisteen kautta. Fingridillä on Laineen merituulivoimahankkeen läheisyydessä suunnitteilla olevia liityntäpisteitä, jotka on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 1-19). Tarkempi kantaverkon liityntäpiste määritetään hankkeen edetessä yhteistyössä Fingridin kanssa.



Kuva 1-19. Fingridin olemassa olevat ja suunnittelemat kantaverkon liityntäpisteet osoitettuna nuolilla Laineen merituulivoimahankkeen läheisyydessä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

1.7 Merituulivoimapuiston ja sähkönsiirron rakentaminen

Rakentamisvaihe käsittää vaiheet, jotka liittyvät rakentamisen valmisteluun (esim. merenpohjatutkimukset), sekä merituulivoimapuiston asentamiseen. Hankkeen rakentaminen tapahtuu useissa vaiheissa, jotka yleensä käsittävät merenpohjan valmistelun sekä perustuksien, tuulivoimaloiden, merikaapeleiden ja merisähköaseman asennukset. Rakentamisvaiheen arvioidaan kestävän kokonaisuudessaan noin kolme vuotta, jonka aikana meriliikenne merituulivoimapuiston ja rakentamissatamien välillä lisääntyy.

Rakentamisessa tullaan käyttämään hankealueen läheistä satamaa (alustavasti Kokkolan satamaa) tai satamia komponenttien säilytystä ja asentamista varten. Laiturin viereistä vesialuetta tarvitaan arviolta 12 500 m^2 asennus- ja kuljetusaluksia varten. Laiturialueen kohdalla vesiväylän syväyksen tulisi olla noin 10–12 metriä. Voimaloiden eri komponenttien osalta arvioidaan, että satama-alueella pitäisi pystyä varastoimaan enintään 80 voimalan komponentteja olettaen, että hankkeessa tullaan rakentamaan enintään 160 voimalaa. Torneja varten tarvitaan enintään 160 000 m^2, naselleja varten 50 000 m^2 ja lapoja varten 300 000 m^2 varastointitilaa. Perustuksia varten vastaavasti tarvitaan noin 10–15 metrin syväys ja 12 500 m^2 laituritilaa asennus- ja kuljetusaluksia varten. Riippuen perustustyypistä varastointitilaa tarvitaan painovoimaperustusten osalta enimmillään noin 170 000 m^2 ja paaluperustusten osalta noin 96 000 m^2. Voimalan tornin ja paaluperustuksen yhdistävät kappaleet (*eng. transition piece*) vaatisivat enimmillään noin 23 500 m^2 tilaa.

Tuulivoimapuistosta tulevat merikaapelit tuodaan rantaan valitulla rantautumisalueella. Maaperäolosuhteista riippuen merikaapelit voidaan rantautumisalueella joko kaivaa suojaan maahan tai käyttää erilaisia erikoistekniikoita kuten suuntaporausta kaapelien tuomiseksi rantaan. Yhdellä rantautumisalueella hankkeen merikaapelit vaativat tilaa rakentamisen aikana noin 80 metrin leveydeltä, mutta tarkempi tilantarve riippuu asennustavasta. Rantautumisen jälkeen merikaapeli voidaan tarvittaessa muuntaa maakaapeliksi kaapelien jatkoskohdassa esimerkiksi maan alle sijoitettavan betonielementin sisällä. Rantautumisalueella rakentaminen on lyhytkestoista ja paikallista eikä rakentamisen aikana arvioida olevan tarvetta varastoinnille rantautumisalueella.

Merituulivoimapuiston rakentaminen tehdään arviolta 14 vuorokauden työskentelysykleissä. Henkilöstöä kuljetetaan siihen soveltuvilla miehistökuljetusaluksilla ja majoitetaan majoitusaluksissa. Rakentamisvaiheen keskuksena toimii hankealueen läheisyydessä olevista satama, joka tässä hankkeessa on lähtökohtaisesti Kokkolan satama. Rakentamiseen vaadittavat materiaalit tuodaan pääosin rahtialuksilla meriteitse satama-alueille, missä tehdään esim. komponenttien esikokoonpanoja ja esikäyttöönottoa, jonka jälkeen ne kuljetetaan rakentamistöihin soveltuvilla aluksilla merituulivoimapuiston alueelle. Rakentamista johdetaan erilliseltä alukselta tai mantereelta ja pieniä henkilöstöaluksia voidaan käyttää rakentamistöiden tukena varsinaisten asennustöissä käytettävien alusten lisäksi.

Ison merituulivoimapuiston rakentamisen arvioidaan tapahtuvan vaiheittain. Rakentamisen arvioidaan ajoittuvan yhteensä kolmen vuoden avovesikaudelle, joista pohjarakentamisen arvioidaan kestävän kaksi vuotta. Rakentaminen voi tapahtua esimerkiksi niin, että ensimmäisenä rakentamisvuotena asennetaan puolet perustuksista, toisena vuotena asennetaan loput perustukset ja puolet voimaloista, ja kolmantena rakentamisvuotena asennetaan loput voimalat. Hankkeen tarkka rakentamisaikataulu varmistuu tarkemmassa suunnittelussa. Pohjarakentaminen suunnitellaan niin, että yhden avovesikauden aikana rakennetaan yksi alue hankkeesta, jolloin samalle alueelle ei kohdistu rakentamisen aikana vaikutuksia ja muodostu kumulatiivisia vaikutuksia pohjan muokkaamisesta ja näin ollen esim. sedimenttien leviämisestä.

Merikaapeleiden osalta yksittäinen kaapelilinjakokonaisuus rakennetaan yhden avovesikauden aikana, eli avovesikauden aikana rakennetaan enimmillään viisi merikaapelia samalle kaapelikäytävälle. Siirtokaapelit avomereltä mantereelle rakennetaan yhtenä kokonaisuutena tuulivoimarakentamisen kanssa, jotta rakennetut voimalat saadaan liitettyä kantaverkkoon. Mikäli hanke toteutuu kokonaisuudessaan, rakennetaan ensin tarvittavat viisi merikaapelia avovesikauden aikana ja toiset viisi merikaapelia seuraavan avovesikauden aikana. Merikaapelien rakentamisen aikana

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

ruopattavat sedimentit läjitetään eri läjitysalueille kuin voimaloiden asentamisesta syntyvät sedimentit mm. pitkien kuljetusmatkojen takia.

Hankkeen rakentamisen aikana jätettä muodostuu pääasiassa satamassa, jossa hankkeen osia kuljetetaan, varastoidaan ja kootaan hankealueelle kuljettamista varten. Jäte on pääasiassa tavanomaista jätettä, kuten suojamuoveja, pakkausmateriaaleja ja osien suojaamiseen tarkoitettuja materiaaleja. Satamassa syntyvä jäte kerätään ja käsitellään asianmukaisesti esim. kierrättämällä. Mikäli hankkeen myötä syntyy jätettä merellä, kerätään se talteen ja toimitetaan mantereelle asianmukaista käsittelyä varten.

Hankkeen rakentamiseen vaadittavat materiaalit ja niiden määrät on esitetty tarkemmin luonnonvarojen vaikutusten arvioinnissa luvussa 18.

1.7.1 Meren pohjaolosuhteet ja pohjan tutkiminen

Ennen merituulivoimapuiston ja merikaapeleiden tarkempaa suunnittelua ja asentamista kerätään olemassa olevat tiedot merenpohjan laadusta sekä tehdään merenpohjatutkimuksia, joilla selvitetään tarkemmin mm. alueen geologisia olosuhteita sekä sedimenttien määrää ja laatua. Suomessa talousvyöhykkeen merenpohjan laadusta on toistaiseksi saatavilla vain karkean tason tietoa. Merenpohjatutkimuksia tehdään esim. luotaamalla, sedimenttinäytteillä (esim. puristinkairaus ja vibracore -menetelmät) sekä myöhemmässä vaiheessa myös geoteknisillä kairauksilla. Kerätty tieto toimii lähtökohtana perustustyypin tai -tyyppien lopulliselle valinnalle sekä merituulivoimapuiston ja kaapeloinnin yksityiskohtaiselle suunnittelulle. Tutkimuksilla varmistetaan myös, että rakennustyöt voidaan toteuttaa mm. ilman vaaraa törmätä esimerkiksi räjähtämättömiin ammuksiin tai aiheuttaa haittaa meriarkeologisesti arvokkaille kohteille.

1.7.2 Meriperustusten ja tuulivoimaloiden asentaminen sekä kaapelointi

1.7.2.1 Meriperustusten asennus

Painovoimaperustukset valmistetaan siihen soveltuvalla alueella satama-alueilla tai niiden läheisyydessä. Perustuksiin tarvittava betoni tuotetaan paikan päällä ja muut materiaalit toimitetaan satamaan meriteitse. Painovoimaperustusta käytettäessä merenpohja valmistellaan perustuksen asennuspaikassa korvaamalla merenpohjan päällimmäisen kerroksen materiaali homogeenisella ja tasaisella sorakerroksella. Perustukset kuljetetaan tämän jälkeen alueelle kelluvalla lautalla, hinaajalla tai muulla soveltuvalla aluksella. Perustukset lasketaan tämän jälkeen sorakerroksen päälle vinsseillä ja täyttämällä ne varovasti painolastilla. Merenpohjan ruoppauksessa syntyvä maa-aines läjitetään proomuilla tai muilla soveltuvilla aluksilla erikseen määritetyille läjitysalueille, joiden virtaus- ja pohjaolosuhteet ovat läjitykseen soveltuvimmat.

Paaluperustukset tuodaan satamaan meriteitse. Asennustyöt toteutetaan yleensä viiden perustuksen työsykleissä. Perustukset viedään satamasta tuulivoimapuistoon asennusaluksen kyydissä tai kelluttamalla. Paaluperustus nostetaan ja asetetaan merenpohjaan esimerkiksi jack-up-aluksen tai uivan nosturin avulla. Se juntataan sitten merenpohjaan paaluttamalla, täristämällä tai poraamalla. Asennuksessa voidaan olosuhteiden mukaan käyttää näiden menetelmien yhdistelmää.

Ristikkorakenteiset perustukset edellyttävät, että merenpohja on suhteellisen tasainen. Näin ollen merenpohjaa voi olla tarpeen tasoittaa ennen asentamista. Perustus kuljetetaan alueelle proomulla tai asennusaluksella ja asetetaan merenpohjaan jack-up-proomulla tai uivalla nosturilla. Jos käytetään pienpaaluja, teräsputket paalutetaan, täristetään tai porataan merenpohjaan perustuksen kulmien kohdalla. Paalut liitetään sitten perustukseen valamalla tai mekaanisella ankkuroinnilla.

Perustusten asennustöihin kuluu noin kaksi avovesikautta. Asennustöitä tehdään vuoden ympäri sääolosuhteiden salliessa. Merialueiden jäätyminen talvella vaikuttaa siihen, voidaanko asennustöitä tällöin tehdä. Perustuksen asentamisen jälkeen käytetään tarvittaessa suojausta estämään

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

perustusta ympäröivän merenpohjan eroosio ja ankkuroinnin heikentyminen. Eroosiosuojaus koostuu yleensä alemmasta sorakerroksesta ja ylemmästä, sekakokoisesta kivestä koostuvasta kerroksesta.

Ruopattavia maamassoja arvioidaan merituulivoimapuiston alueella olevan enimmillään tilanteessa, jossa hankkeen jokainen tuulivoimala sekä sähköasemat toteutetaan painovoimaperustuksella. Tällöin ruopattavia massoja on enintään noin 2 000 000–2 200 000 m^3 (Taulukko 1-2). Ruopattavien massojen määrät tarkentuvat suunnittelun ja pohjatutkimusten edetessä ja käsitellään tarkemmin vesiluvassa. Massat on tarkoitus läjittää merituulivoimapuiston alueelle erikseen osoitetuille läjitykseen soveltuville alueille. Merituulivoimapuiston alueella perustusten, sähköasemien ja merikaapeleiden sekä meriläjityksen vaatima pohjanmuokkaus kohdistuu arviolta enintään 1,2 %:iin koko puistoalueen alasta.

Siirtokaapelin asennuksen aiheuttama pohjanmuokkauksen pinta-alan arvioidaan olevan enimmillään 2,6 km^2 (ml. meriläjitys) ja ruoppausmäärät ovat enintään 630 000 m^3 (Taulukko 1-2).

1.7.2.2 Voimaloiden esiasennukset, kuljetukset ja nostot merellä

Tornit, nasellit ja roottorit kuljetetaan rakennussatamaan rahtialuksilla. Tuulivoimaloiden asentaminen suoritetaan jack-up aluksella (Kuva 1-20) tai muulla asentamiseen soveltuvalla aluksella. Varsinaisen asennusaluksen tukena toimii kaksi pienempää henkilökuljetusalusta sekä tarvittaessa nostoissa avustava helikopteri (rakentamisen tilatarve ja aikataulutus luvussa 1.7).



Kuva 1-20. Merituulivoimalan asennus jack-up aluksella (COWI 2021).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

1.7.2.3 Merisähköasemat

Merisähköasema asennetaan yleensä perustukselleen uivalla nosturilla. Merisähköasema perustuksineen voidaan suunnittelusta riippuen siirtää tai asentaa myös muilla nostomenetelmillä, esimerkiksi omilla tukijaloillaan. Sähköasemien komponentteja tuodaan satamiin meri- ja maateitse.

1.7.2.4 Tuulivoimapuiston sisäiset kaapelit ja siirtokaapelit

Merituulivoimapuiston sisäiset kaapelit ja siirtokaapelit lasketaan siihen soveltuvalta kaapelialukselta käsin (Kuva 1-21). Kaapeleiden asennustyöt tehdään erikseen siihen soveltuvalla kaapelia laskevalla aluksella sekä rakentamistyötä tukevalla pienemmällä aluksella. Erilaiset asennustavat on kuvattu edellä luvussa 1.6.



Kuva 1-21. Merikaapeleiden asennusalus (NKT 2021).

1.7.3 Hankkeen rakentamisessa tarvittava maa- ja kiviaines

Hankkeen rakentamisessa tarvitaan huomattava määrä mursketta ja maa-ainesta esim. voimaloiden perustusten ja merikaapeleiden suojaamista varten. Alla olevassa taulukossa (Taulukko 1-3) on esitetty arviot hankkeessa tarvittavista murskemääristä. Voimaloiden perustusten osalta kiviainesta tarvitaan eniten painovoimaperustuksia käytettäessä, koska niiden pohja pitää valmistella ja tasata sekä lisäksi kiviainesta tarvitaan eroosiosuojaukseen. Merikaapelien suojausta varten on arvioitu tilanne, jossa hankkeessa tuotetaan vain sähköä ja jonka siirtämiseksi tarvitaan yhteensä 10 merikaapelia. Vetyputken suojaukseen tarvittava murskemäärä on vähäisempi kuin merikaapeleiden suojaukseen tarvittava määrä. Määrien arvioinnissa on oletettu, että merikaapelit ja vetyputki tulee suojata rannalta katsottuna siihen asti, missä veden syvyys on 15 metriä. Tätä syvemmissä olosuhteissa ei arvioida olevan tarvetta merikaapelien tai vetyputken suojaukselle kiviaineksella. Kaapeleita voidaan suojata myös upottamalla ne merenpohjan sisään. Seuraavassa taulukossa (Taulukko 1-3) on kuitenkin esitetty myös arvio tilanteelle, jossa merikaapelit tai vetyputki suojataan kiviaineksella koko matkalta.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 1-3. Arvio hankkeen rakentamiseen tarvittavista murskemääristä.

Arvio rakentamiseen tarvittavista murskemääristä	Arvioitu määrä (m^3)
Voimaloiden perustukset (pohjan valmistelu ja eroosiosuojaus)	148 000–384 000
Merikaapeleiden suojaaminen (veden syvyys alle 15 m) (yhteensä 10 merikaapelille)	315 000
Merikaapeleiden suojaaminen (koko kaapelin pituudelta) (yhteensä 10 merikaapelille)	1 590 000

Murske ja maa-aines pyritään hankkimaan logistisesti järkevällä tavalla, esim. rautatiekuljetuksena suurten kiviainesmäärien kuljettaminen on päästöjen ja riskien näkökulmasta hyvä vaihtoehto, vaikka kuljetusmatka olisi pidempikin. Vaihtoehtoisesti kiviaineista voidaan laivata tai kuljettaa maanteitse läheltä (alle 50 km) satamaa. Ympäristövaikutusten arvioinnissa oletetaan, että rakentamiseen ja tuotannon aikaiseen toimintaan hyödynnetään Kokkolan satamaa. On mahdollista, että myös muita lähialueen satamia voidaan hyödyntää.

1.7.4 Sedimenttien läjitys

Laineen Merituulivoimapuiston alustavat meriläjitysaluevaihtoehdot (Kuva 1-1) on mitoitettu siten, että yhden alustavan läjitysalueen kapasiteetti on riittävä merituulivoimapuistoalueen enimmäisruoppausmäärälle (enintään 2 830 000 m^3) ja yhden alustavan merikaapelireittien ruoppausmassojen läjitysalueen kapasiteetti on riittävä kaapelireittien enimmäisruoppausmäärälle (630 000 m^3) (ks. Taulukko 1-2). Erillisiin läjitysaluevaihtoehtoihin merituulivoimapuiston ja kaapelireittien osalta päädyttiin tuulivoimapuiston sijaitessa kaukana kaapelireittien ruoppausalueisiin nähden. Tuulivoimaloiden rakentamisen aikana ruopattavien sedimenttien läjitys on mahdollista suunnitella niin, että yhden avovesikauden aikana läjitetään sedimentit yhdelle läjitysalueen osalle ja toisella avovesikaudella puolestaan toiselle, ja minimoida näin läjityksen kumulatiiviset vaikutukset. Merikaapelien asentamisen aikana mahdollisesti ruopattavat sedimentit läjitetään eri läjitysalueille kuin voimaloiden asentamisesta syntyvät sedimentit pitkien kuljetusmatkojen takia.

Sekä kaapelireittien että merituulivoimapuiston ruoppausmäärien tarkentuessa, lopulliset meriläjitysalueet mitoitetaan tarvittavan kapasiteetin mukaan esitettyjen alustavien alueiden sisälle. Esitetyt aluerajat ovat tällä hetkellä viitteellisiä, ja pinta-ala on määritetty siten, että kaikki alueelle läjitettäväksi esitetyt massat saadaan läjitettyä alueelle yhden metrin läjityskerrospaksuudella. Kaikkien alustavien meriläjitysalueiden vesisyvyys vaihtelee 32–44 metrin välillä. Kaapelireittien massoille esitettyjen alustavien meriläjitysalueiden pinta-alat ovat noin 100 ha/alue ja merituulivoimapuiston massoille esitettyjen alustavien meriläjitysalueiden pinta-alat ovat noin 400 ha/alue.

Läjitysalueet on valittu ottaen huomioon tiedossa olevat lähtötiedot, joita ovat mm. alueella olemassa oleva infra (mm. meriväylät, tiedossa olevat putket ja kaapelit), suojelualueet, rajoitusalueet (esim. puolustusvoimat) ja vesisyvyys alueella.

Meriläjitysalueet on pyritty sijoittamaan käytössä olevien tietojen (kuten merikarttatieto) perusteella syvänteisiin niin, että alueen ylin taso jäisi lopputilanteessa ympäröivän merenpohjan tasolle tai sen alapuolelle, ja että alueen virtausnopeudet ovat alhaisia, jolloin läjitettyjen massojen kulkeutuminen jäisi mahdollisimman vähäiseksi kaikissa tuuli- ja virtausolosuhteissa.

Hankkeen meriläjityskelpoiset ruoppausmassat kuljetetaan joko merituulivoimapuiston alueelta tai kaapelireiteiltä meriläjitysalueille proomuilla, joiden vetoisuuden on arvioitu tässä hankkeessa olevan noin 400–1 000 m^3 riippuen ruoppauskalustosta, jonka valintaan vaikuttaa

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

ruoppauskohteen vesisyvyys. Vesisyvyys vaihtelee merkittävästi sen mukaan, toteutetaanko ruoppausta kaapelireiteillä esim. rannikon läheisyydessä vai ulkomerellä merituulivoimapuistossa.

Ruopattujen massojen meriläjitys ajoittuu avovesikaudelle merituulivoimaloiden perustuksien pohjien teon aikaan. Koska merituulivoimapuiston alue on suuri, perustusten valmistelut tehdään parin vuoden aikana. Ruoppauskaluston ollessa paikalla, työt suoritetaan intensiivisesti ja tarvittaessa ympäri vuorokauden ja kaikkina viikonpäivinä. Ruoppaus ja meriläjitys aiheuttavat veden samentumista melko rajatulle alueelle, noin muutamien kilometrien etäisyydelle yksittäisen työkohteen läheisyydessä.

Kiintoaineen ja sameuden leviämistä on käsitelty tarkemmin luvuissa 5 ja 7. Kiintoaineen ja sameuden leviämisen mallinnuksessa (*Niras 2023a*, liite 2) rakentamisen on oletettu tapahtuvan yhden avovesikauden aikana, jotta saadaan ilmi maksimaalinen ympäristövaikutus ruoppauksen ja läjityksen osalta.

Merituulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien alueelta löytyi sedimenttikartoituksissa haitta-aineita, joiden pitoisuuksia ja levinneisyyttä on kuvattu tarkemmin luvuissa 5 ja 7 sekä niiden vaikutuksia merieliöstöön ekologisen riskin arvioinnin liitteessä 6.

Merituulivoimapuiston rakentamisesta aiheutuvan vaikutusalueen ja sedimenttien sisältämien haitta-aineiden kulkeutumisriskien minimoimiseksi suositellaan puiston alueelta ruopattavat massat sijoitettavaksi merituulivoimapuiston sisällä sijaitsevalle läjitysalueelle 7 (Kuva 1-1 ja Kuva 1-3), jota voidaan täydentää läjitysalueilla 8 tai 9 huomioiden rajoitukset läjityskelpoisuudessa. Mikäli teknis-taloudellisista syistä on tarve hyvälle läjityspaikalle myös tuulivoimapuistoalueen pohjoisosasta syntyville ruoppausmassoille (esim. lyhyemmän kuljetusmatkan takia), voidaan puiston ulkopuolella sen koillispuolella sijaitseva läjitysalue 4 ottaa mukaan jatkotarkasteluun, sillä se on luokiteltu hyväksi meriläjitysalueeksi. Tarkasteltu merituulivoimapuiston eteläpuolinen alue 6 ei sovellu läjitykseen.

Kaapelireittien läheisistä tarkasteltavista läjitysalueista (Kuva 1-1) parhaiten läjitykseen soveltuu läjitysalue 3. Läjitysalueen 2 pohjan olosuhteiden osalta on tarve lisätutkimuksille. Läjitysalueen 1 virtausolosuhteiden vuoksi alue ei sovellu läjitykseen. Edellä mainituista läjitysalueista alue 3 sijaitsee energiansiirtoreitin MVE1/VVE1 alueella ja alue 2 reitin MVE2 reitin välittömässä läheisyydessä sekä läjitysalue 1 reitin MVE4/VVE2 välittömässä läheisyydessä.

1.7.4.1 Maaläjitys

Mikäli merellä rakentamisen aikana ruopattujen massojen läjitys ei onnistu merelle, on teoreettisesti mahdollista kuljettaa massat mantereelle läjitettäväksi. Massojen kuljetus mantereelle läjitettäväksi ei kuitenkaan ole Laineen merituulivoimahankkeen kokoluokassa käytännössä mahdollista johtuen mm. suurista etäisyyksistä, massojen määristä, useista käsittelyvaiheista ja vesisedimenttiseoksen käsittelystä ja kuljettamisesta tiiviisti niiden aikana (lastaus proomuun, kuljetus rantaan, nosto proomusta, rekka-auton lastaus, purku) siten, ettei se vuoda mereen, tielle tai maastoon, sekä yleisesti meritoimintojen haastavuudesta. Näistä syistä johtuen vaikutusten arvioinnissa on huomioitu ainoastaan sedimenttien läjittäminen merelle erikseen määritetyille läjitysalueille. Hankkeen vesitalouslupavaiheessa selvitetään meriläjityksen vaihtoehtoja ja mahdollisuuksia tarkemmin yhdessä viranomaisten kanssa.

1.8 Merituulivoimaloiden ja merikaapeleiden toiminta ja huolto

Merituulivoimaloiden toiminnan arvioidaan kestävän noin 35 vuotta mm. teknologian kehityksen myötä. Tuulivoimaloiden käyttöikää voidaan pidentää mm. koneistoja ja komponentteja uusimalla.

Voimaloita huolletaan tarvittaessa vuoden ympäri sääolosuhteiden salliessa. Merituulivoimaloita ja sähköasemia tarkkaillaan normaalin toiminnan aikana etäyhteyden kautta. Tuulivoimapuiston kunnossapito edellyttää henkilöstön ja tarvittavien osien viemistä voimaloille pienemmillä huoltoaluksilla, laivoilla tai helikoptereilla. Huoltotyöt tehdään pääosin siihen erikoistuneella

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

huoltotyöaluksella tai muulla henkilöstöä kuljettavalla aluksella. Suurempiin huoltotöihin, kuten isojen osien vaihtoon, voidaan käyttää myös esim. nostoaluksia sekä helikoptereita. Jääolosuhteiden takia huoltotöiden aikana voidaan tarvita esim. jäämurtajia.

Merikaapelit tarkastetaan tarpeen mukaan esimerkiksi sen varmistamiseksi, että niiden suojaus on kunnossa. Kaapelin vaurioituessa se korjataan käyttämällä kaapelialusta, joka nostaa vaurioituneen kaapeliosuuden ylös korjausta varten ja laskee kaapelin sitten takaisin merenpohjaan käyttäen samaa menetelmällä kuin rakentamisvaiheessa. Kaapeleiden suojaamiseksi vaurioilta tuulivoimapuiston alueella tai kaapelireittien kohdalla ei tulisi sallia pohjatroolausta.

Merituulivoimapuiston toiminnan aikana muodostuu jätettä esim. huolto- ja kunnossapidon yhteydessä. Pääasiassa jätettä syntyy esim. eri öljyjen vaihdoista, joista arvioidaan syntyvän jäteöljyjä noin 600–1 000 litraa voimalaa kohden vuosittain. Jätettä voi syntyä myös esim. korjattujen tai vaihdettujen osien myötä. Voimaloiden huoltoa tehdään vain tarvittaessa, jonka takia korjattujen tai vaihdettujen osien myötä syntyvän jätteen määrän arvioidaan pysyvän kohtalaisena. Muodostuviin jätemääriin liittyy epävarmuutta ja jätemäärä riippuu valittavista tuulivoimaloista.

Jätteen toimittamisessa noudatetaan ajantasaista lainsäädäntöä sekä hankkeelle myöhemmin myönnettäviä lupia. Jätteet toimitetaan sellaiselle käsittelylaitokselle, jolla on lupa käsitellä ja varastoida hankkeessa syntyviä jätelajeja. Toiminnan aikana muodostuva jäte kerätään erikseen sen kuljettamiseen soveltuvaan alukseen ja kuljetetaan mantereelle asianmukaista käsittelyä varten.

Tuulivoimapuiston toiminnan aikana ei arvioida syntyvän merkittäviä määriä jätettä merikaapeleiden toiminnasta tai huollosta.

1.9 Merituulivoimaloiden ja merikaapeleiden käytöstä poisto

Merituulivoimalan toiminnan päättämisessä noudatetaan kulloinkin voimassa olevaa lainsäädäntöä ja parhaita käytäntöjä siten, että tuulivoimapuisto ennallistetaan siinä määrin kuin se on tarpeen. Käytöstä poiston aikana pyritään minimoimaan ympäristövaikutukset.

Tuulivoimalat ja merisähköasemat puretaan ja poistetaan kokonaan käyttäen vastaavanlaista alusta ja menetelmiä käänteisessä järjestyksessä kuin asennuksessa. Perustukset voidaan poistaa osittain tai kokonaan. Osittain poistettaessa poisto tehdään merenpohjan tasoon tai juuri sen alapuolelle niin, että jäljelle jäävä osa jää merenpohjan sisään. Kaapelit poistetaan tai jätetään paikalleen, mikäli se on mahdollista esim. turvallisuusnäkökulmasta. Jos kaapelien poisto on tarpeen, poisto on olennaisilta osin sama kuin kaapelia laskettaessa, mutta tapahtuu käänteisessä järjestyksessä. Mahdollinen eroosiosuojaus jätetään todennäköisesti paikalleen, koska valtaosan oletetaan uponneen merenpohjaan, jolloin sen poistamisesta koituisi suurempia vaikutuksia kuin sen jättämisestä alueelle.

Tuulivoimalasta yli 80–95 % voidaan nykyaikana kierrättää. Voimaloiden komponenteista suurin osa on metallia ja siten ne ovat täysin kierrätettävissä. Toistaiseksi haastavin kierrätettävä osa ovat voimalan lavat, jotka ovat pääasiassa lasikuitua sisältävää komposiittimateriaalia. Voimalavalmistajat ovat kuitenkin jo julkaisseet suunnitelmiaan kokonaan kierrätettävistä lavoista ja lisäksi kehitteillä on teknologioita lapojen kierrättämiseen. Lavoista arvioidaan syntyvän toiminnan päättämisen jälkeen jätettä noin 200 tonnia per voimala, mikäli oletetaan, että lapoja ei voida kierrättää ja lavat käsitellään kokonaisuudessaan jätteenä. Muutoin käytöstä poiston aikana arvioidaan muodostuvan pääasiassa tavanomaista jätettä.

1.10 Turvallisuus

Merituulivoiman rakentamiseen ja tuotantoon liittyvien turvallisuusriskien varhainen havainnointi ja huomioon ottaminen on keskeistä koko suunnittelun aikana. Hankkeen YVA-menettelyn yhteydessä tehty ympäristöriskienarviointi on esitetty luvussa 20. Pelastuslaki (379/2011) velvoittaa toiminnanharjoittajaa omatoimiseen varautumiseen (14 §):

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

- Ehkäistävä tulipalojen syttymistä ja muiden vaaratilanteiden syntymistä
- Varauduttava henkilöiden, omaisuuden ja ympäristön suojaamiseen vaaratilanteissa
- Varauduttava tulipalojen sammuttamiseen ja muihin sellaisiin pelastustoimenpiteisiin, joihin ne omatoimisesti kykenevät
- Ryhdyttävä toimenpiteisiin poistumisen turvaamiseksi tulipaloissa ja muissa vaaratilanteissa sekä toimenpiteisiin pelastustoiminnan helpottamiseksi

Edellä mainitut velvoitteet on huomioitu tarpeellisilta osin YVA-menettelyssä tehdyssä riskinarvioinnissa. Velvoitteet huomioidaan hankkeen jatkosuunnittelussa ja toiminnan suunnittelussa varaudutaan mahdollisiin poikkeus- ja vaaratilanteisiin.

Ennen asennus- ja toimintavaiheita merituulivoimapuistolle laaditaan turvallisuussuunnitelma, jossa määritellään turvalliset toimintatavat, kuinka ehkäistä ja minimoida riskit sekä toiminta onnettomuustilanteissa. Turvallisuussuunnitelmassa huomioidaan erilaiset onnettomuusmahdollisuudet mitä tuulivoimaloiden toimintaan ja huoltotoimintaan voi liittyä.

Sähköasemilla sijaitsevissa muuntajissa käytetään öljyjä. Muuntajaöljyt eivät yleisesti ole herkästi syttyviä, mutta voivat kuitenkin syttyä palamaan, mikäli lämpötila nousee riittävän korkeaksi. Merisähköasemilla mm. sähköjärjestelmiin liittyy säilytettävää palokuormaa, joka voi edesauttaa palon jatkumista ja leviämistä poikkeustilanteessa.

Lisäksi merituulivoimahankkeen mahdollisesti meriliikenteelle aiheuttamia riskejä on käsitelty erikseen liikenteen vaikutusarvioinnissa luvussa 14.3. Onnettomuuksia merituulivoimapuiston ja muun meriliikenteen välillä pyritään ehkäisemään jo ennakkoon hyvällä merenkulun huomioivalla suunnittelulla ja yhteistyöllä liikenneviranomaisten kanssa jo hankkeen kehitysvaiheessa.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

2 VEDYN TUOTANNON TEKNINEN KUVAUS

Laineen merituulivoimahankkeessa voidaan tuottaa joko sähköä tai sähkön avulla vetykaasuamerituulivoimapuiston alueella. Vetykaasu johdetaan mantereelle merenpohjaan asennettavaa siirtoputkea pitkin, joka tuodaan rantaan vaihtoehtoisesti Kanäsin alueella Uudessakaarlepyyssä tai Alholmassa Pietarsaaressa (Kuva 1-1). Reittivaihtoehtoja vetyputkelle on kolme (VVE1, VVE2 ja VVE3) ja ne noudattelevat samoja reittiä kuin vaihtoehtoiset sähkönsiirtoreitit.

2.1 Suunnitteluperusteet

On arvioitu, että tuulivoimapuisto voisi tuottaa vetyä noin 200 000 tonnia vuodessa. Suunnittelun oletuksena on, että elektrolyysilaitteisto voidaan sijoittaa merelle joko keskitetyille miehittämättömille meriasemille (enintään 3–8 asemaa, Kuva 1-9), tai kunkin merituulivoimalan tornin alaosaan (enintään 150 voimalaa) asennettavalle tasolle.

Eri vaikutusten muodostumisen osalta merituulivoimassa vaikutuksen aiheuttaja vaihtelee vaikutustyypeittäin. Esimerkiksi voimalateho on harvassa vaikutustyypissä määrittävä tekijä. Sen sijaan vaikutuksia muodostuu enemmän esimerkiksi voimalan ulkoisiin mittoihin, sijaintiin, tuulivoimalan lähtöäänitasoon tai perustuksen kokoon liittyen. Tässä YVA-menettelyssä tehdyt mallinnukset ja vaikutusten arvioinneissa käytetyt hanketiedot on pyritty tekemään niin, että jokaisen vaikutustyypin osalta kyseessä on arvioitu enimmäisvaikutus. Vedyn tuotannon osalta tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi suola- ja lämpökuorma on arvioitu huomioiden hankkeen arvioitua enimmäisvuosituotantoa (11 TWh), eli on arvioitu hankkeen enimmäissähköntuotantoa, joka käytetään kokonaisuudessaan vedyntuotannossa. Tällöin hankkeen tuottama lämpö- ja suolakuorma on maksimivaikutusperiaatteen mukainen.

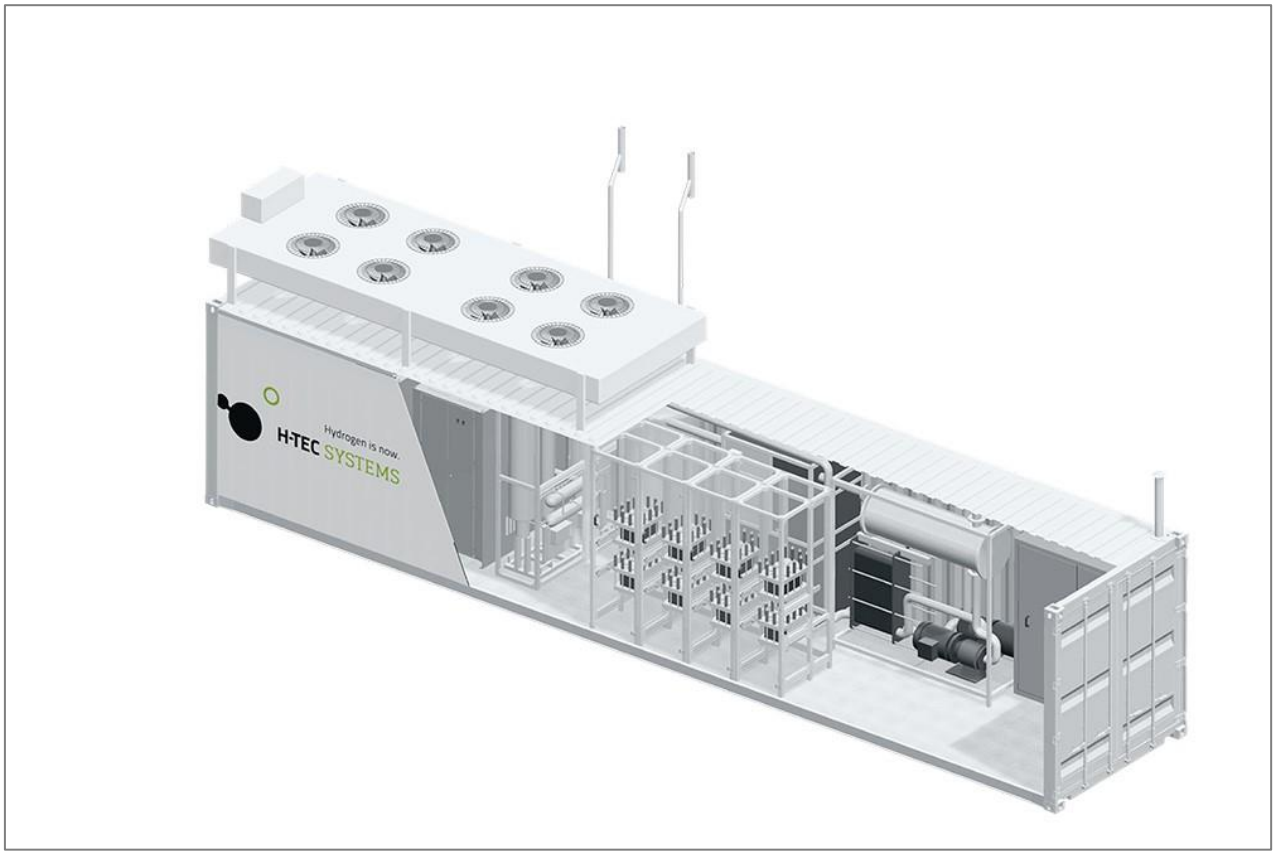
2.2 Vetytalouden periaatteet

Vety on alkuaine ja sitä voidaan valmistaa monenlaisista energianlähteistä, fossiilisista tai fossiilittomista. Vedyllä on suuri potentiaali energian kantajana tulevaisuuden energiajärjestelmässä, jossa energiaa tuotetaan esimerkiksi auringosta, tuulesta ja vedestä. Vetyyn viitataan energian kantajana, sillä vety itsessään ei ole ensisijainen energianlähde, mutta sitä voidaan käyttää energian varastointiin, siirtämiseen tai tuottamiseen.

Vetymolekyyli koostuu kahdesta vetyatomista ja sen kemiallinen merkki on H_2. Vety on yleisin ja kevyin alkuaine. Huoneenlämmössä ja normaalipaineessa vety on kaasua ja se tiivistyy nesteeksi vasta hyvin matalissa lämpötiloissa (-253 °C). Vety on erittäin helposti syttyvää. Vety palaa puhtaasti ilman hiilidioksidipäästöjä ja sisältää enemmän energiaa kiloa kohden kuin fossiiliset polttoaineet.

Vetyä voidaan tuottaa eri tavoin. Lähes kaikki teollisuuden nykyisin käyttämä vety tuotetaan fossiilisesta maakaasusta niin sanotun höyryreformoinnin avulla. Tällä tavalla tuotettu vety on fossiilista alkuperää ja sen valmistusprosessi aiheuttaa suuria hiilidioksidipäästöjä. Ympäristöystävällinen tapa valmistaa vetyä on elektrolyysi. Seuraavassa kuvassa (Kuva 2-1) esitetyssä elektrolyysilaitteistossa vesi hajotetaan vedyksi ja hapeksi sähkön avulla. Jos elektrolyysissä käytetään uusiutuvista lähteistä, kuten auringosta tai tuulesta, saatavilla olevaa sähköä, vetyä kutsutaan yleensä ”vihreäksi vedyksi” eli fossiilivapaaksi.

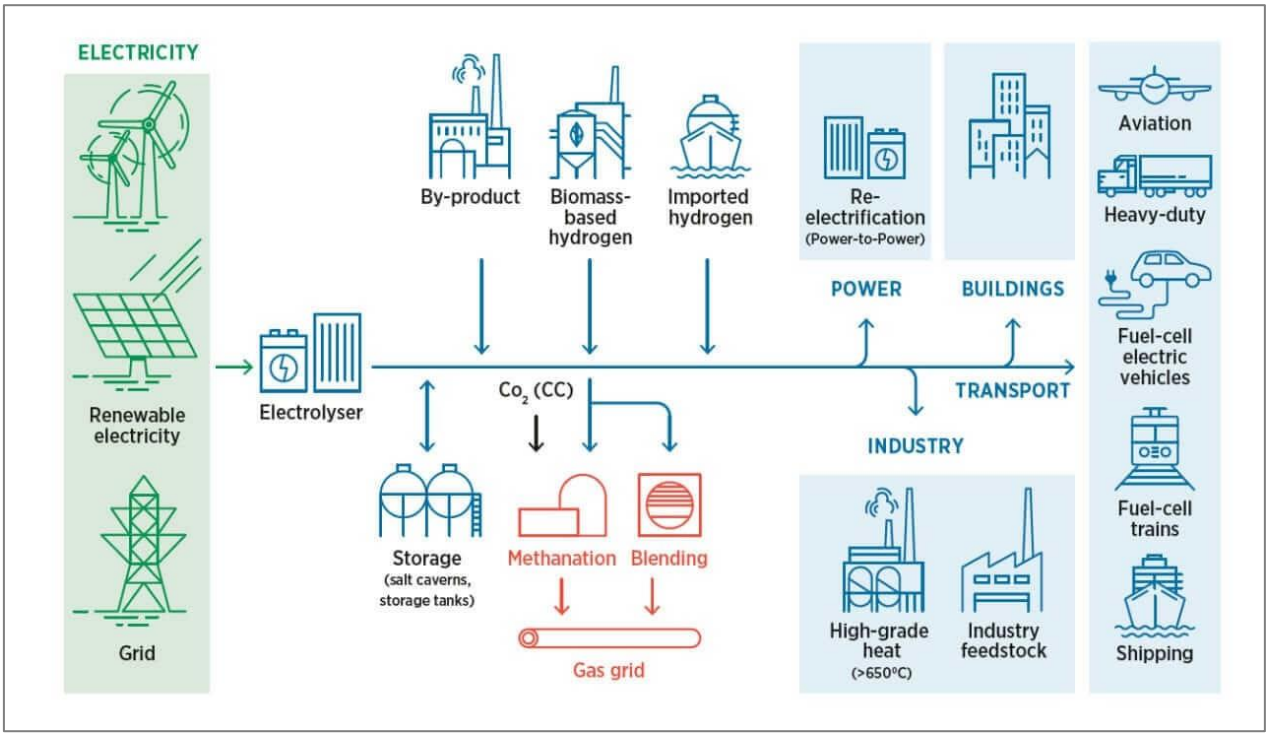
Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 2-1. Elektrolyysilaitteisto modulaarisessa muodossa, jonka koko on noin 2 MW (energi.se 2021).

Auringon säteilystä ja tuulesta voidaan tuottaa uusiutuvaa sähköä, jota voidaan käyttää edelleen vedyn tuottamiseen, joka voidaan varastoida jatkokäyttöä varten. Varastosta vety voidaan muuntaa esimerkiksi polttokennon avulla sähköksi esim. autojen käyttövoimaksi tai syöttää verkkoon, kuten seuraavassa kuvassa on esitetty (Kuva 2-2). Polttokennossa vety ja happi reagoivat hallitusti muodostaen sähköä, vettä ja lämpöä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 2-2. Vedyn arvoketju sähköstä loppukäyttäjälle (Sadeq ym. 2024).

Vetyä on teollisuudessa käytetty yli sata vuotta, mikä tarkoittaa sitä, että kaasun turvallisesta käsittelystä on paljon kokemusta ja tietoa. Teollisuudessa kehitetään sovelluksia, kuten hiilen korvaamista pelkistimenä teräksen valmistuksessa, joissa vedyn avulla rautaoksidia muutetaan raudaksi. Lisäksi tällä hetkellä ja tulevaisuudessa monet alan toimijat suunnittelevat hiilidioksidin talteenottoa vedyn tuotannon lisäksi mm. metanolin valmistamiseksi.

Aikamme suuri haaste on hallita energianhuoltoa samalla kun fossiilisista polttoaineista luovutaan vähitellen. Monet ovat yhtä mieltä siitä, että ”vihreällä” vedyllä voi olla keskeinen rooli siirryttäessä fossiilista polttoaineista uusiutuviin energialähteisiin ja kestäviin energiajärjestelmiin. Siksi kiinnostus vetyä kohtaan on lisääntymässä kaikkialla maailmassa.

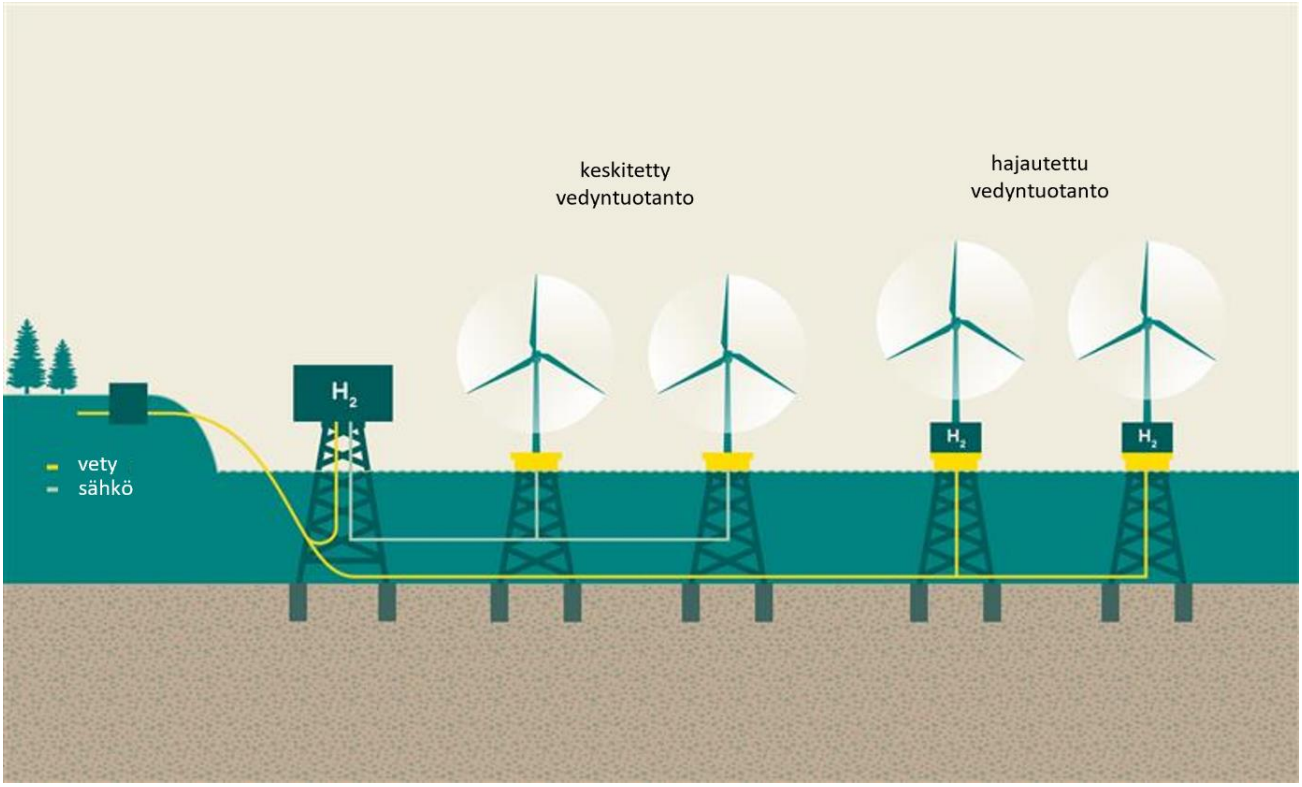
Uusiutuvien, erityisesti säästä riippuvaisten, energiatuotantomenetelmien lisääminen ja niiden osuuden kasvattaminen energiajärjestelmässä vaatii toimiakseen säätövoimaa. Vety voisi tässä yhteydessä toimia kysyntähuippujen ja -laskujen tasaajana sekä ylimääräisen energian varastona. Tämä osaltaan mahdollistaa esim. tuulivoiman lisäämistä energiajärjestelmään, sillä tuulivoima tuottaa vaihtelevan määrän sähköä sen mukaan, kuinka tuulista on. Vetyvarastot voivat varastoida suuremman energiamäärän pidemmäksi ajaksi kuin akut.

2.3 Vedyn tuotannon yleiskuvaus

Laineen merituulivoimahankkeessa on mahdollista toteuttaa kaksi erilaista tuotantotapaa, jotka on koottu alle sekä esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 2-3).

1. Vedyn tuotanto merituulivoimalan tornin alaosassa
2. Vedyn tuotanto keskitetysti merituulivoimapuiston alueella sijaitsevalla meriasemilla

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 2-3. Havainnollistus merellä tapahtuvan vedyn tuotannon kahdesta eri toteutusvaihtoehdosta eli tuotanto keskitetyllä meriasemalla (kuvassa vasemmalla) ja voimaloiden tornin alaosaan sijoittuva hajautettu vedyn tuotanto (kuvassa oikealla) (OX2 2024).

Vedyn tuotantolaitoksen toimintaperiaatteet ovat samat riippumatta valitusta toteutustavasta. Vetyä voidaan tuottaa elektrolyysillä, jossa vesi hajotetaan sähköllä vedyksi ja hapeksi. Elektrolyysissä syntyy vetykaasun lisäksi sivutuotteena lämpöä, happea ja vettä, jonka suolapitoisuus on korkeampi kuin otetussa merivedessä. Yhden vetykilogramman tuottamiseen tarvitaan tekniikasta riippuen noin 50–55 kWh sähköä. Laineen merituulivoimapuiston on arvioitu tuottavan noin 200 000 tonnia vetyä vuodessa. Elektrolyysin hyötysuhteen on arvioitu olevan noin 60 %. Loput 40 % sähköenergiasta arvioidaan muuttuvan lämmöksi. Seuraavassa taulukossa (Taulukko 2-1) on esitetty arvioita Laineen merituulivoimapuiston vedyn tuotantomääristä sekä tarvittavista raaka-aineista ja muodostuvista suola- ja lämpökuormista.

Taulukko 2-1. Laineen merituulivoimapuiston vedyn tuotannon tunnuslukuja ja arvioita tarvittavista raaka-aineiden määristä.

Laineen merituulivoimapuiston vedyn tuotannon tunnuslukuja	
Hankkeen arvioitu sähkön vuosituotanto	11 TWh
Vedyn tuotantomäärä (per tunti)	noin 22 t
Vedyn tuotantomäärä (per päivä)	noin 540 t
Vedyn tuotantomäärä (per vuosi)	noin 200 000 t
Elektrolyysin veden kulutus (keskimäärin per tunti)	noin 230 m^3
Elektrolyysin veden kulutus (maksimi per tunti)	noin 460 m^3
Elektrolyysin veden kulutus (per päivä)	noin 5 500 m^3

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Laineen merituulivoimapuiston vedyn tuotannon tunnuslukuja	
Elektrolyysin veden kulutus (per vuosi)	noin 2 000 000 m^3
Vedenpudistuksen veden kulutus (per vuosi)	noin 4 000 000 m^3
Suolaisen prosessijäteveden määrä (per vuosi)	noin 2 000 000 m^3
Suolakuorma (per vuosi)	noin 6 600–11 000 t
Jäähdytysveden kulutus (per vuosi)	noin 200 000 000 m^3
Jäähdytyksen lämpökuorma (per vuosi)	12 000 TJ

Hankkeesta aiheutuu tarvetta muokata merenpohjaa oheisen seuraavan mukaisesti (Taulukko 2-2) mm. ruoppauksesta, vesipainepuhalluksesta vetyputken asentamisessa, keskitettyjen vetyasemien perustusten pohjien valmistelusta kiviaineskerroksilla sekä läjityksestä. Vetyputken kaivannon leveys on maksimissaan noin 3,5 metriä. Läjitysalueiden pinta-alat on esitetty vaihtoehdoittain aiemmin esitetyssä taulukossa (Taulukko 1-2). Vetyputken tarvitsema pinta-ala on pienempi kuin merikaapeleiden tarvitsema pinta-ala, jolloin vedyn tuotanto ja siirto eivät ylitä aiemmin esitettyä arviota koko hankkeen muokattavasta pinta-alasta.

Taulukko 2-2. Hankkeen vedyntuotannon ja -siirron enimmäismäärät ja niistä aiheutuvan pohjan muokkauksen pinta-alat ja ruoppausmäärät. Meriläjitysalueiden vaatima pinta-ala on esitetty taulukossa 1-2 .

Hankkeen toiminto	Enimmäismäärä (kpl) Enimmäispituus (m)	Tarvittava pohjan muokkauksen pinta-ala (ha)	Tarvittava ruoppausmäärä (m^3)
Tuulivoimalat (hajautettu vedyn tuotanto)	150 kpl	24,0 (painovoimaperustus)	2 000 000 – 2 200 000 (painovoimaperustus)
Keskitetty vedyn tuotanto	8 kpl	3,2 (painovoimaperustus)	(sisältyy tuulivoimalat -arvioon)
Hankealueen sisäinen vetyputki (hajautettu vedyn tuotanto)	150 kpl 271 000 m	95	(sisältyy tuulivoimalat -arvioon)
Hankealueen sisäinen vetyputki (keskitetty vedyn tuotanto)	1 kpl 35 000 m	12	(sisältyy tuulivoimalat -arvioon)
Vetyputki hankealueelta mantereelle	44 000 m	15,4	
Yhteensä		**150**	

Vedyn tuotantoa elektrolyysillä on kuvattu myöhemmin luvussa 2.4.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

2.3.1 Vedyn tuotanto hajautetusti tuulivoimalan tornin alaosassa

Tulevaisuudessa vetyä voidaan tuottaa suoraan tuulivoimalan tornin alaosassa. Elektrolyyserit ja muut komponentit asennetaan merikontteihin, jotka sijoitetaan torniin kiinnitettäville tasoille, kuten seuraavassa kuvassa (Kuva 2-4) on esitetty. Vedyn tuotanto ei muuta voimalan perustuksen kokoa. Vety johdetaan putkistojen avulla keskitettyyn paikkaan tuulivoimapuistossa, josta päävientiputkien kautta vety siirretään mantereelle.



Kuva 2-4. Esimerkki vedyn tuotannosta merituulivoimalan tornin alapäässä (Siemens-Gamesa 2021).

2.3.2 Vedyn tuotanto keskitetysti tuulivoimapuistoalueella sijaitsevalla asemalla

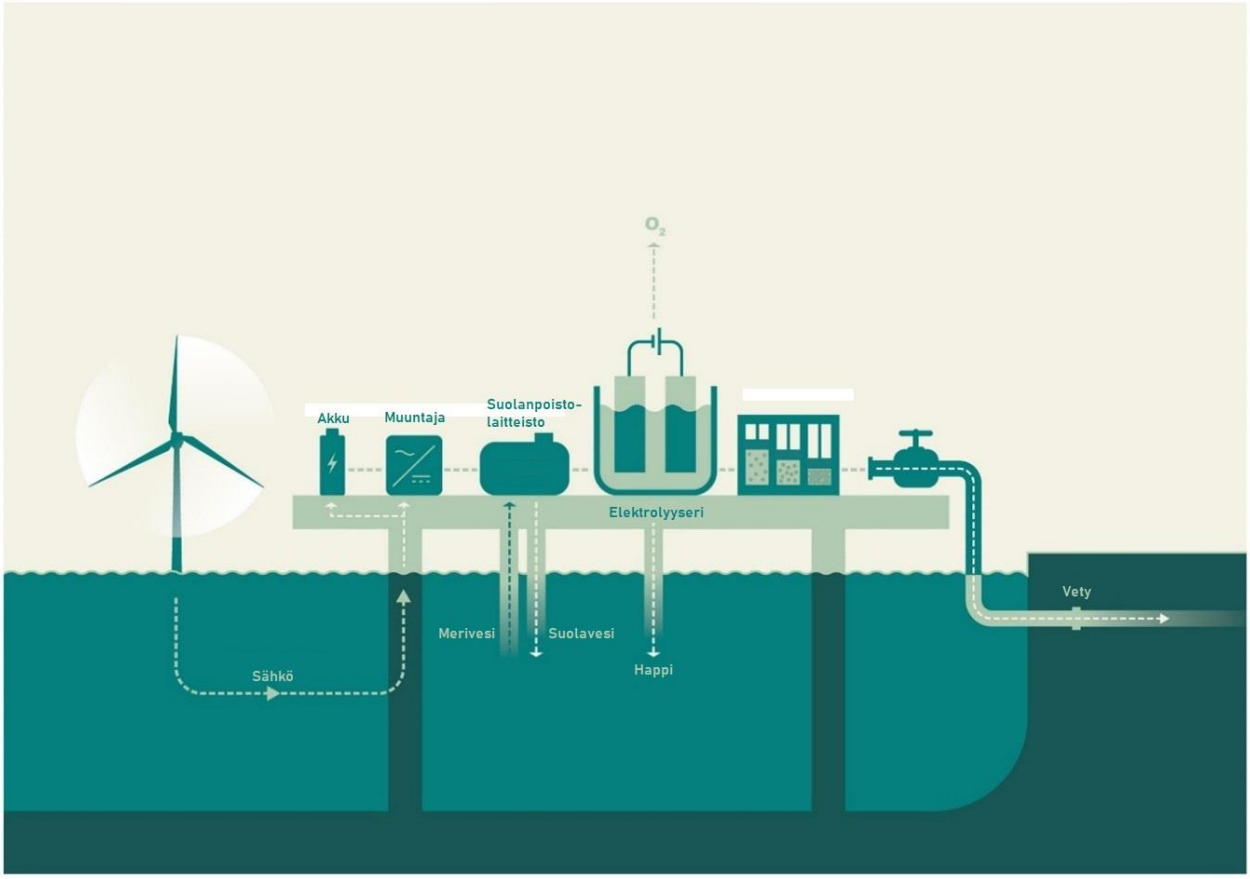
Laineen tuulivoimapuisto vaatisi noin 3–8 keskitettyä vedyntuotantoasemaa (asemien sijainti ks. Kuva 1-9). Vedyntuotantoaseman perustuksen koko vastaa merellä sijaitsevan sähköaseman perustusta. Aiemmin esitetyissä kuvissa on havainnollistettu esimerkkejä tyypillisistä merisähköasemista (Kuva 1-16 ja Kuva 1-17), jotka vastaavat rakenteiltaan keskitettyä vedyntuotantoasemaa.

2.4 Vedyn valmistus elektrolyysillä

2.4.1 Elektrolyyseri

Vedyn tuotantoon on useita erilaisia elektrolyysitekniikoita, joista osa on jo vakiintunut markkinoille ja osa on vielä kehitteillä. Elektrolyysitekniikoita tutkitaan jatkuvasti ja käytettävää teknologiaa tarkennetaan myöhemmässä suunnitteluvaiheessa. Elektrolyyserit ovat usein modulaarisia ja koostuvat useista moduuleista (Kuva 2-5), jotka edelleen koostuvat useista kennoista. Kukin kenno koostuu pelkistetysti anodista, katodista ja näiden välissä olevasta elektrolyytistä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 2-5. Elektrolyysilaitoksen prosessikaavio (OX2 2024).

Hankkeen vedyn tuotannossa voidaan hyödyntää useampaa tekniikkaa. Yksi mahdollinen vaihtoehto on käyttää PEM-elektrolyysiä (*Polumer Electrolyte Membrane*). Vaihtoehtoisena teknologiana on suunniteltu käytettävän alkalielektrolyysiä. Käytettävä teknologia varmistuu suunnittelun edetessä ja molempien tekniikoiden vaikutukset on arvioitu toisiaan vastaaviksi.

2.4.2 Vedyn tuotantoon liittyvät kemikaalit

Vedyn tuotannossa ja sen prosesseissa mahdollisesti tarvittavat kemikaalit ja niiden määrät tarkentuvat valittavien tekniikoiden mukaan suunnittelun edetessä. Alustavat kemikaalitiedot on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 2-3).

Taulukko 2-3. Alustavat arviot käytettävistä kemikaaleista ja niiden määristä.

Kemikaali	Kulutus per vuosi	Käyttö	Vaaraluokitus
Kaliumhydroksidi (KOH) (20–35 %)	2 930–18 000 t	Vedyn tuotanto	Met. Corr. 1, H290, Eye irri. H302, Skin Corr. 1A, H314
Natriumhydroksidi (NaOH)	34–68 t	Vesienkäsittely	Met. Corr. 1, H290 Skin Corr. 1A, H314 Eye Dam. 1, H318

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kemikaali	Kulutus per vuosi	Käyttö	Vaaraluokitus
Rikkihappo (H_2SO_4)	68–113 t	Vesienkäsittely	Met. Corr. 1, H290 Skin Corr. 1A, H314

Elektrolyysiin valittavasta teknologiasta riippuen elektrolyyserissä kemikaalina voidaan käyttää esim. kaliumhydroksidia (KOH). Kemikaalia ei varastoida tuotantoasemilla, mutta kemikaali on prosessissa jatkuvasti käytössä. Kemikaali ei kulu elektrolyysissä eikä siitä arvioida muodostuvan päästöjä normaalitilanteessa.

Vesienkäsittelyssä arvioidaan käytettävän vesienkäsittelyyn yleisimmin soveltuvia kemikaaleja kuten natriumhydroksidia ja rikkihappoa. Käytettävät kemikaalit ja niiden määrät tarkentuvat jatkosuunnittelussa ja luvituksessa.

Tuotantoasemilla käytetään inertisointiin typpeä, jota varastoidaan kaasumaisena pieniä määriä. Jäähdytysjärjestelmissä on käytössä tyypillisiä jäähdytysaineita, kuten glykolia, suljetuissa järjestelmissä.

Kaikki kemikaalit varastoidaan omissa säiliöissä ja varastoinnin yksityiskohdat tarkentuvat suunnittelun edetessä. Tarvittavat kemikaalit, niiden määrät, varastointi ja käyttö tullaan kuvaamaan tarpeellisilta osin seuraavissa lupavaiheissa. Kemikaalien varastointi tullaan suunnittelemaan turvallisuusmääräysten ja -vaatimusten mukaisesti huomioiden mm. asianmukaiset vuotosuojaukset.

2.4.3 Vedentarve ja -käsittely

Elektrolyysi tarvitsee vuosittain noin 4 miljoonaa kuutiometriä (milj. m^3) merivettä, josta prosessiveden tarve on noin 2 milj. m^3 tuulivoimapuiston tuottaessa pelkästään vetyä (Taulukko 2-1). Meriveden ottopaikka, kuten syvyys ja sijainti, valitaan tarkemmin myöhemmässä suunnitteluvaiheessa ympäristön kannalta optimaalisten olosuhteiden luomiseksi. On huomioitavaa, että elektrolyysin veden tarve vaihtelee tuotannon mukaan.

Elektrolyysissä käytettävä vesi puhdistetaan epäpuhtauksista elektrolyysereiden käyttöiän pidentämiseksi. Vedenpuhdistukseen voidaan hyödyntää esimerkiksi suodatusta tai suolanpoistoa. Meriveden puhdistamisella estetään esimerkiksi laitteiston korroosio ja mineraalien kertyminen elektrolyyseriin. Puhdistusprosessista saadaan tuotteena deionisoitua vettä (*demivesi*, ns. suolaton vesi) ja sivutuotteena prosessijätevettä, jossa on korkea suolapitoisuus. Tyypillisesti elektrolyysi vaatii demiveden laatuista vettä raaka-aineeksi, jossa on hyvin matala sähkönjohtavuus. Prosessivesi johdetaan elektrolyyseriin, kun taas korkeamman suolapitoisuuden omaava vesi johdetaan takaisin mereen.

Lisäksi vettä käytetään jäähdytykseen, jota on käsitelty luvussa 2.4.4

2.4.3.1 Meriveden puhdistaminen

Meriveden käsittelyssä poistetaan orgaaninen aines, liuenneet ionit sekä liukenematon kiintoaines. Vedenkäsittelyyn on olemassa erilaisia tekniikoita.

Vesienkäsittely koostuu yleensä useammasta välivaiheesta, joista ensimmäisessä poistetaan esim. suodattamalla suuremmat hiukkaset ja orgaaninen aines ja toisessa vaiheessa poistetaan veteen liuenneet ionit. Suolan poistamiseksi on olemassa erilaisia tekniikoita, joista yleisin on käänteisosmoosi. Tässä tekniikassa vesi johdetaan paineen avulla puoliksi läpäisevän kalvon läpi. Prosessi voidaan toistaa useamman kerran elektrolyysiä varten.

Toinen vedenkäsittelytekniikka, joka voi täydentää tai korvata käänteisosmoosin, on ioninvaihtokalvo. Tällöin vesi virtaa kalvon läpi, joka sisältää kationinvaihto- ja anioninvaihtoryhmiä. Nämä

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

ryhmät kykenevät sekä sitomaan ioneja vedestä tai vapauttamaan niitä veteen. Ioninvaihtokalvojen etuja verrattuna käänteisosmoosiin ovat muun muassa alhaisemmat energiavaatimukset ja mahdollisuus saavuttaa korkeampia virtausnopeuksia. Toisaalta ne voivat olla herkempiä likaantumiselle ja vaativat säännöllistä regenerointia tai kalvon vaihtoa. Myös muita vedenkäsittelymenetelmiä voidaan käyttää meriveden puhdistukseen, kuten elektrodialyysiä, haihdutusta tai tyhjiötislausta.

2.4.3.2 Puhdistettu prosessivesi ja prosessijätevesi

Vedenkäsittelyssä tuotetun prosessiin soveltuvan demiveden ja suolapitoisen prosessijäteveden suhde voi vaihdella. Useimmat nykyisin markkinoilla olevat elektrolyyserit tuottavat 45–65 % prosenttia prosessivettä ja 35–55 % prosessijätevettä.

Prosessivesi johdetaan elektrolyysereihin vedyn valmistukseen, kun taas prosessijätevesi johdetaan takaisin mereen. Prosessijäteveden hyödyntämistä, käsittelyä ja johtamista mereen tutkitaan ja kehitetään hankkeen suunnitelmien edetessä optimaalisten olosuhteiden luomiseksi ja ympäristövaikutusten minimoimiseksi. Esimerkiksi prosessijätevesi voidaan johtaa mereen yhdessä jäähdytysveden kanssa, jolloin suolapitoisuus laimenee vesien purkupaikalla entisestään.

Eri vedenkäsittelytekniikoille yhteistä on se, että ne tuottavat prosessijätevettä, jonka suolapitoisuus on korkeampi kuin ympäröivän meriveden. Prosessijäteveden määrä ja suolapitoisuus riippuvat valitusta tekniikasta ja niitä voidaan mukauttaa ympäristövaikutusten minimoimiseksi. Arvioidaan, että vesienkäsittelyssä merivedestä poistetaan noin 6 600–11 000 tonnia suolaa vuodessa. Poistettava suolan määrä riippuu esimerkiksi paikallisesta meriveden laadusta (kuten suolapitoisuudesta).

Elektrolyysissä muodostuvaa jäteveden määrään pyritään vaikuttamaan teknisillä ratkaisuilla, jotka tarkentuvat suunnittelun edetessä. Eri tekniikoita esim. prosessijäteveden määrän vähentämiseksi tai mahdollisuuksia vaikuttaa jäteveden laatuun tutkitaan ja tarkennetaan suunnittelun edetessä sekä hankkeen jatkoluvituksessa.

2.4.4 Jäähdytys

Elektrolyysiprosessissa syntyy lämpöä ja käyttölämpötilan optimoimiseksi laitteistoa tulee jäähdyttää. Sekä vesi- että ilmajäähdytystä tutkitaan. Yksi vaihtoehto on meriveden käyttö elektrolyyserien jäähdyttämiseen. Suurten lämpöhäviöiden vuoksi hukkalämmön hyödyntämismahdollisuuksia muissa osaprosesseissa tutkitaan, kuten esimerkiksi veden puhdistamisessa. Tarkemmat tiedot muodostuvasta lämmöstä sekä sen hyötykäyttömahdollisuuksista selvitetään osana hankkeen suunnittelua.

YVA-menettelyssä on oletettu prosessijäähdytyksen tapahtuvan vesijäähdytyksellä. Elektrolyysereiden jäähdytykseen vaaditaan arvioltaan enintään 200 miljoonaa tonnia merivettä vuosittain. Jäähdytyksen aikana jäähdytysveden lämpötila nousee arviolta noin 15 °C ottolämpötilaan verrattuna, mikä on arvioltaan noin 12 000 TJ lämpökuorman lisäys. Jäähdytysveden määrä ja lämpötila riippuvat valitusta tekniikasta, vallitsevista olosuhteista ja siitä, missä määrin lämpöä voidaan hyödyntää prosessin muissa osissa.

Elektrolyysin tarvitsemaa jäähdytyksen määrää pyritään vähentämään teknisillä ratkaisuilla, jotka tarkentuvat suunnittelun edetessä. Elektrolyysiprosessin jäähdytystä, kuten jäähdytysveden määrää ja lämpötilaa, ja siihen vaikuttavia teknisiä ratkaisuja käsitellään ja määritellään tarvittaessa hankkeen jatkoluvituksessa.

2.4.5 Happi

Elektrolyysiprosessi tuottaa vedyn lisäksi myös happea. Happea tuotetaan arvioltaan enimmillään noin 1 600 000 tonnia vuosittain (Taulukko 2-4). Elektrolyysiprosessissa syntyvä happi arvioidaan johdettavan ilmakehään, mutta hapen talteenottoa ja sen käyttökohteita tutkitaan hankkeen suunnittelun edetessä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 2-4. Arvioitu hapen tuotanto vedyntuotannossa.

Hapen tuotanto	Arvioitu vuosituotanto per tuotanto-asema (tonnia/vuosi)
Keskitetty vedyn tuotantoasema (3 kpl)	530 000
Keskitetty vedyn tuotantoasema (8 kpl)	200 000
Hajautettu vedyn tuotanto (150 kpl)	11 000
Arvio hankkeen tuottaman hapen määrästä yhteensä	**1 600 000**

2.4.6 Vedyn tuotantolaitoksen rakentaminen

Vedyn tuotantolaitokset rakennetaan tuulivoimaloiden asennuksen jälkeen joko tuulivoimaloiden torniin (hajautettu tuotanto) tai sähköaseman kaltaiselle rakennukselle (keskitetty tuotanto). Vedyn tuotantoasemien rakentamisen arvioidaan ajoittuvan samalle ajankohdalle tuulivoimapuiston rakentamisen kanssa. Hajautetussa vedyn tuotannossa elektrolyyserit rakennetaan pääasiassa modulaarisina kontteina voimaloiden torniin asennettavan alustan päälle. Vedyn tuotannon komponentit kootaan valmiiksi satamassa, jonka jälkeen ne kuljetetaan jokaiselle voimalalle erikseen asennettavaksi. Keskitetyn tuotannon rakentaminen vastaa pääosin merisähköaseman rakentamista. Tarvittavien konttien määrä, tuotantoon tarvittava muu laitteisto ja niiden rakenne tarkentuu suunnittelun edetessä.

2.4.7 Vedyn tuotantolaitosten toiminta, huolto ja kunnossapito

Vedyn tuotantolaitokset tarkastetaan ja tarvittaessa huolletaan arvioltaan 1–2 kertaa vuodessa sekä tarvittaessa esim. häiriö- tai poikkeustilanteessa.

Vedyn tuotannossa syntyy prosessin sivutuotteena happea, suolapitoista vettä meriveden puhdistuksesta sekä lämpöä. Elektrolyysissä käytettävä elektrolyytti vaihdetaan arvioltaan noin viiden vuoden välein. Käytetty liuos siirretään säiliöön ja edelleen mantereelle käsiteltäväksi. Lisäksi vedyn tuotantolaitoksessa muodostuu jätevesien käsittelyn jätteitä sekä pieniä määriä jäteöljyjä ja -rasvoja. Vedyn tuotannosta ei muodostu muuta käsiteltävää jätettä toiminnan aikana.

2.4.8 Vedyn tuotantolaitosten käytöstä poisto

Vedyn tuotannon käytöstä poisto vastaa rakentamisvaihetta ja sen vaikutuksia. Purkamiseen liittyvistä töistä aiheutuu mm. melua ja tärinää sekä liikenteen määrän lisääntymistä mantereelta hankealueelle. Vedyn tuotannon purkamisen arvioidaan kestävän suunnilleen yhtä kauan kuin tuulivoimaloiden purkaminen, jolloin käytöstä poiston vaikutukset ovat väliaikaisia ja ajallisesti lyhytkestoisia. Vedyn tuotantolaitosten purkamisessa huomioidaan mahdollisissa luvissa, kuten vesiluvassa, asetetut määräykset toiminnan lopettamiseen liittyen.

2.5 Vedyn siirto

Hankkeen vedynsiirto koostuu tuulivoimapuiston alueelta rannikolle vievästä vientiputkesta sekä hajautetun vedyntuotannon konseptissa puiston sisäisestä putkiverkosta. Hajautetussa tuotannossa sisäinen putkiverkko yhdistyy merellä sijaitseville keräysasemille, joilta putki jatkuu

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

edelleen rantaan. Keskitetyssä vedyn tuotannossa tuulivoimaloilta siirretään sähköä vedyn tuotantoasemille ja vety viedään asemilta vientiputkilla rantaan. Vetyputkisto voidaan rakentaa teräs-, komposiitti- tai muoviputkista.

Teräsputkisto rakennetaan tehdasvalmisteisista moduuleista, jotka liitetään yhteen pitkittäishitsatuilla liitoksilla. Putken sisäpinta käsitellään kitkaa vähentävällä pinnoitteella ja ulkopinta korroosiota estävällä pinnoitteella. Putken ympärille valetaan yleensä myös betonipinnoite.

Joustavarakenteiset muovi- ja komposiittiputket ovat toinen hyvin meriolosuhteisiin soveltuva materiaali. Putket ovat kevyitä, ja pienen taivutussäteensä vuoksi niiden asennus ja kuljetus on merkittävästi helpompaa teräsputkiin verrattuna. Putket ovat kevyitä, joten asentamiseen voidaan tarvita painoja tai ankkurointia. Vetyputken tyypillinen ulkohalkaisija on noin 60 cm. Alla on esitetty joustavan putken asennus merenpohjaan (Kuva 2-6) sekä erään komposiittiputkenrakenne (Kuva 2-7). Vetyputken asennukseen soveltuvat myös merikaapelien eri asennustavat, jotka on esitelty luvussa 1.6. Asennustapa valitaan riippuen mm. putken tyypistä ja merenpohjan geologiasta.



Kuva 2-6. Joustavan vetyputken asennus. Oikeanpuoleisessa kuvassa putken ympärille on lisätty painot (SoluForce 2023).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 2-7. Joustavan ja kaasutiiviin putken rakenne (SoluForce 2023).

2.5.1.1 Vetyputkiston rakentaminen

Vetyputki rakennetaan mereltä mantereelle esim. vedyn varastointisäiliöön asti. Vetyputken pituus on noin 37,8 km ja putken halkaisija on noin 60 cm. Vetyputken kaivannon leveys on enintään noin 3,5 metriä. Vetyputken rakentaminen koostuu putkikaivannon valmistelusta ja rakentamisesta sekä putken asennuksesta. Putkikaivannon valmistelu sisältää merenpohjan muokkaustoimet, jotta putki voidaan laskea niin, ettei putkiprofiiliin muodostu ylimääräistä rasitusta tai jännitystä. Muokkaustoimet toteutetaan paikallisesti esim. ruoppauksena tai kiviaineksen kasaamisena. Kiviaineksen kasauksella pyritään myös tukemaan ja suojamaan putkilinjaa tarvittavilta osin. Vetyputken rakentaminen voi vaatia putken suojausta riippuen paikallisista olosuhteista. Vetyputken osalta arvioidaan, että tarvittava murskemäärä ei ylitä merikaapeleille arvioitua murskemäärää. Putkenlasku on jatkuva prosessi, jossa putken osat yhdistetään toisiinsa kiinni ennen merenpohjaan laskua.

Vetyputken suojaukseen tarvittava murskemäärä on vähäisempi kuin merikaapeleiden suojaukseen tarvittava määrä. Määrien arvioinnissa on oletettu, että vetyputki tulee suojata rannalta katsottuna siihen asti, missä veden syvyys on vähemmän kuin 15 metriä, mutta tarvittaessa putkisto voidaan joutua suojamaan myös muutoin. On kuitenkin arvioitu, että 15 metriä syvemmissä olosuhteissa ei olisi tarvetta vetyputken suojaukselle kiviaineksella. Putki voidaan suojata myös upottamalla se merenpohjan sisään. Vetyputken osalta ei ylitetä aiemmassa taulukossa (Taulukko 1-3) esitettyä arviota tarvittavasta murskemäärästä merikaapeleille.

Putken asennustapoja rantautumisalueella on useita. Vetyputken asennus kallioiselle alueelle on mahdollista esimerkiksi vaakasuuntaisella suuntaporauksella. Toinen vaihtoehto on avoimen ojan kaivaminen kaapelikaivannon tapaan. Vaihtoehtoisesti rantautuminen voidaan toteuttaa rakentamalla laituri tai silta ranta-alueen ylittämiseksi. Rantautumispaikan vaatima leveys on noin 20 metriä. Jos asennuksessa käytetään avointa ojaa, alue maisemoidaan rakentamisen jälkeen.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Putkilinjan alueella ajoneuvojen käyttö ja metsänkasvatus on rajoitettua. Putkilinjan rantautumisalue sekä linjan alue mantereella on pidettävä puuttomana.

Vetyputkien rantautumisen osalta tarkastellaan neljää vaihtoehtoista aluetta (Kuva 1-1).

Vetyputken kolme vaihtoehtoa VVE2, VVE3a ja VVE3b sijoittuvat Pietarsaaren sataman Alholmenin alueen ympärille, joka sijaitsee noin 30 kilometriä merituulivoimapuiston itäpuolella. Alueella on olemassa olevaa muuta teollista toimintaa. Alueella on mahdollista tehdä yhteistyötä eri toimijoiden välillä esim. vedyn jatkojalostamiseksi muiksi polttoaineiksi.

Vetyputken rantautumisvaihtoehto VVE1 sijaitsee Uudenkaarlepyyn Kanäsin sataman alueella. Kanäs sijaitsee noin 40 kilometriä merituulivoimapuistosta kaakkoon. Kanäsin alue on ollut aikaisemmin teollisessa käytössä.

2.5.1.2 Meriläjitys

Lähtökohtaisesti vetyputken osalta ruoppaustarpeet ovat arviolta enintään yhtä suuret kuin sähkönsiirtokaapelien kohdalla. Sedimenttien läjityksien osalta käytettäisiin hankkeen suunniteltuja läjitysvaihtoehtoja. Vetyputken asennustavat ovat lähtökohtaisesti samoja kuin sähkönsiirtokaapeleiden osalta. Ruoppausmäärät eivät kuitenkaan ylitä sähkönsiirtokaapeleille arvioitujaruoppausmääriä, sillä yksittäinen vetyputki voi siirtää koko potentiaalisen vedyn tuotannon, kun taas sähkönsiirtoon tarvitaan siirtokaapeleita enintään 10 kappaletta (Taulukko 1-2).

2.5.2 Vetyputkiston toiminta, huolto ja kunnossapito

Vetyputkiston turvallisuuden varmistamiseksi laaditaan käyttö- ja turvallisuusjärjestelmä, jolla varmistetaan esim. putkiston hallinta ja mahdollisten kaasuvuotojen havaitseminen. Vetyputkistolle tehdään suunniteltuja huolto- ja säännöllisiä tarkastuskäyntejä voimassa olevan lainsäädännön ja muiden vaatimusten mukaisesti. Mikäli vetyputkistoon tehdään laajamittaisia huoltotoimia, ajoitetaan ne talvikuukausien ulkopuoliselle ajalle. Vedyn siirtoputkistosta ei arvioida aiheutuvan jätteitä normaalitilanteessa.

2.5.3 Vetyputkiston käytöstä poisto

Toiminnan päätyttyä vetyputki ja sen rakenteet ensisijaisesti kaivetaan ylös, nostetaan merestä ja viedään mantereelle kierrätettäväksi. Samoin toimitaan myös rantautumisalueiden ja mantereen osalta. Toissijaisena vaihtoehtona on jättää putki paikalleen, jos se nähdään viranomaisten puolelta soveltuvana vaihtoehtona. Putken poistaminen vastaa toimiltaan putken rakentamista.

2.6 Vedyn varastointi

Tässä YVA-selostuksessa arvioidaan vedyn varastointia mantereella. Vetyä varastoidaan yleensä paineistettuna tai nestemäisenä. Nestemäisen vedyn varastointi vaatii vedyn jäähdyttämisen noin -253 °C asteeseen. Tällä hetkellä vedyn mahdollisia varastointitapoja ovat mm. paineistetut vetysäiliöt ja pallomaiset eristetyt säiliöt. Seuraavassa taulukossa (Taulukko 2-5) on esitetty vedyn tunnuslukuja. Vedyn varastointia ja sen vaikutusten arviointia on kuvattu tarkemmin YVA-selostuksen B osassa.

Taulukko 2-5. Vedyn tunnuslukuja.

Vedyn ominaisuus	
Vedyn tiheys (10 °C:ssa)	0,09 g/dm^3
Nestemäisen vedyn tiheys	71 g/dm^3
Kaasun ja nesteen suhdeluku	Noin 800 kertaa

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

2.6.1 Paineistettu vety

Yleisin tapa varastoida vetyä on paineistetut vetysäiliöt. Vedyn paineistaminen ennen varastointia vähentää varastosäiliöiden määrää ja siten varastointiin tarvittavaa pinta-alaa.

Suurimmat arvioidut varastosäiliöt ovat halkaisijaltaan noin 3 metriä ja korkeudeltaan noin 14 metriä, kun vetyä varastoidaan 15 °C lämpötilassa. Tarvittavan tilantarpeen vähentämiseksi on mahdollista käyttää pystysäiliöitä. Vedyn varastointi ilmankehän paineessa vaatisi erittäin suuria varastointitiloja, joten vety paineistetaan noin 150–700 barin paineeseen varastointitavasta riippuen.

Seuraavassa taulukossa on esitetty esimerkkitietoja paineistetusta vetysäiliöstä.

Taulukko 2-6. Esimerkkitietoja paineistetusta vetysäiliöstä.

Vetysäiliö	Arvot
Korkeus	14 m
Halkaisija	3 m
Tilavuus	99 m^3
Tarvittava pinta-ala	16 m^2
Varastointikapasiteetti 1bar paineessa	8,9 kg
Varastointikapasiteetti 350 bar paineessa	3 100 kg

Paineistettu vety vaatii esimerkiksi 2 GW varaston osalta 12 tunnin tuotannon varastokapasiteetiksi noin 100 kappaletta vetysäiliöitä. Tarvittava pinta-ala olisi tällöin noin 10 000 m^2. Vedyn varastointialue aidataan.

2.6.2 Nestemäinen vety

Vedyn varastointiin tarvittavaa pinta-alaa voidaan vähentää varastoimalla vetyä nestemäisessä muodossa. Tällöin vedyn tiheys on noin 790 kertaa suurempi kuin vastaavan vetymäärän tiheys ilmakehän paineessa. Vetyä säilytetään alle -253 ^oC:n lämpötilassa pallomaisessa varastointisäiliössä, jonka kaksoisseinät on eristetty tyhjiöllä (Kuva 2-8).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 2-8. Kuva vedyn varastoinnista nestemäisessä muodossa (Kawasaki Heavy Industries 2024).

2.7 Turvallisuus

Turvallisuusriskien varhainen havainnointi ja huomioon ottaminen on keskeistä koko suunnittelun aikana. Hankkeen YVA-menettelyn yhteydessä tehty ympäristöriskienarviointi on esitetty luvussa 20. Pelastuslaki (379/2011) velvoittaa toiminnanharjoittajaa omatoimiseen varautumiseen (14 §):

- Ehkäistävä tulipalojen syttymistä ja muiden vaaratilanteiden syntymistä
- Varauduttava henkilöiden, omaisuuden ja ympäristön suojaamiseen vaaratilanteissa
- Varauduttava tulipalojen sammuttamiseen ja muihin sellaisiin pelastustoimenpiteisiin, joihin ne omatoimisesti kykenevät
- Ryhdyttävä toimenpiteisiin poistumisen turvaamiseksi tulipaloissa ja muissa vaaratilanteissa sekä toimenpiteisiin pelastustoiminnan helpottamiseksi

Edellä mainitut velvoitteet on huomioitu tarpeellisilta osin YVA-menettelyssä tehdyssä riskinarvioinnissa. Velvoitteet huomioidaan hankkeen jatkosuunnittelussa ja toiminnan suunnittelussa varaudutaan mahdollisiin poikkeus- ja vaaratilanteisiin.

Seuraavissa luvuissa on esitelty vedyn tuotantoprosessissa, siirrossa ja varastoinnissa huomioon otettavia riski- ja turvallisuustekijöitä.

2.7.1 Vety

Vety on hyvin kevyt kaasu. Tämän takia onnettomuustilanteissa vety voi nousta korkealle ilmaan, jolloin siitä ei aiheudu vaikutuksia ympäristöön. Vety on kuitenkin erittäin helposti syttyvä kaasu, jonka takia poikkeustilanteissa vety voi syttyä, jos lähellä kaasuvuotoa on lämmönlähde. Korkeassa paineessa vety voi syttyä myös itsestään ilman ulkoista syttymisen lähdettä.

Vetykaasu voi syttyä palamaan eri tavoin riippuen syttymisajankohdasta, vuototyypistä ja liekistä. Jatkuvan vetypäästön syttyessä voi syntyä suihkuliekki, jonka koko riippuu esimerkiksi paineesta ja vuotoreiän koosta. Suuren vetymäärän syttyessä kerralla kaasu voi palaa räjähdysmäisesti.

Vetykaasun palaminen voi aiheuttaa ihmisiin kohdistuvia vaikutuksia palamisessa syntyvän lämpösäteilyn myötä. Räjähdyksistä syntyvät paineaallot voivat myös aiheuttaa materiaalivahinkoja, kuten vahinkoa laitoksen rakenteisiin.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

2.7.1.1 Elektrolyyserit ja kompressorit

Elektrolyysissä vesi hajotetaan tuulivoimaloiden tuottaman sähkön avulla vedyksi ja hapeksi. Elektrolyyserissä vetykaasu on normaalissa ilmakehän paineessa. Elektrolyysin osalta riskiksi on tunnistettu mahdolliset vetyvuodot. Vedyn käyttö laitoksen eri osissa vaatii vedyn paineistusta. Tämä tehdään laitoksessa sijaitsevilla kompressoreilla, jotka puristavat vetykaasun haluttuun paineeseen, jonka jälkeen vety kuljetetaan tai varastoidaan putkissa. Kompressoreissa riskit ovat samanlaisia elektrolyysereiden kanssa, mutta korkeamman paineen takia vaikutukset voivat olla merkittävämpiä.

Elektrolyysereistä ja kompressoreista aiheutuvien vetyvuotojen on arvioitu aiheuttavan vahinkoja, joilla voi olla paikallisia vaikutuksia laitoksen huoltohenkilöstöön tai aluksilla oleviin ihmisiin. Vuodosta voi syntyä suihkuliekki tai räjähdys. Syttymättömän vuodon odotetaan nousevan ja laimenevan nopeasti ympäristöön.

2.7.1.2 Varastointi

Mekaaniset iskut tai tulipalot voivat aiheuttaa säiliön rikkoontumisen ja johtaa edelleen suuriinkin vuotoihin. Mekaanisia iskuja voi aiheutua esimerkiksi aluksen törmäämisestä.

Mahdollisia onnettomuustilanteita ovat suihkuliekit ja kaasupilvien räjähdykset, mikäli kaasu syttyy viiveellä. Vetykaasun varastoinnin onnettomuustilanteissa ei arvioida ilmenevän kiehuvan nesteen tai höyryn laajenemisesta aiheutuvaa paineennousua ja siitä seuraavaa varastosäiliön rikkoontumista (*Boiling liquid expanding vapour explosion*, BLEVE). Paineistettu säiliö voi myös aiheuttaa riskin, jos säiliön paine nousee esimerkiksi ulkoisen lämmittämisen seurauksena. Paineen kasvusta voi seurata esimerkiksi varastosäiliön räjähdys.

2.7.1.3 Putkistot

Merellä sijaitsevassa vedyn tuotannossa on toteutuskonseptista riippumatta puiston sisäisiä yksittäisiä ja keskitettyjä vientiputkia. Putkien hajoaminen voi aiheuttaa vaikutuksia ympäristölle ja ihmisille onnettomuuspaikan välittömässä läheisyydessä. Pienet vuodot voivat johtua esimerkiksi vuotavista putkikytkennöistä, riittämättömästä kunnossapidosta tai putkiston virheellisistä asennuksista.

Suuremmilla vuodoilla, kuten putkien rikkoutumisilla, katsotaan olevan merkittäviä seurauksia paikallisesti mutta myös kauempana onnettomuuspaikasta. Suuret vuodot voivat johtua ulkoisista mekaanisista iskuista, kuten esimerkiksi meriliikenteestä tai huoltotöistä. Suuret putkivuodot voivat noustessaan pintaan aiheuttaa merenpinnan yläpuolella ilmakehässä suihkuliekkejä. Merenpinnan alapuolella vuodot muodostavat vetykuplia, jotka ilmaan siirtyessään muodostavat kaasupilviä. Kaasupilvet voivat syttyessään aiheuttaa räjähdyksiä.

2.7.2 Happi

Elektrolyysissä syntyy sivutuotteena myös happea, joka on normaalilämpötilassa ja -paineessa (20 °C, 1 bar) kaasumaista. Toisin kuin vety, happi ei ole palava kaasu ja ei täten aiheuta yksinään tulipalon vaaraa. Happi on kuitenkin hapettava kaasu, jolloin se voi edistää käynnissä olevia tulipaloja.

Hapen kannalta oleellisimpia riskejä ovat seuraavat:

- Happi voi edistää ympäristössä käynnissä olevaa tulipaloa.
- Runsas happi reagoidessaan öljyn tai rasvan (esim. voimaloiden öljyn tai muuntajaöljyn) kanssa voi aiheuttaa tulipalon tai jopa räjähdyksen.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

2.7.3 Vedenalaiset kaasuputket

Merituulivoimapuiston putkiverkosto muodostuu pääosin sisäisestä vedyn siirtoputkistosta, kun hankkeessa vedyn tuotanto on hajautettu, sekä merituulivoimapuiston alueelta mantereelle johtavista siirtoputkista. Vedyn siirtoputket sijoitetaan merenpohjaan aina rantautumispisteelle asti.

Vedenalaisten siirtoputkien vuodot aiheuttavat vedyn pääsyn meriveteen ja edelleen ilmakehään. Pienten vuotojen esiintymistodennäköisyys on arvioitu suuremmaksi kuin suurien vuotojen, mutta onnettomuustilanteissa suurien vuotojen vaikutukset ovat todennäköisesti merkittävämpiä. Mahdollisia syitä vedenalaisessa vetyputkistossa tapahtuviin suuriin vuotoihin voivat olla seuraavat seikat:

- Alusten virheellinen tai huolimaton ankkurointi
- Putkistojen virheellinen kunnossapito
- Virheellinen tai huolimaton pohjatroolaus
- Ilkivalta

Vuodon sattuessa kaasu nousee veden pinnalle, jossa se voi muodostaa syttyvän kaasupilven ennen leviämistä ilmaan. Jos alus kulkee kaasupilven läpi, aluksella oleva syttymislähde voi sytyttää kaasupilven ja aiheuttaa tulipalon tai räjähdyksen. Suuri vedenalainen kaasupäästö synnyttää myös kaasukuplia, jotka voivat aiheuttaa paikallisia tiheyseroja veteen ja heikentää veden kelluttavuutta, jolloin kaasupäästön alueella oleva alus voi upota.

2.7.4 Tulipalot

Vety on herkästi syttyvä aine, jolloin sen käsittelyyn liittyy ilmeinen riski tulipalon syttymiselle ja/tai leviämiselle. Suuri tulipalo voi johtaa suuren savumäärän leviämiseen ympäristöön.

Suuret tulipalot voivat aiheuttaa suuronnettomuuden hankealueella, mikäli tulipalo pääsee leviämään tuotantoyksiköistä toiseen. Laajamittainen tulipalo voi aiheuttaa esimerkiksi vetysäiliön ulkopuolisen lämmön nousun, jonka seurauksena säiliön paine nousee ja voi edelleen aiheuttaa säiliön rikkoutumisen.

2.7.5 Suuronnettomuudet

Vetyputkistossa voi aiheutua suuronnettomuus, jossa paikallisesti esiintynyt poikkeustilanne pääsee leviämään hallitsemattomasti tuotantolaitoksen sisä- tai ulkopuoliselle alueelle aiheuttaen esimerkiksi vetyvuodon, tulipalon tai räjähdyksen. Tällöin riskinä on paikallisen onnettomuuden muuttuminen suuronnettomuudeksi, johon johtavia tilanteita voivat olla esimerkiksi seuraavat riskit:

- Suuri, vetyputkessa tapahtuva tai vetypilven viivästynyt syttyminen voi aiheuttaa vahinkoa viereisille vedyn tuotantolaitoksille ja/tai tuulivoimaloille. Nämä vauriot voivat puolestaan johtaa edelleen uusiin vetyvuotoihin sekä vedyn syttymiseen ja siten useampien viereisten voimaloiden ja/tai vedyn tuotantolaitosten vaurioitumiseen.
- Laitoksessa tapahtuva suuri poikkeustilanne, esimerkiksi vetyvuoto voi vaikuttaa ohikulkeviin aluksiin ja aiheuttaa onnettomuuden.
- Tulipalo ja samanaikainen runsas happivuoto voivat vahingoittaa esim. vetyä kuljettavia putkistoja, mikä voi johtaa vetyvuotoon ja edelleen aiheuttaa räjähdyksiä. Tämä puolestaan voi vaurioittaa läheisiä rakenteita, kuten tuulivoimaloita.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

3 YHDYSKUNTARAKENNE JA MAANKÄYTTÖ

YHTEENVETO

- Talousvyöhykkeellä ei sovelleta alueidenkäyttölakia (752/2023) (entinen maankäyttö- ja rakennuslaki) muuten kuin merialuesuunnittelua koskevaa 8 a-lukua (Laki Suomen talousvyöhykkeestä 1058/2004). Laineen merituulivoimahankkeen toteuttaminen ei edellytä tuulivoimarakentamisen mahdollistavan osayleiskaavan laatimista merituulivoimapuiston osalta. Merikaapelien ja vetyputken sijoittaminen aluevesille ei myöskään edellytä kaavoitusta. Mikäli merikaapeli tai vetyputki sijoittuu oikeusvaikutteisella asemakaava- tai yleiskaava-alueelle kaavan sisällön ja tavoitteiden kanssa ristiriitaisesti, voi olla tarve kaavamuutokselle.
- Merituulivoimapuiston rakentamisen myötä Suomen talousvyöhykkeen vesialueelle sijoittuu merituulivoimaloita sekä mahdollisesti vedyntuotantoasemia ja näihin liittyviä toimintoja, kuten merikaapeleita, vetyputkia ja sähköasemia. Merituulivoimapuiston alue on osin merialuesuunnitelmassa osoitetun energiantuotantoalueen mukainen ja osalle hankealuetta on osoitettu merenkulun alueita. Hankkeen jatkosuunnittelussa on turvattava meriliikenteen toimintaedellytykset.
- Kaikki merikaapeli-/vetyputkireittivaihtoehdot sijoittuvat aluevesille. Voimassa olevassa maakuntakaavassa ei niiden reiteille ole osoitettu tuulivoimaloiden alueita, mutta merikaapeli- ja vetyputkivaihtoehdot MVE2, MVE3, MVE4/VVE2 ja MVE5/VVE3 sijoittuvat osin maakuntakaavaehdotuksessa osoitetulle tuulivoimaloiden alueelle (tv-2). Energiansiirron reittien vaihtoehdot tai hankkeen vaihtoehtoiset meriläjitysalueet eivät estä vireillä olevan maakuntakaavan toteuttamista, mutta tuulivoimahankkeiden jatkosuunnittelussa on yhteensovitettava Laineen hankkeen energiasiirtoreitit.
- Suunnitellut merikaapeli/vetyputkireittivaihtoehdot MVE1/VVE1 sijoittuvat osittain oikeusvaikutteiselle yleiskaava-alueelle Uudessakaarlepyyssä. MVE2 sijoittuu rantakaavan alueelle Uudessakaarlepyyssä ja MVE4/VVE2 asemakaavan alueelle Pietarsaaressa. MVE3 ja MVE5/VVE3 sijoittuvat Pietarsaaressa oikeusvaikutuksettoman yleiskaavan alueelle, josta on yleiskaavaehdotus vireillä. Merenpohjaan asennettavien merikaapeleiden tai vetyputken maankäyttövaikutukset reittien vesialueilla ovat vähäisiä ja rakentamisenaikaisia. Merkittävimmät maankäyttövaikutukset kohdistuvat reittivaihtoehtojen rantautumispaikoille.
- MVE1a/VVE1 rantautumispaikka sijoittuu olemassa olevan satama-alueen yhteyteen. Kyseiselle alueelle on maakuntakaavaehdotuksessa osoitettu myös teollisuusaluemerkintä. MVE1b rantautumispaikka sijoittuu osayleiskaavassa osoitetulle loma-asunnon rakennuspaikalle (RA-1) ja siltä osin hanke edellyttää kaavasta poikkeamista.
- MVE2a rantautumispaikalla sähkönsiirtoreitti sijoittuu venevalkaman kohdalle. Maankäyttövaikutukset ovat vain rakentamisenaikaisia, mikäli venevalkaman toiminta voi jatkua kaapelikaivantojen alueella jatkossa. Vaihtoehdon MVE2b rantautumispaikkaa tulisi jatkosuunnittelussa tutkia sijoitettavaksi etelämmäksi rantakaavan M-alueelle, jotta loma-asuntoalueen eteläisimpään rakennuspaikkaan ja kaavassa osoitettuun uimaranta-alueeseen kohdistuvia vaikutuksia voitaisiin lieventää.
- MVE3 rantautumispaikka sijoittuu oikeusvaikutuksettoman yleiskaavan kaupunkipuiston alueelle. Sähkönsiirtoreitti ei estä alueen käyttöä. Jatkosuunnittelussa on otettava huomioon rantautumiskohdan luontoarvot.
- MVE4 rantautumispaikka edellyttää asemakaavamuutosta, sillä voimassa olevassa kaavassa osoitettu pienvenetelakka ei voisi hankkeen myötä kokonaisuudessaan toteutua. Jatkosuunnittelussa on myös otettava huomioon alueella sijaitseva pumppaamo ja sen purkuputki.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

- MVE5/VVE3 vaihtoehtojen rantautumispaikat sijoittuvat oikeusvaikutuksettoman yleiskaavan kaupunkipuiston alueelle ja vireillä olevassa yleiskaavassa alueet on osoitettu säilytettävänä virkistysalueena. Jatkosuunnittelussa on otettava huomioon myös alueen kulttuuriympäristön arvot.
- Hanke toteuttaa valtakunnallisia alueidenkäyttötavoitteita erityisesti hyödyntämällä merialuesuunnitelmassa tunnistettua tuulivoimapotentiaalia ja sijoittamalla voimalat keskitetysti.

3.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Selvitettäessä vaikutuksia yhdyskuntarakenteeseen ja alueidenkäyttöön tutkittiin hankkeen suhdetta sekä nykyiseen että suunniteltuun tilanteeseen. Arviointia varten selvitettiin rantautumisalueiden voimajohtoreittejä ja niiden lähiympäristöä koskevat ajantasaiset tiedot (maaliskuu 2024) nykyisestä maankäytöstä, voimassa olevista kaavoista ja suunnitellusta maankäytöstä.

Arvioitaessa vaikutuksia yhdyskuntarakenteeseen ja maankäyttöön tutkittiin hankkeen vaikutuksia eri aluetasoilla: onko hankkeen toteuttamisella vaikutuksia seudun aluerakenteeseen, alueen yhdyskuntarakenteeseen, hankealueen lähiympäristön maankäyttöön tai yksittäisiin kohteisiin välittömällä vaikutusalueella. Vastaavasti tutkittiin hankkeen suhdetta voimassa ja vireillä oleviin kaavoihin, muihin maankäytön suunnitelmiin, valtakunnallisiin alueidenkäyttötavoitteisiin ja merialuesuunnitteluun sekä Metsähallituksen luonnonvarasuunnitelmaan.

Hankkeen maankäyttövaikutukset voivat olla joko välittömiä tai välillisiä. Hanke saattaa aiheuttaa ympäristössä sellaisia muutoksia, jotka vaikuttavat nykyiseen maankäyttöön tai muuttavat tulevan maankäytön suunnitteluun liittyviä lähtökohtia tai reunaehtoja. Välillisiä vaikutuksia voi periaatteessa syntyä esimerkiksi ympäristön häiriötekijöiden muutoksista, muun muassa melusta. Osana arviointia tarkasteltiin hankkeen rakentamista rajoittavat vaikutukset. Mahdolliset maankäytön ristiriidat ja kaavojen muutostarpeet osoitettiin ja kuvattiin.

Vaikutusten arvioinnin selostusvaiheessa tarkistettiin kaavatilanteen kuvauksen ajantasaisuus sekä tarvittaessa nykytilan ja kaavatilanteen kuvausta päivitettiin arviointiohjelmasta saadun palautteen perusteella. Arvioinnissa kiinnitettiin huomioita vaikutusten merkittävyyteen ja arviointia varten laadittiin havainnollistavaa kartta-aineistoa.

Tässä YVA-selostuksen osassa A keskitytään merituulivoimapuiston, sen sisäisen sähkönsiirron ja merisähköasemien, vedyntuotannon ja siihen liittyvän siirtoputkiston, merellä sijaitsevien läjitysalueiden sekä merelle sijoittuvien energiasiirtoreittien ja niiden rantautumispaikkojen vaikutusten arviointiin. Mantereella tapahtuvat sähkönsiirron vaikutukset on arvioitu YVA-selostuksen erillisessä osassa B.

Vaikutukset selvitettiin asiantuntija-arviona, jonka teki kokenut alueidenkäytön asiantuntijaryhmä.

3.2 Nykytila

3.2.1 Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet

Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet ovat osa alueidenkäyttölain mukaista alueidenkäytön suunnittelujärjestelmää. Valtioneuvosto päätti valtakunnallisista alueidenkäyttö-tavoitteista 14.12.2017 ja ne tulivat voimaan 1.4.2018. Päätöksellä valtioneuvosto korvasi valtioneuvoston vuonna 2000 tekemän ja 2008 tarkistaman päätöksen valtakunnallisista alueidenkäyttötavoitteista.

Alueidenkäyttötavoitteiden tehtävänä on muun muassa auttaa saavuttamaan alueidenkäyttölain ja alueidenkäytön suunnittelun tavoitteet, joista tärkeimmät ovat hyvä elinympäristö ja kestävä kehitys. Alueidenkäyttölain mukaan tavoitteet on otettava huomioon ja niiden toteuttamista on

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

edistettävä maakunnan suunnittelussa, kuntien kaavoituksessa ja valtion viranomaisten toiminnassa.

Tavoitteet jakautuvat viiteen kokonaisuuteen, jotka ovat:

- Toimivat yhdyskunnat ja kestävä liikkuminen
- Tehokas liikennejärjestelmä
- Terveellinen ja turvallinen elinympäristö
- Elinvoimainen luonto- ja kulttuuriympäristö sekä luonnonvarat
- Uusiutumiskykyinen energiahuolto

Uusiutumiskykyisen energianhuollon tavoitteiden taustalla on Suomen ilmasto- ja energiapolitiikka, jonka vuoksi alueidenkäytössä on tarpeen varautua uusiutuvan energiantuotannon merkittävään lisäämiseen sekä tuulivoimapotentiaalin laajamittaiseen hyödyntämiseen. Tavoitteiden mukaan tuulivoimalat sijoitetaan ensisijaisesti keskitetysti usean voimalan yksiköihin. Tavoitteiden mukaan turvataan valtakunnallisen energiahuollon kannalta merkittävien voimajohtojen ja kaukokuljettamiseen tarvittavien kaasuputkien linjaukset ja niiden toteuttamismahdollisuudet. Tavoitteiden mukaan voimajohtolinjauksissa hyödynnetään ensisijaisesti olemassa olevia johtokäytäviä.

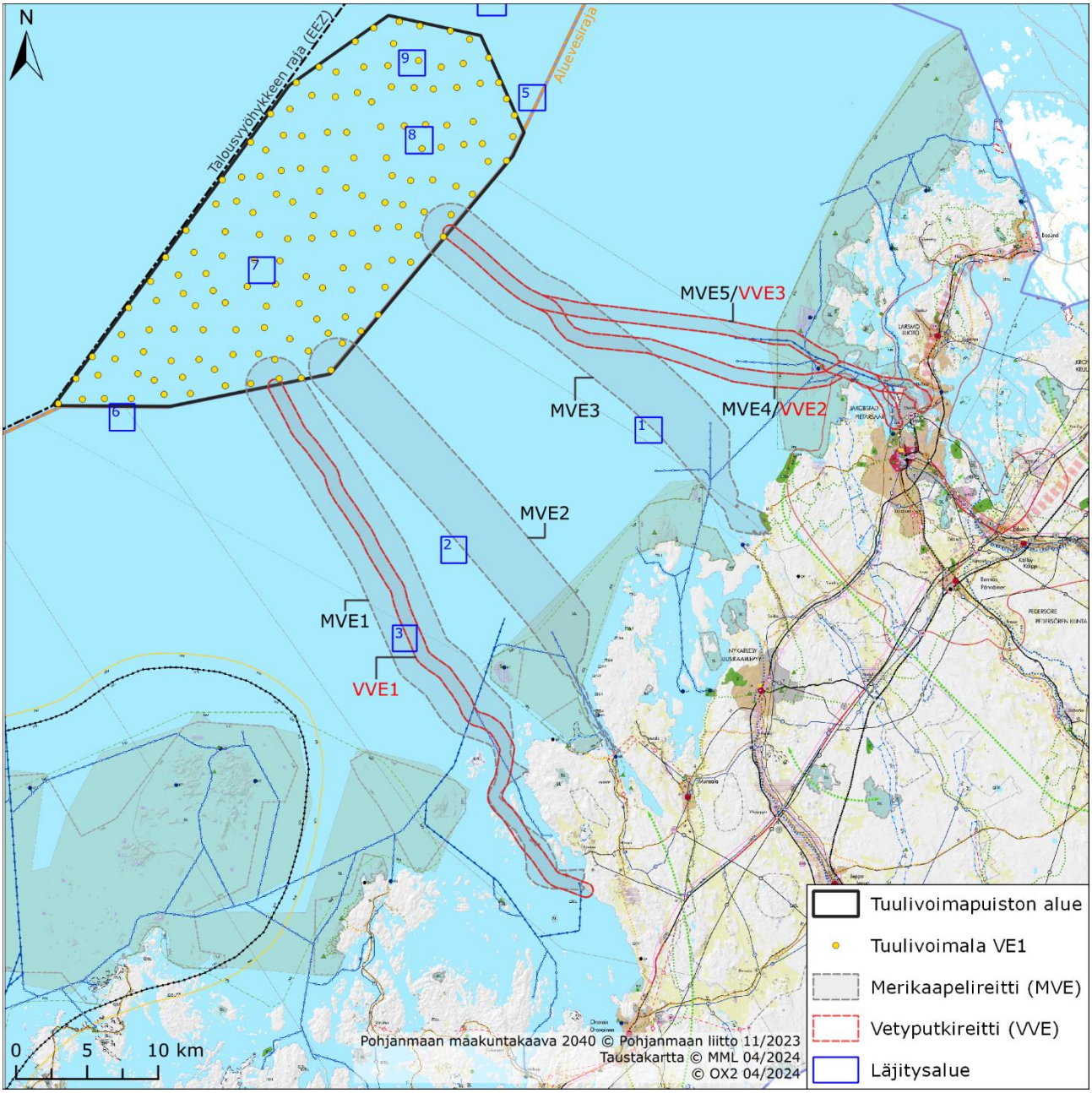
3.2.2 Kaavoitus ja muut maankäytön suunnitelmat

3.2.2.1 Maakuntakaavat

Merituulivoimapuisto, vedyn tuotanto ja alkuosa energiansiirron reittivaihtoehdoista sijoittuvat Suomen talousvyöhykkeelle eikä niiden alueet siten kuulu maakuntakaavoitettuun alueeseen. Kaikki merikaapeli- ja vetyputkireittivaihtoehdot sijoittuvat aluevesien osalta Pohjanmaan maakunnan alueelle. Merikaapeli- ja vetyputkireittivaihtoehdot aluevesien osalta sijoittuvat Uudenkaarlepyyn kaupungin, Pietarsaaren kaupungin ja Luodon kunnan alueelle.

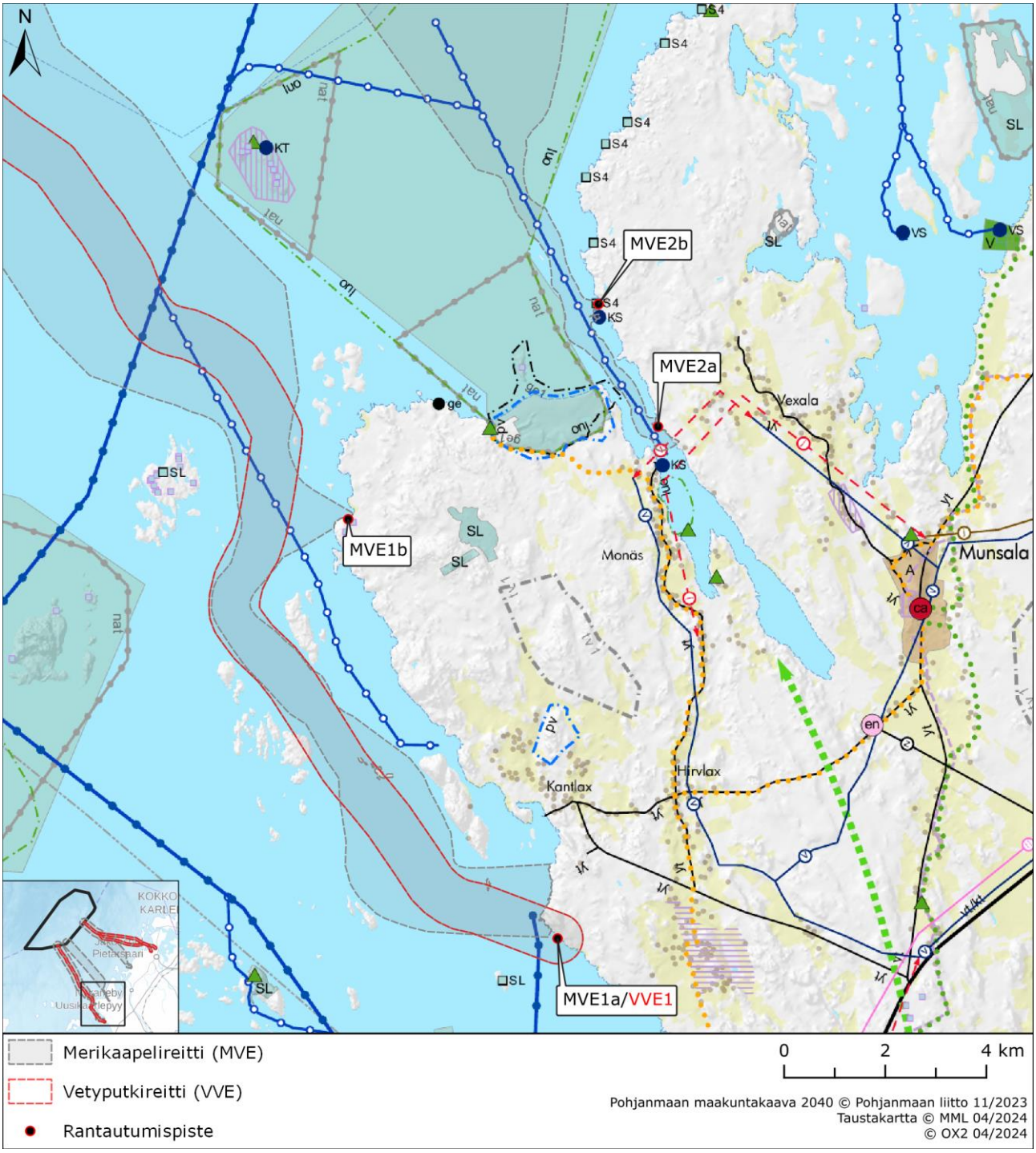
Osalla suunniteltavien merikaapelireittien ja vetyputkireittien alueita on voimassa Pohjanmaan maakuntakaava 2040 *(Pohjanmaan liitto 2020)*. Kaava hyväksyttiin maakuntavaltuustossa 15.6.2020 ja tuli voimaan 11.9.2020 alueidenkäyttölain (entisen maankäyttö- ja rakennuslain 201 §:n) mukaisesti. Voimaan tullessaan Pohjanmaan maakuntakaava 2040 korvasi Pohjanmaan maakuntakaavan ja sen vaihekaavat (Kuva 3-1, tarkemmin ks. Kuva 3-2, Kuva 3-3 ja Kuva 3-4). Pohjanmaan maakuntakaava 2040 on niin sanottu kokonaismaakuntakaava, joka käsittää koko maakunnan ja sen eri yhteiskuntatoiminnot. Maakuntahallituksen päätöksestä jätettiin kaksi valitusta Vaasan hallinto-oikeuteen. Vaasan hallinto-oikeuden 8.12.2021 antamalla päätöksellä kaavasta kumoutui Kristiinankaupungin Siipyyn edustalle osoitettu tuulivoimaloiden alue. *(Pohjanmaan liitto 2023b)*

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



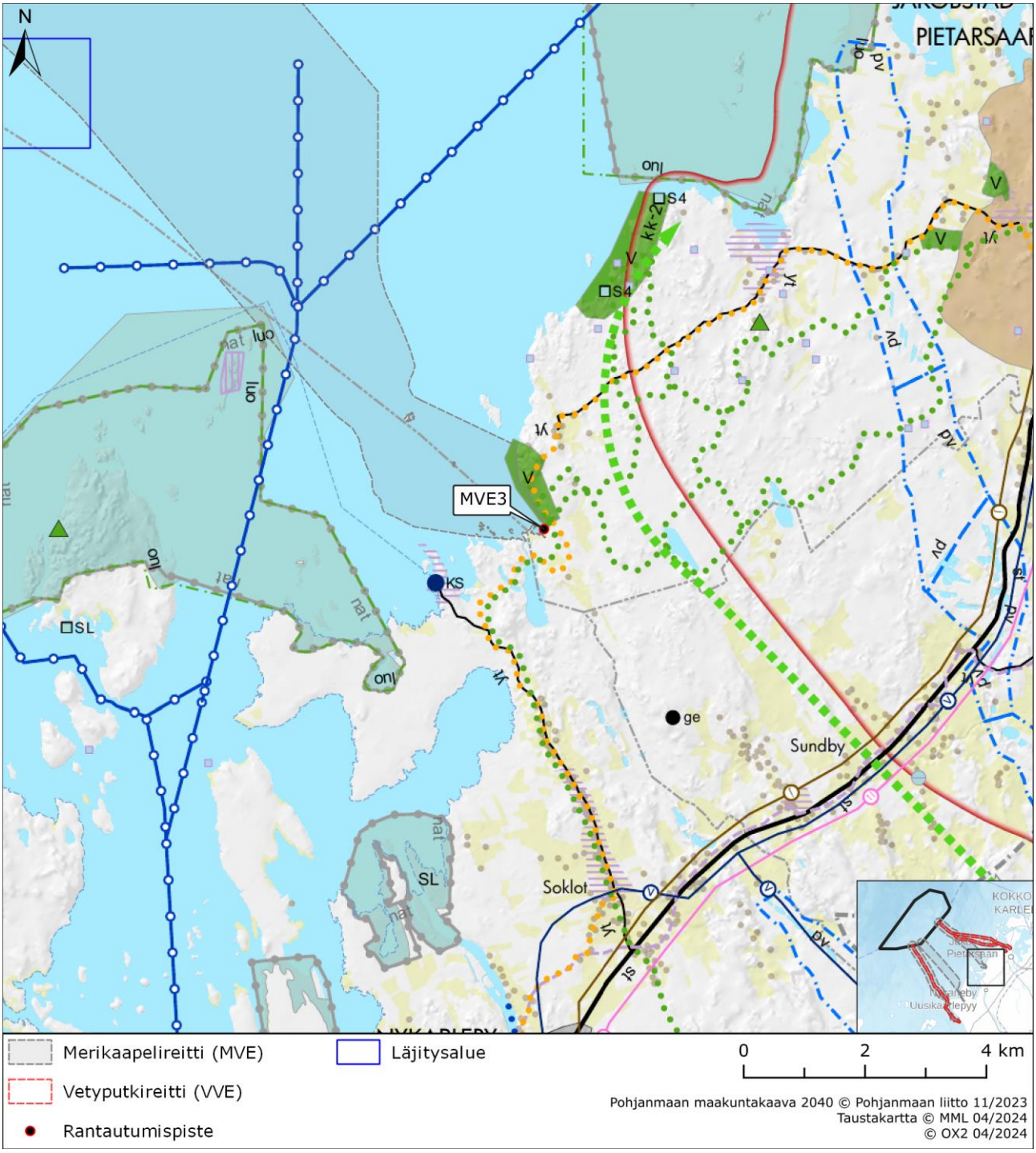
Kuva 3-1. Ote Pohjanmaan maakuntakaava 2040:stä kaikkien reittivaihtoehtojen alueella (Pohjanmaan liitto 2020). Merikaapelireittivaihtoehdot on lisätty kaavakartalle harmailla pistekatkoviivarajauksilla ja vetyputkireittivaihtoehdot vastaavasti punaisilla pistekatkoviivarajauksilla.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



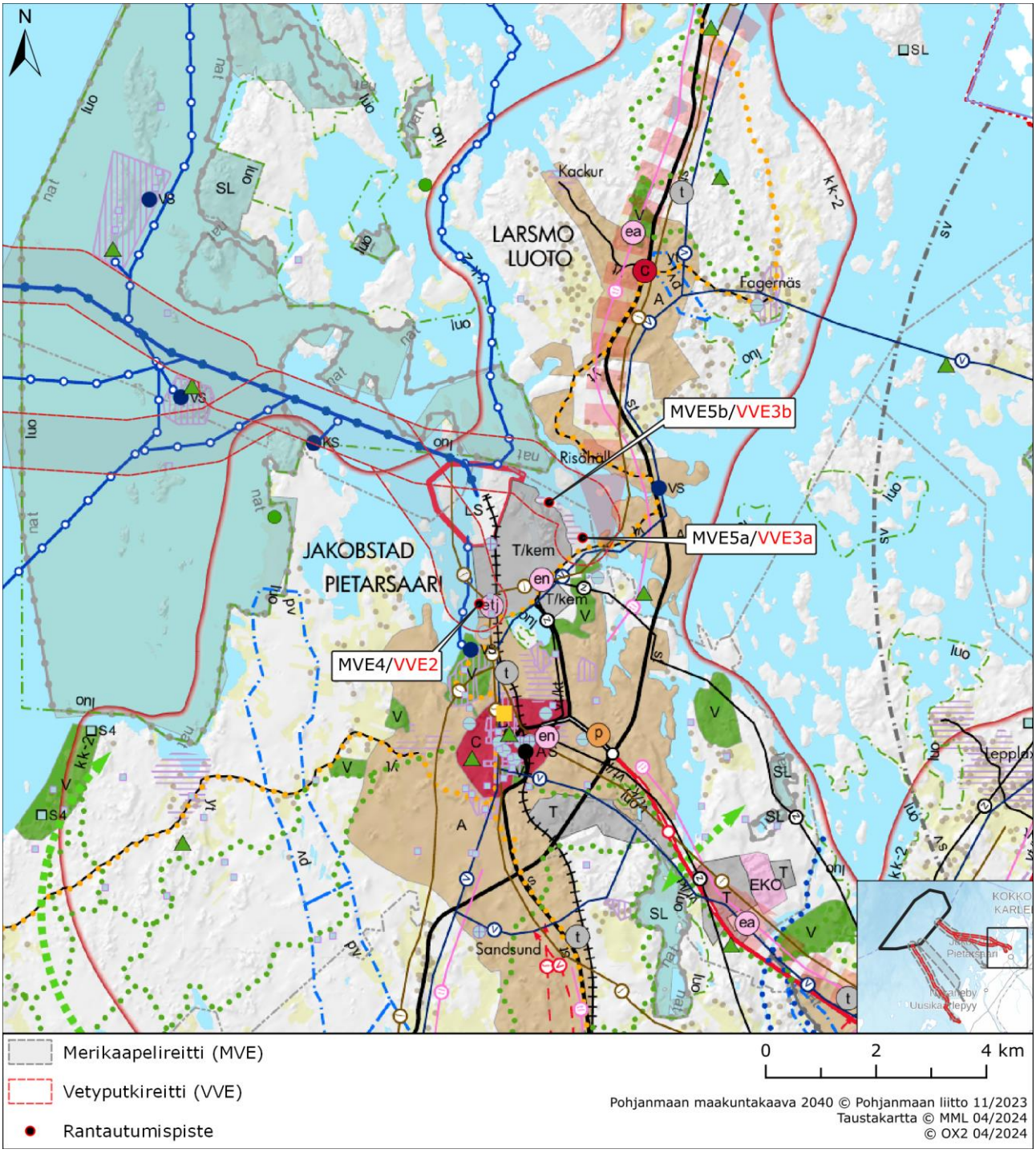
Kuva 3-2. Ote Pohjanmaan maakuntakaava 2040:stä reittivaihtoehtojen MVE1a, MVE1b, MVE2a, MVE2b ja VVE1 mantereen läheisessä ympäristössä (Pohjanmaan liitto 2020).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 3-3. Ote Pohjanmaan maakuntakaava 2040:stä reittivaihtoehdon MVE3 mantereen läheisessä ympäristössä (Pohjanmaan liitto 2020).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

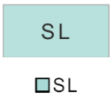


Kuva 3-4. Ote Pohjanmaan maakuntakaava 2040:stä reittivaihtoehtojen MVE4, MVE5a, MVE5b, VVE2, VVE3a ja VVE3b mantereen läheisessä ympäristössä (Pohjanmaan liitto 2020).

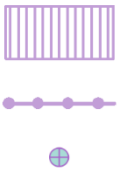
Pohjanmaan maakuntakaavassa 2040 merikaapelireiteille (MVE1a, MVE1b, MVE2a, MVE2b, MVE3, MVE4, MVE5a ja MVE5b), vetyputkireiteille (VVE1, VVE2, VVE3a ja VVE3b) tai niiden läheisyyteen osoitetut merkinnät on esitetty oheisessa taulukossa (Taulukko 3-1). Tarkasteltaville läjitysalueille ei ole osoitettu maakuntakaavamerkintöjä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

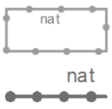
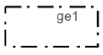
Taulukko 3-1. Merikaapeli- ja vetyputkireiteille osoitetut voimassa olevien Pohjanmaan maakuntaavojen merkinnät. (Huom! Maankäyttö- ja rakennuslaki on muuttunut vuoden 2025 alusta alueidenkäyttölaiksi, mutta alla viitataan maankäyttö- ja rakennuslakiin, sillä kaavamääräykset ovat sen lain ajalta).

Merkintä	Selite
	Luonnonsuojelulain nojalla suojeltu tai suojeltavaksi tarkoitettu alue (SL) **(MVE2a, MVE2b, MVE3, MVE4, MVE5a, MVE5b, VVE2, VVE3a, VVE3b)** **Merkinnän kuvaus:** Aluevarausmerkinnällä osoitetaan luonnonsuojelulain nojalla suojeltuja tai suojeltavaksi tarkoitettu alueita. Pienialaiset suojelualueet osoitetaan kohdemerkinnällä. Alueella on voimassa maankäyttö- ja rakennuslain 33 §:n mukainen rakentamisrajoitus. **Suojelumääräys:** Erityistä huomiota on kiinnitettävä alueen luonnonarvojen säilyttämiseen ja turvaamiseen sekä sellaisten toimenpiteiden välttämiseen, jotka vaarantavat niitä arvoja, joiden perusteella alue on muodostettu tai on tarkoitus muodostaa luonnonsuojelualueeksi.
	Suojeltu luontotyyppi (S4) **(MVE2a, MVE2b)** **Merkinnän kuvaus:** Kohdemerkinnällä osoitetaan luonnonsuojelulain 29 §:ssä määriteltyjä luonnontilaisia luontotyyppejä. Alueella on voimassa maankäyttö- ja rakennuslain 33 §:n mukainen rakentamisrajoitus. **Suojelumääräys:** Aluetta ei saa muuttaa niin, että luontotyypin ominaispiirteiden säilyminen vaarantuu.
	Virkistysalue **(MVE3, MVE5a, VVE3a)** **Merkinnän kuvaus:** Aluevarausmerkinnällä osoitetaan yleiseen virkistykseen ja ulkoiluun tarkoitettuja alueita. Alueella voi sijaita olemassa olevia vakituisia ja vapaa-ajan asuntoja. Alueella on voimassa maankäyttö- ja rakennuslain 33 §:n mukainen rakentamisrajoitus. **Suunnittelumääräys:** Maankäyttö ja toimenpiteet tulee suunnitella niin, että turvataan edellytykset käyttää aluetta yleiseen virkistykseen ja ulkoiluun ja varmistetaan alueen saavutettavuus sekä riittävä palvelu- ja varustustaso. Alue tulee suunnitella niin, että se tukee luontomatkailuelinkeinoa. Alueella sallitaan retkeily- ja virkistyskäyttöä palvelevan rakentamisen lisäksi jo olemassa olevien rakennusten korjaus- ja muutostyöt ja laajentaminen. Virkistysalueita suunniteltaessa on huomioitava niiden merkitys viheraluejärjestelmässä, ja niiden tulisi muodostaa pyöräily- ja ulkoilureittien kautta yhteistoiminnallinen maakunnallinen verkosto. Suunnittelussa ja toimenpiteissä tulee huomioida kulttuuriympäristö-, maisema- ja luontoarvot. Alueelle tulee laatia kehittämis- ja hoitosuunnitelma. **Rakentamismääräys:** Alueelle on sallittua rakentaa rakennuksia, jotka mahdollistavat virkistys- ja luontomatkailupalveluiden toteuttamisen.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merkintä	Selite
	Satama-alue **(MVE4, MVE5a, MVE5b, VVE2, VVE3a, VVE3b)** **Merkinnän kuvaus:** Aluevarausmerkinnällä osoitetaan valtakunnallisesti tärkeät kauppamerenkulkuun soveltuvat satamat Kristiinankaupungissa, Kaskisissa, Vaasassa ja Pietarsaaressa. Alueella on voimassa maankäyttö- ja rakennuslain 33 §:n mukainen rakentamisrajoitus. **Suunnittelumääräys:** Satama-alueen ja sen ympäristön maankäytön suunnittelussa tulee varmistaa riittävät liikenneyhteydet ja tarvittava infrastruktuuri niin maalla kuin merellä. Satama-alueen kulttuurihistorialliset arvot tulee ottaa huomioon. **Rakentamismääräys:** Alueella sallitaan satamatoimintaan liittyvä tai sitä tukeva rakentaminen.
	Teollisuus- ja varastoalue, jolla on/jolle saa sijoittaa merkittävän, vaarallisia kemikaaleja valmistavan laitoksen **(MVE4, MVE5a, MVE5b, VVE2, VVE3a, VVE3b)** **Merkinnän kuvaus:** Aluevarausmerkinnällä osoitetaan teollisuus- ja varastoalueita, joissa käytetään tai käsitellään vaarallisia aineita ja joita koskee EU-direktiivi 2012/18/EU (Seveso III -direktiivi). Kohteiden konsultointivyöhykkeet ovat vähintään 1 km. **Suunnittelumääräys:** Tarkemmassa suunnittelussa tulee huomioida laitoksen konsultointivyöhyke sekä vaarallisten aineiden kuljetuksiin ja varastointiin liittyvät riskit. Erityistä huomiota tulee kiinnittää laitoksen laajentumistarpeisiin ja evakuointitarpeisiin sekä pelastuslaitoksen toimintaedellytyksiin.
	Jätevedenpuhdistamo **(MVE4, VVE2)** **Merkinnän kuvaus:** Kohdemerkinnällä osoitetaan jätevedenpuhdistamoita. **Suunnittelumääräys:** Toimenpiteiden suunnittelussa tulee huomioida vaikutukset ympäristöön.
	Valtakunnallisesti merkittävä rakennettu kulttuuriympäristö **(MVE4, MVE5a, MVE5b, VVE2, VVE3a, VVE3b)** **Merkinnän kuvaus:** Ominaisuusmerkinnällä osoitetaan valtakunnallisesti merkittävät rakennetun kulttuuriympäristön alueet, tiet ja kohteet (RKY 2009). Pienialaiset alueet osoitetaan kohdemerkinnällä. **Suunnittelumääräys:** Jos alueelle osoitetaan aluevarausmerkintä, se määrittelee ensisijaisen maankäyttömuodon alueella. Alueiden käytössä on varmistettava, että kulttuuriympäristöjen ja luonnonperinnön arvot säilyvät. Tarkemmassa suunnittelussa sekä rakentamisessa tulee ottaa huomioon rakennettu kulttuuriympäristö kokonaisuutena, sen erityispiirteet ja ajallinen kerroksellisuus siten, että siihen liittyvät arvot turvataan ja aluetta voidaan kehittää.

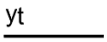
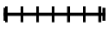
Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merkintä	Selite
	Maakunnallisesti arvokas kulttuuriympäristö **(MVE5a, MVE5b, VVE3a, VVE3b)** **Merkinnän kuvaus:** Ominaisuusmerkinnällä osoitetaan maakunnallisesti arvokkaat kulttuurimaisemat ja rakennetut kulttuuriympäristöt. Pienialaiset alueet osoitetaan kohdemerkinnällä. **Suunnittelumääräys:** Jos alueelle osoitetaan aluevarausmerkintä, se määrittelee ensisijaisen maankäyttömuodon alueella. Alueen käytössä on varmistettava, että kulttuuriympäristön ja luonnonperinnön arvot säilyvät. Tarkemmassa suunnittelussa sekä rakentamisessa tulee ottaa huomioon kulttuuriympäristö kokonaisuutena sekä sen erityispiirteet ja ajallinen kerroksellisuus siten, että siihen liittyvät arvot turvataan ja aluetta voidaan kehittää. Tavoitteena tulee olla, että alueen pellot säilyvät avoimina ja maatalouskäytössä ja että metsät hoidetaan. Rakennuspaikkoja ei maa- ja metsätalouden tarpeita lukuun ottamatta tule suunnitella sijoitettavaksi yhtenäisille peltoalueille.
	Muinaismuistolain nojalla rauhoitettu muinaisjäännöskohde **(MVE4, MVE5a, MVE5b, VVE2, VVE3a, VVE3b)** **Merkinnän kuvaus:** Ominaisuusmerkinnällä osoitetaan muinaismuistolain (295/1963) nojalla rauhoitettuja kiinteitä muinaisjäännöksiä. **Suojelumääräys:** Muinaisjäännökseen vaikuttavasta maankäytön ja toimenpiteiden suunnittelusta tulee neuvotella museoviranomaisen kanssa. Määräys koskee kaikkia kiinteitä muinaisjäännöksiä, myös niitä, joita ei vielä ole viety Museoviraston muinaisjäännösrekisteriin. **Suunnittelumääräys:** Maankäytön ja toimenpiteiden suunnittelussa tulee huomioida kulttuuriympäristö-, maisema- ja luonnonarvot.
	Natura 2000 -verkostoon kuuluva alue **(MVE2a, MVE2b, MVE3, MVE4, MVE5a, MVE5b, VVE2, VVE3a, VVE3b)** **Merkinnän kuvaus:** Ominaisuusmerkinnällä osoitetaan Natura 2000 -verkostoon kuuluvat alueet. **Suunnittelumääräys:** Maankäyttö ja toimenpiteet tulee suunnitella ja toteuttaa niin, etteivät ne merkittävästi heikennä niitä luonnonarvoja, joiden suojelemiseksi alue on sisällytetty Natura 2000 -verkostoon.
	Luonnon monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeä alue **(MVE2a, MVE2b, MVE3, MVE4, MVE5a, MVE5b, VVE2, VVE3a, VVE3b)** **Merkinnän kuvaus:** Ominaisuusmerkinnällä osoitetaan tärkeimmät valtakunnallisesti merkittävät linnustoalueet (FINIBA). **Suunnittelumääräys:** Maankäyttö ja toimenpiteet tulee suunnitella ja toteuttaa niin, että edistetään biologisen monimuotoisuuden ja luonnonarvojen säilymistä alueella. Alueen sisällä voi olla useita eri maankäyttömuotoja. Merkintä ei rajoita alueen käyttöä maa- ja metsätaloudessa.
	Valtakunnalliseen harjujensuojeluohjelmaan kuuluva alue **(MVE2a, MVE2b)** **Merkinnän kuvaus:** Ominaisuusmerkinnällä osoitetaan Storsand Uudessakaarlepyyssä ja Stenringarna Kristiinankaupungissa, jotka sisältyvät valtakunnalliseen harjujensuojeluohjelmaan.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merkintä	Selite
	Suojelumääräys: Alueen erityispiirteitä haitallisesti muuttuvat toimenpiteet ovat kiellettyjä. Erityistä huomioita on kiinnitettävä alueella sijaitsevan geologisen muodostuman suojeluun ja hoitoon.
	Virkistys- / matkailukohde **(MVE4, MVE5a, MVE5b, VVE2, VVE3a, VVE3b)** **Merkinnän kuvaus:** Kohdemerkinnällä osoitetaan yleiseen virkistykseen, urheiluun ja matkailuun tarkoitettuja alueita. **Suunnittelumääräys:** Maankäyttö ja toimenpiteet alueella tulee suunnitella niin, että turvataan edellytykset käyttää aluetta yleiseen virkistykseen, urheiluun ja matkailuun ja varmistetaan alueen saavutettavuus sekä riittävä palvelu- ja varustustaso. Alue tulee suunnitella niin, että se tukee luontomatkailuelinkeinoa. Virkistys-/matkailukohteita suunniteltaessa on huomioitava niiden merkitys viheraluejärjestelmässä, ja niiden tulisi muodostaa pyöräily- ja ulkoilureittien kautta yhteistoiminnallinen maakunnallinen verkosto. Suunnittelussa ja toimenpiteissä tulee huomioida kulttuuriympäristö-, maisema- ja luontoarvot.
	Kalasatama **(MVE2a, MVE2b, MVE4, MVE5a, MVE5b, VVE2, VVE3a, VVE3b)** **Merkinnän kuvaus:** Kohdemerkinnällä osoitetaan kalastuselinkeinon kannalta merkittävät satamat. **Suunnittelumääräys:** Satama-alueen suunnittelussa ja kehittämisessä tulee varmistaa riittävät liikenneyhteydet ja tarvittava infrastruktuuri. Satama-alueelle voi sijoittaa ja siellä voi kehittää virkistys- ja matkailutoimintaa sekä muuta toimintaa edellyttäen, että se ei estä kalastuselinkeinon harjoittamista.
	Laivaväylä **(MVE1a, MVE1b, MVE4, MVE5a, MVE5b, VVE1, VVE2, VVE3a, VVE3b)** **Merkinnän kuvaus:** Viivamerkinnällä osoitetaan kauppamerenkulun laivaväylät (Väyläviraston luokat 1 ja 2).
	Veneväylä **(kaikki reittivaihtoehdot)** **Merkinnän kuvaus:** Viivamerkinnällä osoitetaan virkistyksen, matkailun, huviveneilyn ja kalastuksen kannalta keskeisimmät väylät sekä hyötyliikenteen matalaväylät (Väyläviraston luokat 3–5).
	Pietarsaaren kaupunkikehittämisen vyöhyke (kk-2) **(MVE4, MVE5a, MVE5b, VVE2, VVE3a, VVE3b)** **Merkinnän kuvaus:** Kehittämisperiaatemerkinnällä osoitetaan Pietarsaaren kaupunkiseudun keskeiset alueet, joilla kaupungin vaikutus on merkittävä. Alueeseen kuuluvat Pietarsaaren kaupunki lähitaajamineen ja kaupungin läheiset maaseutualueet. Rajaukseen sisältyvät myös Pedersören ja Luodon keskustat. **Suunnittelumääräys:** Pietarsaarta tulee kehittää seudun keskuksena osana valtakunnallista kaupunkiseutuverkostoa. Alueelle tulee kehittää toimiva yhdyskuntarakenne, joka turvaa ekologisen toimivuuden. Maisemarakenteen ja yhtenäisten suunnitteluperiaatteiden tulee olla perustana kaikelle rakentamiselle hyvän kaupunki- ja maisemakuvan luomiseksi. Uudisrakentaminen tulee sijoittaa niin, että se ei estä eheän yhdyskuntarakenteen tulevaa laajentamista. Yhdyskuntarakenteen tulee edistää ekologista kestävyyttä ja biologista monimuotoisuutta sekä turvata virkistysalueiden tarjonta ja saavutettavuus. Uudet asunto- ja työpaikka-alueet tulee sijoittaa suotuisasti joukkoliikenteen sekä kävelyn ja pyöräilyn kehittämistä ajatellen. Seudullisesti merkittävät palvelut tulee ohjata kaupungin keskustassa oleville alueille tai sen läheisyyteen.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merkintä	Selite
	Aluetta tulee kehittää kansainvälisesti vetovoimaisena yritystoiminnan alueena. Alueen saavutettavuus tulee varmistaa ja sitä kehittää. Erityistä huomiota tulee kiinnittää teiden, rautateiden, sataman ja lentoaseman kautta kulkeviin kansainvälisiin yhteyksiin. **Suunnittelusuositus:** Maankäytön suunnittelu ja alueen kehittäminen tulee tehdä kuntarajoja ylittävänä yhteistyönä.
	Päävesijohdon yhteystarve **(MVE2a)** **Merkinnän kuvaus:** Kehittämisperiaatemerkinnällä osoitetaan tarpeelliset vesijohtoyhteydet eri vesijohtoverkostojen välille talousveden riittävyyden ja jakelun varmistamiseksi myös poikkeus- ja häiriötilanteissa. Johtolinjauksen tarkka sijainti määräytyy tarkemmassa suunnittelussa. **Suunnittelumääräys:** Jatkosuunnittelussa tulee johtolinjalle selvittää tarkoituksenmukaisin vaihtoehto, jossa huomioidaan muu maankäyttö sekä maisema-, kulttuuriympäristö- ja luontoarvot.
	Päävesijohto **(MVE5a, VVE3)** **Merkinnän kuvaus:** Viivamerkinnällä osoitetaan päävesijohtoja.
	Siirtoviemäri **(MVE4, VVE2)** **Merkinnän kuvaus:** Viivamerkinnällä osoitetaan siirtoviemäreitä.
	Pietarsaari–Kokkola-kehittämisvyöhyke **(MVE5a, MVE5b, VVE3a, VVE3b)** **Merkinnän kuvaus:** Kehittämisperiaatemerkinnällä osoitetaan Pietarsaaren ja Kokkolan kaupunkiseutujen yhteiseen työssäkäyntialueeseen perustuva vyöhyke. **Suunnittelumääräys:** Vyöhykettä tulee kehittää siten, että vyöhykkeellä edistetään pendelöintiä. Erityisesti tulee kiinnittää huomiota toimivien matka- ja kuljetusketjujen ja niiden solmukohtien sekä joukkoliikenteen, että kävelyn ja pyöräilyn kehittämiseen. Lento- ja junayhteydet tulee turvata. Kokkola-Pietarsaaren lentoaseman sekä Pietarsaaren ja Pännäisten liityntäasemien liityntäliikennettä ja saavutettavuutta tulee kehittää.
	Yhdystie **(MVE5a, VVE3)** **Merkinnän kuvaus:** Viivamerkinnällä osoitetaan merkittävimmät yhdystiet (keskimäärin vähintään 350 ajoneuvoa vuorokaudessa). Tiealueella on voimassa maankäyttö- ja rakennuslain 33 §:n mukainen rakentamisrajoitus.
	Yhdysrata **(MVE4, VVE2)** **Merkinnän kuvaus:** Viivamerkinnällä osoitetaan raideliikenteen yhdysradat. Rata-alueella on voimassa maankäyttö- ja rakennuslain 33 §:n mukainen rakentamisrajoitus.
	Ohjeellinen ulkoilureitti **(MVE3)** **Merkinnän kuvaus:** Kehittämisperiaatemerkinnällä osoitetaan ulkoilureittejä. **Suunnittelumääräys:** Ulkoilureitin yksityiskohtainen suunnittelu ja merkintä tulee tehdä yhteistyössä maanomistajien ja viranomaisten kanssa. Ulkoilureittiä suunniteltaessa on huomioitava sen merkitys viheraluejärjestelmässä, ja sen tulee, jos mahdollista, yhdistää virkistysalueita, virkistys- ja matkailukohteita, arvokkaita kulttuuriympäristöjä ja luonnonsuojelualueita yhteistoiminnalliseksi

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merkintä	Selite
	maakunnalliseksi verkostoksi. Suunnittelussa ja toimenpiteissä tulee huomioida kulttuuriympäristö-, maisemaja luontoarvot.
	Ohjeellinen pyöräilyreitti **(MVE3, MVE5a, MVE5b, VVE3)** **Merkinnän kuvaus:** Kehittämisperiaatemerkinnällä osoitetaan pyöräilyreittejä. **Suunnittelumääräys:** Pyöräilyreitin yksityiskohtainen suunnittelu ja merkintä tulee tehdä yhteistyössä maanomistajien ja viranomaisten kanssa. Reittiä suunniteltaessa tulee pyrkiä käyttämään olemassa olevia teitä ja kevyen liikenteen väyliä. Pyöräilyreittiä suunniteltaessa on huomioitava sen merkitys viheralueiärjestelmässä, ja sen tulee, jos mahdollista, yhdistää virkistysalueita, virkistys- ja matkailukohteita, arvokkaita kulttuuriympäristöjä ja luonnonsuojelualueita yhteistoiminnalliseksi maakunnalliseksi verkostoksi. Suunnittelussa ja toimenpiteissä tulee huomioida kulttuuriympäristö-, maisema- ja luontoarvot.

Merikaapelireitit MVE1a, MVE1b ja vetyputkireitti VVE1 risteävät maakuntakaavassa osoitetun laiva- ja veneväylän kanssa. Reitteihin MVE1a ja VVE1 liittyvälle rantautumispaikalle Kanäsin alueella ei ole maakuntakaavassa osoitettu kaavamerkintöjä. Rantautumispaikasta noin 400 metriä länteen on osoitettu laivaväylä. Reittivaihtoehdon MVE1b rantautumispaikan välittömään läheisyyteen on osoitettu kaksi muinaismuistolain nojalla rauhoitettua muinaisjäännöstä.

Merikaapelireittien MVE2a ja MVE2b reitti sijoittuu noin 6 km matkalta Uudenkaarlepyyn saariston luonnon monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeälle ja suojelulle alueelle. Merikaapelireittivaihtoehdon MVE2a rantautumispaikan välittömään läheisyyteen on osoitettu veneväylä sekä noin 400 metriä kaakkoon päävesijohdon yhteystarve. Reittivaihtoehdon MVE2b rantautumispaikalle ja sen välittömään läheisyyteen on osoitettu kalasatama, suojeltua luontotyyppiä sekä veneväylä.

Merikaapelireitti MVE3 sivuaa Uudenkaarlepyyn saariston luonnon monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeän ja suojelun alueen pohjoisinta reunaa. Reittivaihtoehdon MVE3 rantautumispaikalle ja sen välittömään läheisyyteen on osoitettu virkistysaluetta (V), ohjeellinen ulkoilureitti sekä ohjeellinen pyöräilyreitti.

Vetyputkireittien VVE2 ja VVE3 reitit sijoittuvat noin 8 km matkalta Luodon saariston luonnon monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeälle ja suojelulle Natura-alueelle.

Reittivaihtoehtojen MVE4 ja VVE2 rantautumispaikalle ja sen välittömään läheisyyteen on osoitettu teollisuus- ja varastoaluetta, jolla on/jolle saa sijoittaa merkittävän, vaarallisia kemikaaleja valmistavan laitoksen (T/kem), jätevedenpuhdistamo (etj), siirtoviemäri (j), veneväylä sekä yhdysrata. Reittivaihtoehtojen MVE5b ja VVE3b rantautumispaikalle ja niiden välittömään läheisyyteen on osoitettu maakunnallisesti arvokasta kulttuuriympäristöä sekä teollisuus- ja varastoaluetta, jolla on/jolle saa sijoittaa merkittävän, vaarallisia kemikaaleja valmistavan laitoksen (T/kem). Reittivaihtoehtojen MVE5a ja VVE3a rantautumispaikalle ja sen välittömään läheisyyteen on osoitettu maakunnallisesti arvokasta kulttuuriympäristöä, teollisuus- ja varastoaluetta, jolla on/jolle saa sijoittaa merkittävän, vaarallisia kemikaaleja valmistavan laitoksen (T/kem), ohjeellinen pyöräilyreitti sekä yhdystie.

Merituulivoimapuistoon sekä energiansiirtoreitteihin liittyvät vaihtoehtoiset läjitysalueet sijaitsevat alueilla, joille ei ole osoitettu maakuntakaavamerkintöjä.

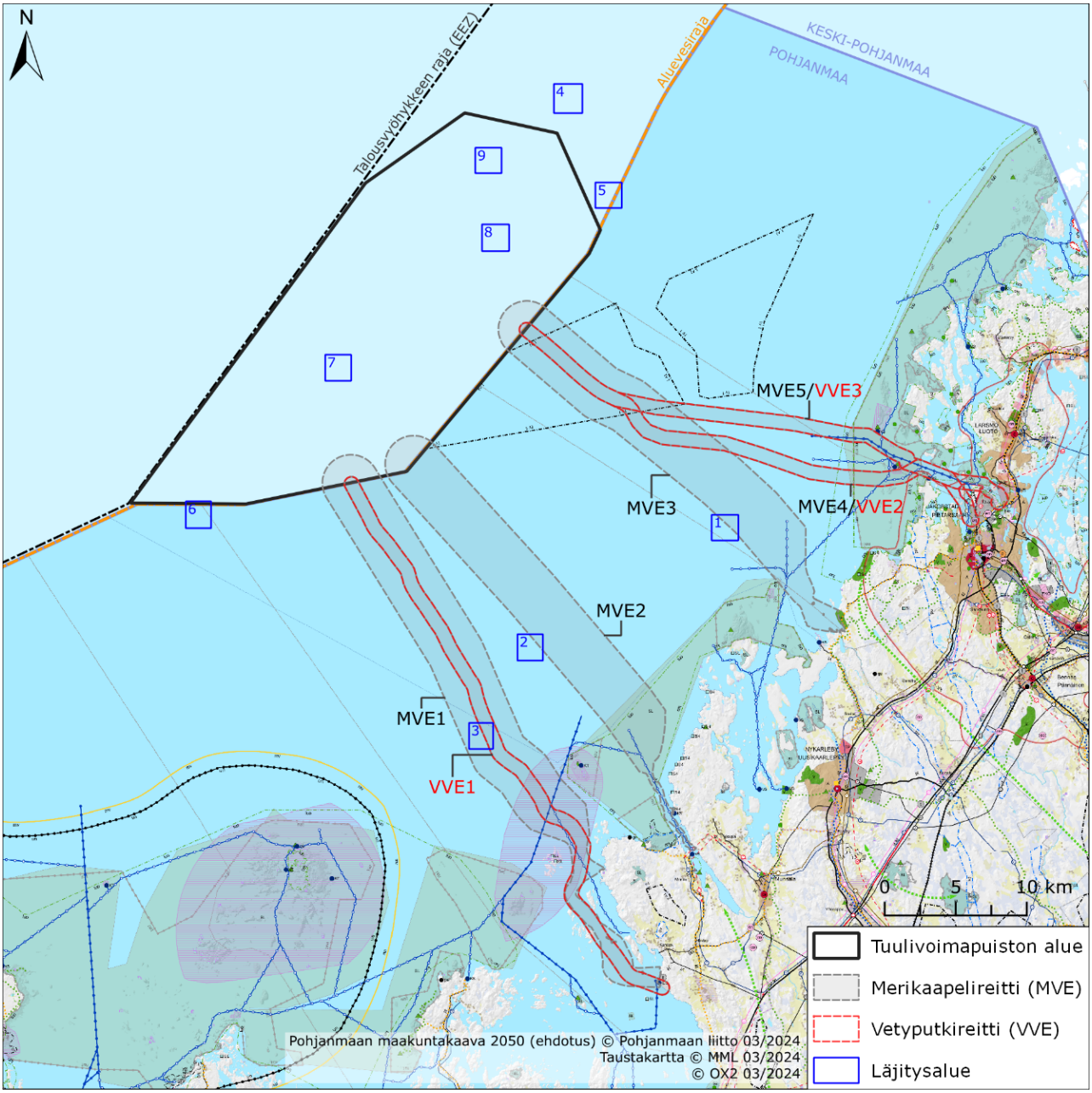
3.2.2.2 Vireillä olevat maakuntakaavat

Pohjanmaan liitto on siirtynyt rullaavaan kaavoitukseen ja maakuntahallitus on päättänyt 28.9.2020 aloittaa **Pohjanmaan maakuntakaavan 2050** laatimisen. Kaava laaditaan koko

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

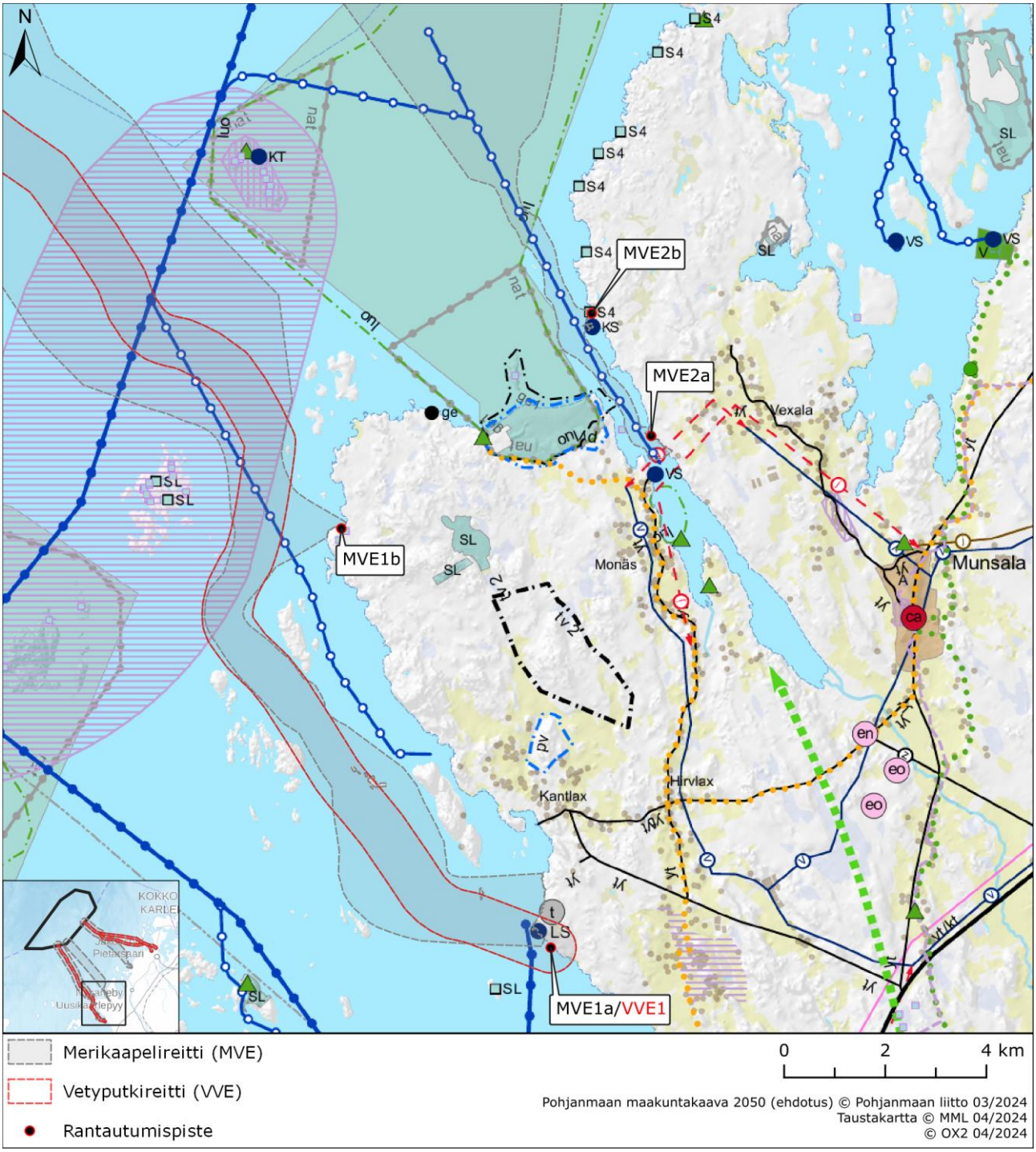
maakunnan kattavana kokonaismaakuntakaavana, jossa käsitellään kaikki yhdyskuntarakenteeseen ja maankäyttöön merkittävästi vaikuttavat osa-alueet. Maakuntahallituksen päätöksen mukaan energiahuolto ja maa-aineisten otto pitää ensisijaisesti päivittää. Kaavan osallistumis- ja arviointisuunnitelma on ollut nähtävillä 2.3.2022–31.3.2022. Pohjanmaan maakuntahallitus käsitteli maakuntakaavaehdotusta 2050 kokouksessaan 18.3.2024 *(Pohjanmaan liitto 2024)*. Kaavaehdotuksesta on ollut mahdollista antaa lausuntoja 19.4.2024 saakka. Etelä-Pohjanmaan ja Pohjanmaan maakuntaliitot ovat laatineet luonnonsuojelulain 65 §:n (1.6.2023 alkaen 35 §:n) edellyttämän Natura-arvioinnin maakuntakaavoihin ehdolla olevien tuulivoima-alueiden vaikutuksista Natura 2000 -alueisiin. Tavoitteena on saada maakuntakaava hyväksyttyä maakuntavaltuustossa vuoden 2024 lopussa. Kun Pohjanmaan maakuntakaava 2050 astuu voimaan, korvaa se Pohjanmaan maakuntakaavan 2040. Merituulivoimapuiston sekä merikaapeli- ja vetyputkireittien sijoittuminen Pohjanmaan maakuntakaavan 2050 ehdotusvaiheen merkintöjen alueelle on esitetty seuraavissa karttakuvissa *(Pohjanmaan liitto 2023c)* (Kuva 3-5, Kuva 3-6, Kuva 3-7 ja Kuva 3-8).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



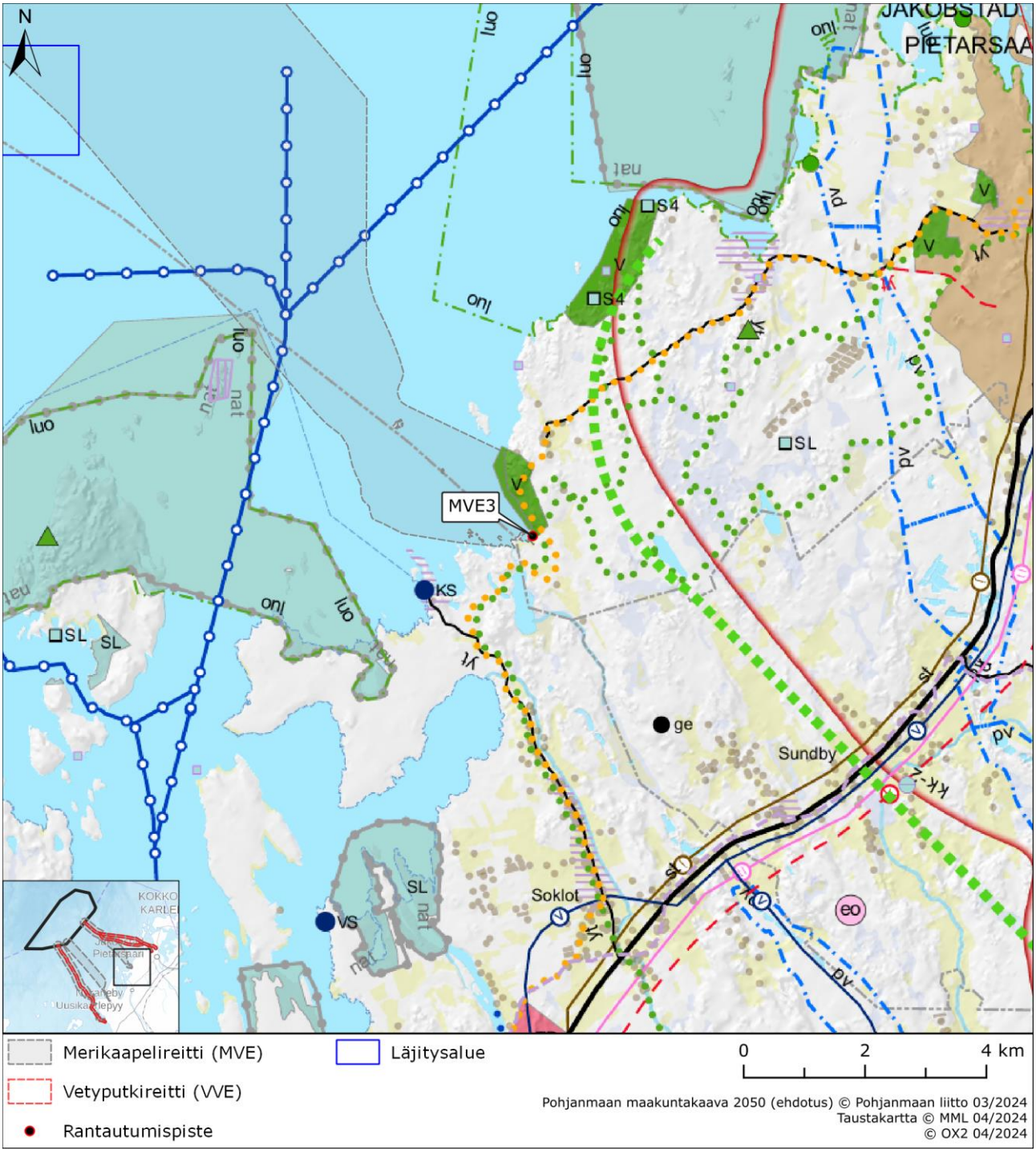
Kuva 3-5. Ote vireillä olevan Pohjanmaan maakuntakaava 2050:n ehdotusvaiheen kartasta (Pohjanmaan liitto 2023a). Lisäksi kartalla on esitetty merituulivoimapuiston alue sekä merikaapeli- ja vetyputkireittivaihtoehdot ja läjitysalueet.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



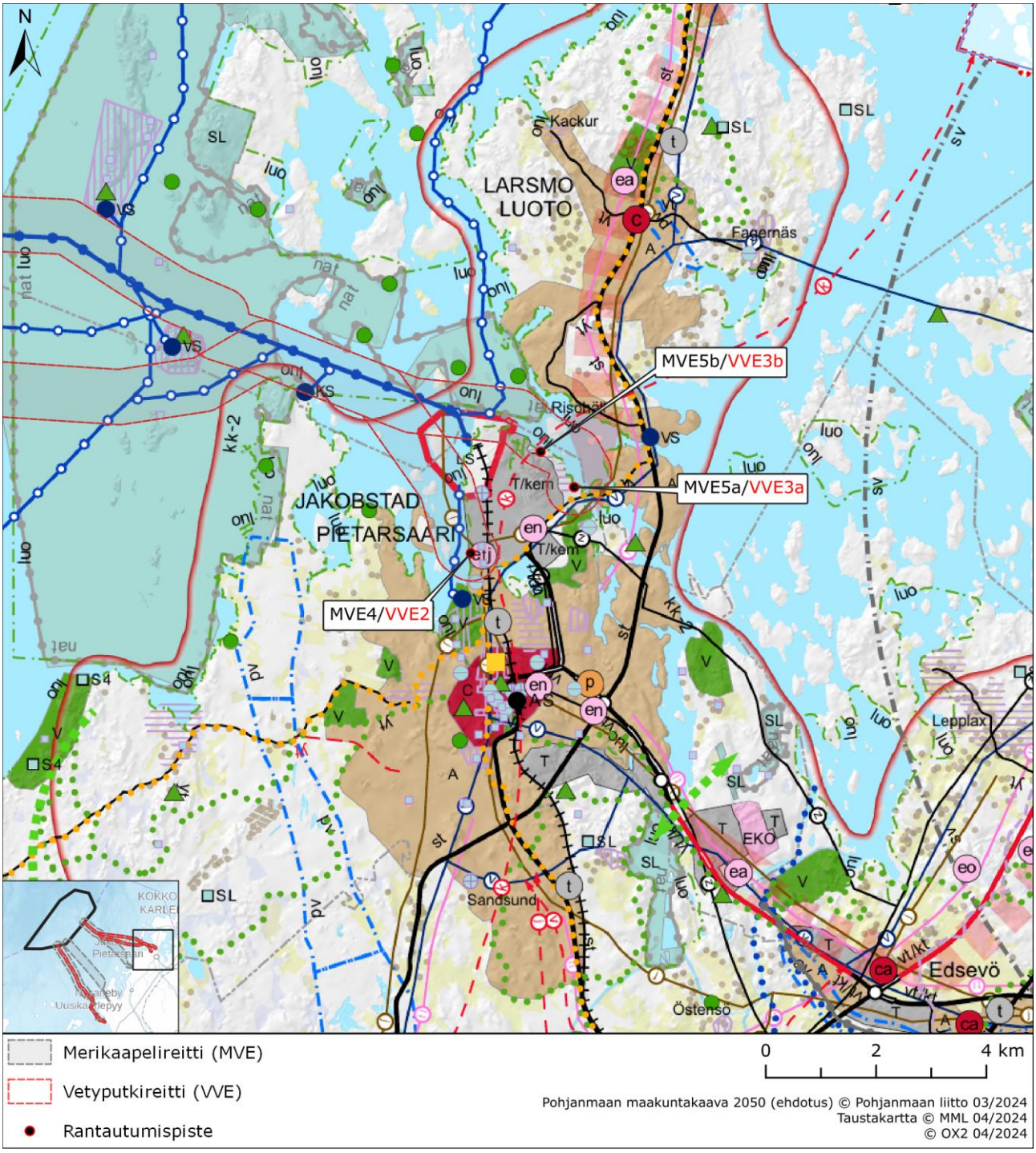
Kuva 3-6. Ote Pohjanmaan maakuntakaava 2050:n ehdotuksesta reittivaihtoehtojen MVE1a, MVE1b, MVE2a, MVE2b ja VVE1 mantereen läheisessä ympäristössä (Pohjanmaan liitto 2023a).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 3-7. Ote Pohjanmaan maakuntakaava 2050:n ehdotuksesta reittivaihtoehdon MVE3 mantereen läheisessä ympäristössä (Pohjanmaan liitto 2023a).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 3-8. Ote Pohjanmaan maakuntakaava 2050:n ehdotuksesta reittivaihtoehtojen MVE4, MVE5a, MVE5b, VVE2, VVE3a ja VVE3b mantereen läheisessä ympäristössä (Pohjanmaan liitto 2023a).

Voimassa olevaan maakuntakaavaan verrattuna Pohjanmaan 2050 maakuntakaavaehdotuksessa uusina merkintöinä ovat:

- Merikaapelireitin MVE1a ja vetyputkireitin VVE1 rantautumiskohdan läheisyyteen on osoitettu uutta tai pienialaista teollisuus- ja varastoaluetta (t), Kanäsiin on osoitettu satama-alue (LS).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

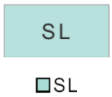
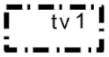
- Merikaapelireittien MVE1a ja MVE1b sekä vetyputkireitin VVE1 reitille sijoittuu valtakunnallisesti arvokas maisema-alue (Merenkurkun saaristomaisemat).
- Merikaapelivaihtoehdot MVE2, MVE3, MVE4/VVE2 ja MVE5/VVE3 sijoittuvat osin maakuntakaavaehdotuksessa osoitetulle tuulivoimaloiden alueelle (tv-2).
- Osoitettu luonnon monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeä alue (luo) on laajentunut Pietarsaaren satama-alueen ympärille, missä sijaitsevat reittivaihtoehdot MVE4, MVE5a, MVE5b, VVE2, VVE3a ja VVE3b sekä niiden rantautumispisteet.
- Kaikki tarkasteltavat läjitysalueet sijaitsevat alueilla, joille ei ole osoitettu maakuntakaavamerkintöjä.

Vireillä olevassa Pohjanmaan maakuntakaava 2050:n ehdotuksessa merikaapeli- ja vetyputkireiteille tai niiden läheisyyteen osoitetut merkinnät on esitetty oheisessa taulukossa (Taulukko 3-2). Suluissa on osoitettuna reittivaihtoehto tai -vaihtoehdot, jota merkintä koskee. Läjitysalueita ei ole otettu taulukossa huomioon, sillä läjitys on vain hankkeen rakentamisaikainen toiminto, ja alue voidaan läjittämisen päätyttyä ottaa muuhun käyttöön.

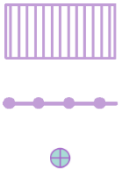
Taulukko 3-2. Merikaapeli- ja vetyputkireiteille osoitetut vireillä olevan Pohjanmaan maakuntakaava 2050:n merkinnät. (Huom! Maankäyttö- ja rakennuslaki on muuttunut vuoden 2025 alusta alueidenkäyttölaiksi, mutta alla viitataan maankäyttö- ja rakennuslakiin, sillä kaavamääräykset ovat sen lain ajalta).

Merkintä	Selite
A	Taajamatoimintojen alue **(MVE4, MVE5a, MVE5b, VVE2, VVE3a, VVE3b)** **Merkinnän kuvaus:** Aluevarausmerkinnällä osoitetaan alueita asumiselle ja muille taajamatoiminnoille kuten palveluille, työpaikoille ja teollisuudelle, liikennealueille, kävely- ja pyöräilyväylille, virkistys- ja puistoalueille sekä erityisalueille. **Suunnittelumääräys:** Alue tulee tarkemmassa suunnittelussa suunnitella ensisijaisesti asumiselle, palveluille ja työpaikoille. Eheää yhdyskuntarakennetta tulee edistää taajaman luonne huomioiden. Asumista ei tule sijoittaa yhtenäisille peltoalueille, jos se ei eheytä taajamarakennetta. Joukkoliikennettä ja kävelyyn ja pyöräilyyn tarkoitettua verkostoa tulee kehittää, jotta julkisten ja kaupallisten palvelujen sekä virkistysalueiden saavutettavuutta voidaan parantaa. Täydennysrakentaminen on sopeutettava olemassa olevaan asutukseen sekä kulttuuriympäristö-, maisema- ja luonnonarvoihin. Alue on tarkoitettu asemakaavoitettavaksi.
V	Virkistysalue **(MVE3, MVE5a, VVE3a)** **Merkinnän kuvaus:** Aluevarausmerkinnällä osoitetaan yleiseen virkistykseen ja ulkoiluun tarkoitettuja alueita. Alueella voi sijaita olemassa olevia vakituisia ja vapaa-ajan asuntoja. Alueella on voimassa maankäyttö- ja rakennuslain 33 §:n mukainen rakentamisrajoitus. **Suunnittelumääräys:** Alueidenkäyttö ja toimenpiteet alueella tulee suunnitella niin, että turvataan edellytykset käyttää aluetta yleiseen virkistykseen ja ulkoiluun ja varmistetaan alueen saavutettavuus sekä riittävä palvelu- ja varustustaso. Alue tulee suunnitella niin, että se tukee luontomatkailuelinkeinoa. Alueella sallitaan retkeily- ja virkistyskäyttöä palvelevan rakentamisen lisäksi jo olemassa olevien rakennusten korjaus- ja muutostyöt ja laajentaminen. Virkistysalueita suunniteltaessa on huomioitava niiden merkitys viheraluejärjestelmässä, ja niiden tulisi muodostaa pyöräily- ja ulkoilureittien kautta yhteistoiminnallinen maakunnallinen verkosto. Suunnittelussa ja toimenpiteissä tulee huomioida kulttuuriympäristö-, maisema- ja luonto- arvot. Alueelle tulee laatia kehittämis- ja hoitosuunnitelma.

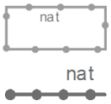
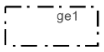
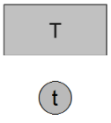
Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merkintä	Selite
	Rakentamismääräys: Alueelle on sallittua rakentaa rakennuksia, jotka mahdollistavat virkistys- ja luontomatkailupalveluiden toteuttamisen.
	Virkistys- / matkailukohde **(MVE4, MVE5a, MVE5b, VVE2, VVE3a, VVE3b)** **Merkinnän kuvaus:** Kohdemerkinnällä osoitetaan yleiseen virkistykseen, urheiluun ja matkailuun tarkoitettuja alueita. **Suunnittelumääräys:** Alueidenkäyttö ja toimenpiteet alueella tulee suunnitella niin, että turvataan edellytykset käyttää aluetta yleiseen virkistykseen, urheiluun ja matkailuun ja varmistetaan alueen saavutettavuus sekä riittävä palvelu- ja varustustaso. Alue tulee suunnitella niin, että se tukee luontomatkailuelinkeinoa. Virkistys-/matkailukohteita suunniteltaessa on huomioitava niiden merkitys viheraluejärjestelmässä, ja niiden tulisi muodostaa pyöräily- ja ulkoilureittien kautta yhteistoiminnallinen maakunnallinen verkosto. Suunnittelussa ja toimenpiteissä tulee huomioida kulttuuriympäristö-, maisema- ja luontoarvot.
	Luonnonsuojelulain nojalla suojeltu tai suojeltavaksi tarkoitettu alue (SL) **(MVE2a, MVE2b, MVE3, MVE4, MVE5a, MVE5b, VVE2, VVE3a, VVE3b)** **Merkinnän kuvaus:** Aluevarausmerkinnällä osoitetaan luonnonsuojelulain nojalla suojeltuja tai suojeltavaksi tarkoitettu alueita. Pienialaiset suojelualueet osoitetaan kohdemerkinnällä. Alueella on voimassa maankäyttö- ja rakennuslain 33 §:n mukainen rakentamisrajoitus. **Suojelumääräys:** Erityistä huomiota on kiinnitettävä alueen luonnonarvojen säilyttämiseen ja turvaamiseen sekä sellaisten toimenpiteiden välttämiseen, jotka vaarantavat niitä arvoja, joiden perusteella alue on muodostettu tai on tarkoitus muodostaa luonnonsuojelualueeksi.
	Suojeltu luontotyyppi (S4) **(MVE2a, MVE2b)** **Merkinnän kuvaus:** Kohdemerkinnällä osoitetaan luonnonsuojelulain 29 §:ssä määriteltyjä luonnontilaisia luontotyyppejä. Alueella on voimassa maankäyttö- ja rakennuslain 33 §:n mukainen rakentamisrajoitus. **Suojelumääräys:** Aluetta ei saa muuttaa niin, että luontotyypin ominaispiirteiden säilyminen vaarantuu.
	Muinaismuistolain nojalla rauhoitettu muinaisjäännöskohde **(MVE1b, MVE2a, MVE4, MVE5a, MVE5b, VVE2, VVE3a, VVE3b)** **Merkinnän kuvaus:** Ominaisuusmerkinnällä osoitetaan muinaismuistolain (295/1963) nojalla rauhoitettuja kiinteitä muinaisjäännöksiä. **Suojelumääräys:** Muinaisjäännökseen vaikuttavasta maankäytön ja toimenpiteiden suunnittelusta tulee neuvotella museoviranomaisen kanssa. Määräys koskee kaikkia kiinteitä muinaisjäännöksiä, myös niitä, joita ei vielä ole viety Museoviraston muinaisjäännösrekisteriin. **Suunnittelumääräys:** Maankäytön ja toimenpiteiden suunnittelussa tulee huomioida kulttuuriympäristö-, maisema- ja luonnonarvot.
	Tuulivoimaloiden alue (tv1) **(MVE2a, MVE2b, MVE3, MVE4, MVE5a, MVE5b, VVE2, VVE3a, VVE3b)** **Merkinnän kuvaus:** Ominaisuusmerkinnällä osoitetaan merialueita, jotka soveltuvat merkitykseltään seudullisille tuulivoimapuistoille. **Suunnittelumääräys:** Alueen suunnittelussa on otettava huomioon vaikutukset pysyvään asumiseen, vapaa-ajan asumiseen, virkistykseen ja kalastukseen sekä maisema-, kulttuuriympäristö- ja luonnonarvoihin. Lisäksi tulee ottaa huomioon

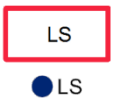
Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merkintä	Selite
	laiva- ja lentoliikenteestä sekä Puolustusvoimien toiminnasta aiheutuvat rajoitteet.
	Pietarsaaren kaupunkikehittämisen vyöhyke (kk-2) **(MVE4, MVE5a, MVE5b, VVE2, VVE3a, VVE3b)** **Merkinnän kuvaus:** Kehittämisperiaatemerkinnällä osoitetaan Pietarsaaren kaupunkiseudun keskeiset alueet, joilla kaupungin vaikutus on merkittävä. Alueeseen kuuluvat Pietarsaaren kaupunki lähitaajamineen ja kaupungin läheiset maaseutualueet. Rajaukseen sisältyvät myös Pedersören ja Luodon keskustat. **Suunnittelumääräys:** Pietarsaarta tulee kehittää seudun keskuksena osana valtakunnallista kaupunkiseutuverkostoa. Alueelle tulee kehittää toimiva yhdyskuntarakenne, joka turvaa ekologisen toimivuuden. Maisemarakenteen ja yhtenäisten suunnitteluperiaatteiden tulee olla perustana kaikelle rakentamiselle hyvän kaupunki- ja maisemakuvan luomiseksi. Uudisrakentaminen tulee sijoittaa niin, että se ei estä eheän yhdyskuntarakenteen tulevaa laajentamista. Yhdyskuntarakenteen tulee edistää ekologista kestävyyttä ja biologista monimuotoisuutta sekä turvata virkistysalueiden tarjonta ja saavutettavuus. Uudet asunto- ja työpaikka-alueet tulee sijoittaa suotuisasti joukkoliikenteen sekä kävelyn ja pyöräilyn kehittämistä ajatellen. Seudullisesti merkittävät palvelut tulee ohjata kaupungin keskustassa oleville alueille tai sen läheisyyteen. Aluetta tulee kehittää kansainvälisesti vetovoimaisena yritystoiminnan alueena. Alueen saavutettavuus tulee varmistaa ja sitä kehittää. Erityistä huomiota tulee kiinnittää teiden, rautateiden, sataman ja lentoaseman kautta kulkeviin kansainvälisiin yhteyksiin. **Suunnittelusuositus:** Alueidenkäytön suunnittelu ja alueen kehittäminen tulee tehdä kuntarajoja ylittävänä yhteistyönä.
	Valtakunnallisesti arvokas maisema-alue **(MVE1a, MVE1b, VVE1)** **Merkinnän kuvaus:** Ominaisuusmerkinnällä osoitetaan valtakunnallisesti arvokkaat maisema-alueet ja maisemanähtävyydet maaseudulla (VAMA 2021). **Suunnittelumääräys:** Jos alueelle osoitetaan aluevarausmerkintä, se määrittelee ensisijaisen alueidenkäyttömuodon alueella. Alueen käytössä on varmistettava, että kulttuuriympäristöjen ja luonnonperinnön arvot säilyvät. Tarkemmassa suunnittelussa sekä rakentamisessa tulee ottaa huomioon maisema-alue tai maisemanähtävyys kokonaisuutena sekä sen erityispiirteet ja ajallinen kerroksellisuus siten, että siihen liittyvät arvot turvataan ja aluetta voidaan kehittää. Tavoitteena tulee olla, että alueen pellot säilyvät avoimina ja maatalouskäytössä ja että metsät hoidetaan. Rakennuspaikkoja ei maa- ja metsätalouden tarpeita lukuun ottamatta tule suunnitella sijoitettavaksi yhtenäisille peltoalueille.
	Valtakunnallisesti merkittävä rakennettu kulttuuriympäristö **(MVE4, MVE5a, MVE5b, VVE2, VVE3a, VVE3b)** **Merkinnän kuvaus:** Ominaisuusmerkinnällä osoitetaan valtakunnallisesti merkittävät rakennetun kulttuuriympäristön alueet, tiet ja kohteet (RKY 2009). Pienialaiset alueet osoitetaan kohdemerkinnällä. **Suunnittelumääräys:** Jos alueelle osoitetaan aluevarausmerkintä, se määrittelee ensisijaisen alueidenkäyttömuodon alueella. Alueiden käytössä on varmistettava, että kulttuuriympäristöjen ja luonnonperinnön arvot säilyvät.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merkintä	Selite
	Tarkemmassa suunnittelussa sekä rakentamisessa tulee ottaa huomioon rakennettu kulttuuriympäristö kokonaisuutena, sen erityispiirteet ja ajallinen kerroksellisuus siten, että siihen liittyvät arvot turvataan ja aluetta voidaan kehittää.
	Maakunnallisesti arvokas kulttuuriympäristö **(MVE5a, MVE5b, VVE3a, VVE3b)** **Merkinnän kuvaus:** Ominaisuusmerkinnällä osoitetaan maakunnallisesti arvokkaat kulttuurimaisemat ja rakennetut kulttuuriympäristöt. Pienialaiset alueet osoitetaan kohdemerkinnällä. **Suunnittelumääräys:** Jos alueelle osoitetaan aluevarausmerkintä, se määrittelee ensisijaisen alueidenkäyttömuodon alueella. Alueen käytössä on varmistettava, että kulttuuriympäristön ja luonnonperinnön arvot säilyvät. Tarkemmassa suunnittelussa sekä rakentamisessa tulee ottaa huomioon kulttuuriympäristö kokonaisuutena sekä sen erityispiirteet ja ajallinen kerroksellisuus siten, että siihen liittyvät arvot turvataan ja aluetta voidaan kehittää. Tavoitteena tulee olla, että alueen pellot säilyvät avoimina ja maatalouskäytössä ja että metsät hoidetaan. Rakennuspaikkoja ei maa- ja metsätalouden tarpeita lukuun ottamatta tule suunnitella sijoitettavaksi yhtenäisille peltoalueille.
	Natura 2000 -verkostoon kuuluva alue **(MVE3, MVE4, MVE5a, MVE5b, VVE2, VVE3a, VVE3b)** **Merkinnän kuvaus:** Ominaisuusmerkinnällä osoitetaan Natura 2000 -verkostoon kuuluvat alueet. **Suunnittelumääräys:** Alueidenkäyttö ja toimenpiteet tulee suunnitella ja toteuttaa niin, etteivät ne merkittävästi heikennä niitä luonnonarvoja, joiden suojelemiseksi alue on sisällytetty Natura 2000 -verkostoon.
	Luonnon monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeä alue **(MVE2a, MVE2b, MVE3, MVE4, MVE5a, MVE5b, VVE2, VVE3a, VVE3b)** **Merkinnän kuvaus:** Ominaisuusmerkinnällä osoitetaan tärkeimmät kansainvälisesti (IBA) ja valtakunnallisesti merkittävät linnustoalueet (FINIBA). **Suunnittelumääräys:** Alueidenkäyttö ja toimen- piteet tulee suunnitella ja toteuttaa niin, että edistetään biologisen monimuotoisuuden ja luonnonarvojen säilymistä alueella. Alueen sisällä voi olla useita eri alueidenkäyttömuotoja. Merkintä ei rajoita alueen käyttöä maa- ja metsätaloudessa.
	Valtakunnalliseen harjujensuojeluohjelmaan kuuluva alue **(MVE2a, MVE2b)** **Merkinnän kuvaus:** Ominaisuusmerkinnällä osoitetaan Storsand Uudessakaarlepyyssä ja Stenringarna Kristiinankaupungissa, jotka sisältyvät valtakunnalliseen harjujensuojeluohjelmaan. **Suojelumääräys:** Alueen erityispiirteitä haitallisesti muuttuvat toimenpiteet ovat kiellettyjä. Erityistä huomioita on kiinnitettävä alueella sijaitsevan geologisen muodostuman suojeluun ja hoitoon.
	Teollisuus- ja varastoalue **(MVE1a, VVE1)** **Merkinnän kuvaus:** Aluevarausmerkinnällä osoitetaan teollisuus- ja varastoalueita. Uudet tai pienialaiset teollisuus- ja varastoalueet osoitetaan kohdemerkinnällä. **Suunnittelumääräys:** Tarkemmassa suunnittelussa tulee kiinnittää huomiota alueen saavutettavuuteen ja liikennejärjestelyihin sekä kulttuuriympäristö-, maisema- ja luontoarvoihin. Taajama-alueilla tai niiden viereisillä alueilla tulee

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merkintä	Selite
	alueen suunnittelussa ottaa huomioon kaupunki- ja taajamakuva ja osoittaa asuin- ja virkistysalueille riittävät suojavyöhykkeet. Tarkempien selvitysten perusteella alueelle voi osoittaa teollisuuslaitoksia, joilla on merkittäviä ympäristövaikutuksia, ja laitoksia, jotka käsittelevät vaarallisia kemikaaleja. Merkittävät ympäristöhaitat tulee estää osoittamalla riittävät suojavyöhykkeet tai teknillisillä ratkaisuilla. Jos alueella varastoidaan tai valmistetaan polttoaineita tai muita vaarallisia aineita, tulee alueen ja sen lähiympäristön suunnittelussa ottaa huomioon varastoinnista ja valmistelusta aiheutuvat ympäristöriskit. Alueelle ei tule osoittaa uutta asumista.
	Kemianteollisuuden ja kemiallisten aineiden varastointialue **(MVE4, MVE5a, MVE5b, VVE2, VVE3a, VVE3b)** **Merkinnän kuvaus:** Aluevarausmerkinnällä osoitetaan teollisuus- ja varastoalueita, joissa käytetään tai käsitellään vaarallisia aineita ja joita koskee EU-direktiivi 2012/18/EU (Seveso III -direktiivi). Kohteiden konsultointivyöhykkeet ovat vähintään 1 km. **Suunnittelumääräys:** Tarkemmassa suunnittelussa tulee huomioida laitoksen konsultointivyöhyke sekä vaarallisten aineiden kuljetuksiin ja varastointiin liittyvät riskit. Erityistä huomiota tulee kiinnittää laitoksen laajentumistarpeisiin ja evakuointitarpeisiin sekä pelastuslaitoksen toimintaedellytyksiin.
	Jätevedenpuhdistamo **(MVE4, VVE2)** **Merkinnän kuvaus:** Kohdemerkinnällä osoitetaan jätevedenpuhdistamoita. **Suunnittelumääräys:** Toimenpiteiden suunnittelussa tulee huomioida vaikutukset ympäristöön.
	Siirtoviemäri **(MVE4, MVE5a, MVE5b, VVE2, VVE3a, VVE3b)** **Merkinnän kuvaus:** Viivamerkinnällä osoitetaan siirtoviemäreitä.
	Päävesijohto **(MVE5a, VVE3a)** **Merkinnän kuvaus:** Viivamerkinnällä osoitetaan päävesijohtoja.
	Pietarsaari–Kokkola-kehittämisvyöhyke **(MVE5a, MVE5b, VVE3a, VVE3b)** **Merkinnän kuvaus:** Kehittämisperiaatemerkinnällä osoitetaan Pietarsaaren ja Kokkolan kaupunkiseutujen yhteiseen työssäkäyntialueeseen perustuva vyöhyke. **Suunnittelumääräys:** Vyöhykettä tulee kehittää siten, että vyöhykkeellä edistetään pendelöintiä. Erityisesti tulee kiinnittää huomiota toimivien matka- ja kuljetusketjujen ja niiden solmukohtien sekä joukkoliikenteen että kävelyn ja pyöräilyn kehittämiseen. Lento- ja junayhteydet tulee turvata. Kokkola-Pietarsaaren lentoaseman sekä Pietarsaaren ja Pietarsaaren-Pedersören liityntäasemien liityntäliikennettä ja saavutettavuutta tulee kehittää.
	Satama-alue **(MVE1a, VVE1)** Merkinnän kuvaus: Aluevarausmerkinnällä osoitetaan valtakunnallisesti tärkeät kauppamerenkulkuun soveltuvat satamat Kaskisissa, Vaasassa ja Pietarsaaressa. Kanäsin satama Uudessakaarlepyyssä osoitetaan kohdemerkinnällä. Alueella on voimassa maankäyttö- ja rakennuslain 33 §:n mukainen rakentamisrajoitus. Suunnittelumääräys: Satama-alueen ja sitä ympäröivän alueen alueidenkäytön suunnittelussa tulee varmistaa riittävät liikenneyhteydet ja tarvittava infrastruktuuri niin maalla kuin merellä. Satama-alueen kulttuurihistorialliset arvot tulee ottaa huomioon.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merkintä	Selite
	Rakentamismääräys: Alueella sallitaan satamatoimintaan liittyvä tai sitä tukeva rakentaminen.
	Kalasatama **(MVE2a, MVE2b, MVE4, MVE5a, MVE5b, VVE2, VVE3a, VVE3b)** Merkinnän kuvaus: Kohdemerkinnällä osoitetaan kalastuselinkeinon kannalta merkittävät satamat. Suunnittelumääräys: Satama-alueen suunnittelussa ja kehittämisessä tulee varmistaa riittävät liikenneyhteydet ja tarvittava infrastruktuuri. Satama-alueelle voi sijoittaa ja siellä voi kehittää virkistys- ja matkailutoimintaa sekä muuta toimintaa edellyttäen, että se ei estä kalastuselinkeinon harjoittamista.
	Laivaväylä **(MVE1a, MVE1b, MVE4, MVE5a, MVE5b, VVE1, VVE2, VVE3a, VVE3b)** **Merkinnän kuvaus:** Viivamerkinnällä osoitetaan kauppamerenkulun laivaväylät (Väyläviraston luokat 1 ja 2).
	Veneväylä **(MVE1a, MVE1b, MVE2a, MVE2b, MVE3, MVE4, MVE5a, MVE5b, VVE1, VVE2, VVE3a, VVE3b)** **Merkinnän kuvaus:** Viivamerkinnällä osoitetaan virkistyksen, matkailun, huviveneilyn ja kalastuksen kannalta keskeisimmät väylät sekä hyötyliikenteen matalaväylät (Väyläviraston luokat 3–5).
	Kaasuputken yhteystarve **(MVE5a, MVE5b, VVE3a, VVE3b)** **Merkinnän kuvaus:** Kehittämisperiaatemerkinnällä osoitetaan kaasun runkoputki. Putkilinjauksen tarkka sijainti määräytyy tarkemmassa suunnittelussa. **Suunnittelumääräys:** Alueiden käyttöä suunniteltaessa on otettava huomioon kaasuputkiston suojaetäisyyksistä annetut määräykset. Jatkosuunnittelussa tulee johtolinjalle selvittää tarkoituksenmukaisin vaihtoehto, jossa huomioidaan muu alueidenkäyttö sekä maisema-, kulttuuriympäristö- ja luontoarvot.
	Päävesijohdon yhteystarve **(MVE2a)** **Merkinnän kuvaus:** Kehittämisperiaatemerkinnällä osoitetaan tarpeelliset vesijohtoyhteydet eri vesijohtoverkostojen välille talousveden riittävyyden ja jakelun varmistamiseksi myös poikkeus- ja häiriötilanteissa. Johtolinjauksen tarkka sijainti määräytyy tarkemmassa suunnittelussa. **Suunnittelumääräys:** Jatkosuunnittelussa tulee johtolinjalle selvittää tarkoituksenmukaisin vaihtoehto, jossa huomioidaan muu alueidenkäyttö sekä maisema-, kulttuuriympäristö- ja luontoarvot.
	Siirtoviemärin yhteystarve **(MVE2a)** **Merkinnän kuvaus:** Kehittämisperiaatemerkinnällä osoitetaan siirtoviemäreiden yhteystarpeita. Johtolinjauksen tarkka sijainti määräytyy tarkemmassa suunnittelussa. **Suunnittelumääräys:** Jatkosuunnittelussa tulee johtolinjalle selvittää tarkoituksenmukaisin vaihtoehto, jossa huomioidaan muu alueidenkäyttö sekä maisema-, kulttuuriympäristö- ja luontoarvot.
	Yhdystie **(MVE5a, VVE3a)**

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merkintä	Selite
	Merkinnän kuvaus: Viivamerkinnällä osoitetaan merkittävimmät yhdystiet (keskimäärin vähintään 350 ajoneuvoa vuorokaudessa). Tiealueella on voimassa maankäyttö- ja rakennuslain 33 §:n mukainen rakentamisrajoitus.
	Yhdysrata **(MVE4, VVE2)** **Merkinnän kuvaus:** Viivamerkinnällä osoitetaan raideliikenteen yhdysradat. Rata-alueella on voimassa maankäyttö- ja rakennuslain 33 §:n mukainen rakentamisrajoitus.
	Ohjeellinen ulkoilureitti **(MVE3)** **Merkinnän kuvaus:** Kehittämisperiaatemerkinnällä osoitetaan ulkoilureittejä. **Suunnittelumääräys:** Ulkoilureitin yksityiskohtainen suunnittelu ja merkintä tulee tehdä yhteistyössä maanomistajien ja viranomaisten kanssa. Ulkoilureittiä suunniteltaessa on huomioitava sen merkitys viheraluejärjestelmässä, ja sen tulee, jos mahdollista, yhdistää virkistysalueita, virkistys- ja matkailukohteita, arvokkaita kulttuuriympäristöjä ja luonnonsuojelualueita yhteistoiminnalliseksi maakunnalliseksi verkostoksi. Suunnittelussa ja toimenpiteissä tulee huomioida kulttuuriympäristö-, maisemaja luontoarvot.
	Ohjeellinen pyöräilyreitti **(MVE3, MVE5a, VVE3a)** **Merkinnän kuvaus:** Kehittämisperiaatemerkinnällä osoitetaan pyöräilyreittejä. **Suunnittelumääräys:** Pyöräilyreitin yksityiskohtainen suunnittelu ja merkintä tulee tehdä yhteistyössä maanomistajien ja viranomaisten kanssa. Reittiä suunniteltaessa tulee pyrkiä käyttämään olemassa olevia teitä ja kevyen liikenteen väyliä. Pyöräilyreittiä suunniteltaessa on huomioitava sen merkitys viheraluejärjestelmässä, ja sen tulee, jos mahdollista, yhdistää virkistysalueita, virkistys- ja matkailukohteita, arvokkaita kulttuuriympäristöjä ja luonnonsuojelualueita yhteistoiminnalliseksi maakunnalliseksi verkostoksi. Suunnittelussa ja toimenpiteissä tulee huomioida kulttuuriympäristö-, maisema- ja luontoarvot.

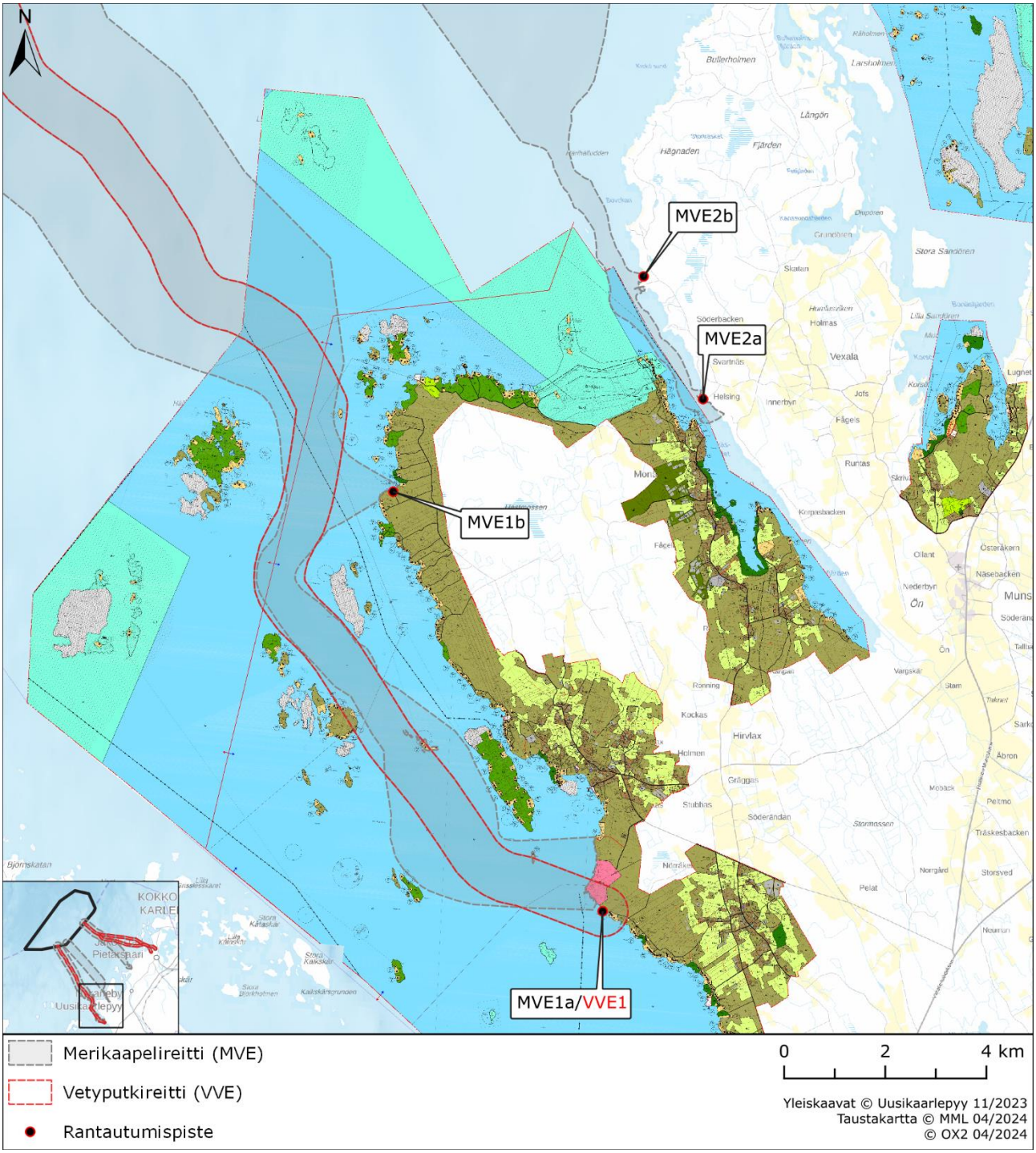
3.2.2.3 Yleiskaavat

Merituulivoimapuiston alue sijoittuu talousvyöhykkeelle, missä kaavoitusta ohjaava alueidenkäyttölaki ei ole voimassa. Kaikki vaihtoehtoiset läjitysalueet sijaitsevat yleiskaava-alueiden ulkopuolella.

Merikaapeli- ja vetyputkireittien osuuksilla on voimassa olevia yleiskaavoja rannan läheisyydessä. Merikaapelireitit MVE1a ja MVE1b sekä vetyputkireitti VVE1 sijoittuvat Uudessakaarlepyyssä mantereen läheisyydessä ja rantautumiskohdassa merenläheisten kylien (hyv. 19.6.2008) osayleiskaava-alueelle (Kuva 3-9) *(Uudenkaarlepyyn kaupunki & Sigma konsultit 2008)*. Kaavassa merikaapeleiden alueelle sijoittuu tai siihen rajautuu maa- ja metsätalousvaltaista aluetta (M), yhdyskuntateknisen huollon, öljysataman ja tuulivoimaloiden aluetta (ET/LS), vesialuetta (W), loma-asuntoaluetta (RA), lintuluoto, veneväylä sekä sisäsaariston ja manneralueen/RA-alueen ja ulkosaariston/RA-alueen välinen raja. Kaavassa vetyputkireitin VVE1 alueelle sijoittuu tai siihen rajautuu maa- ja metsätalousvaltaista aluetta (M), loma-asuntojen aluetta (RA), yhdyskuntateknisen huollon, öljysataman ja tuulivoimaloiden aluetta (ET/LS) sekä veneväylä. Reittien MVE1a ja VVE1 rantautumispaikka on osoitettu maa- ja metsätalousvaltaiselle alueelle (M), josta on etäisyyttä noin 100 metriä sekä loma-asuntojen alueelle (RA) että yhdyskuntateknisen huollon, öljysataman ja tuulivoimaloiden alueelle (ET/LS). Reitin MVE1b rantautumispaikan kohdalle on osoitettu loma-asuntoaluetta (RA).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Uudessakaarlepyyssä reittivaihtoehtojen MVE2a ja MVE2b länsilaidalla on voimassa merenläheisten kylien (hyv. 19.6.2008) osayleiskaava *(Uudenkaarlepyyn kaupunki & Sigma konsultit 2008)*. Mantereen läheisyydessä reittivaihtoehtojen länsiosalle on osoitettu vesialuetta (W) ja veneväylä. Reittivaihtoehdon MVE2a oheen on osoitettu suojelualuetta, joka kuuluu harjujensuojeluohjelmaan (SL-2). Mantereen rantautumispaikat eivät ole yleiskaavoitettua aluetta.

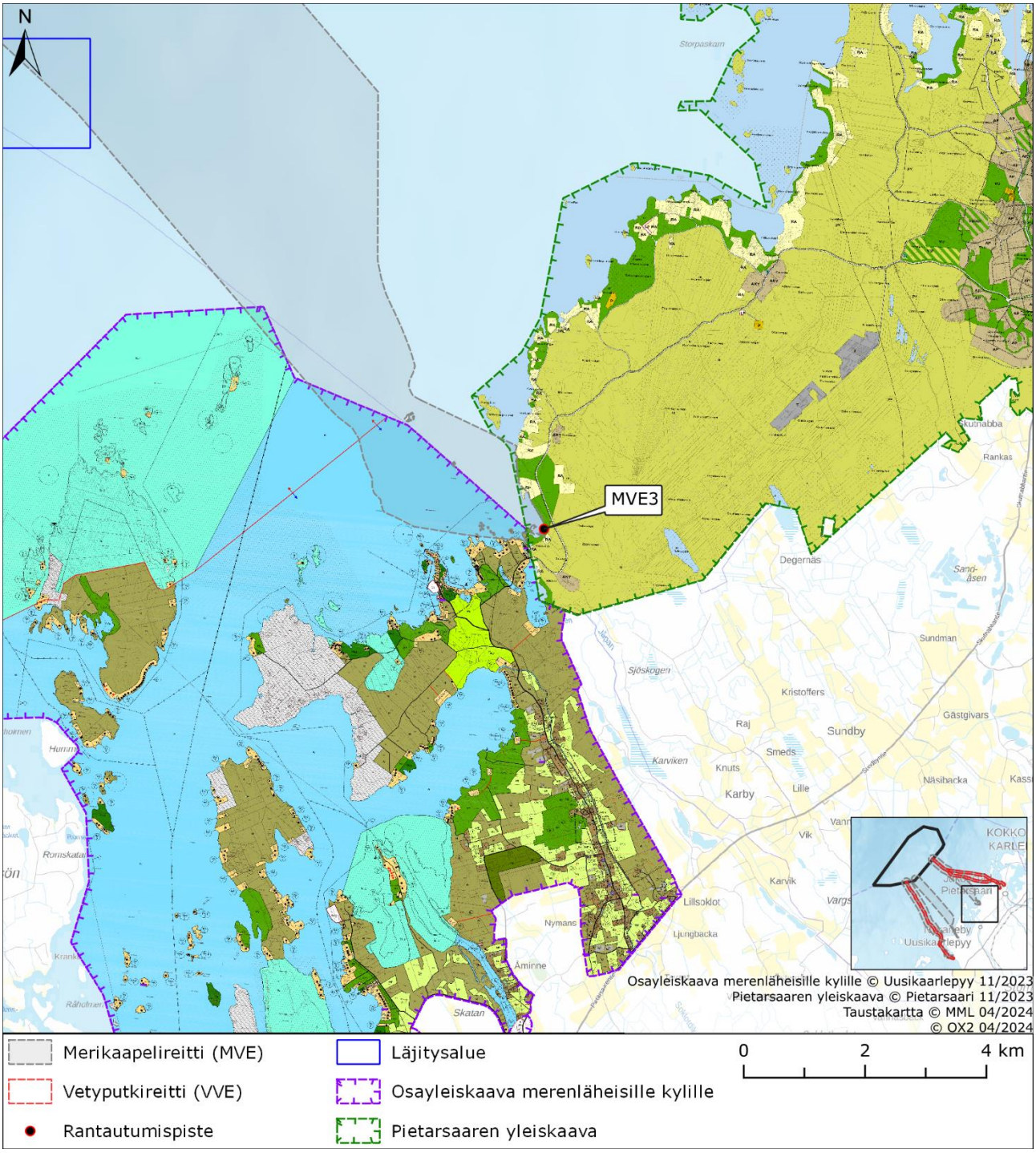


Kuva 3-9. Merikaapelireittien MVE1a, MVE1b, MVE2a ja MVE2b sekä vetyputkireitin VVE1 sijainnit yleiskaavoitetulla alueella (Suomen ympäristökeskus 2024a).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merikaapelireitti MVE3 sijoittuu Uudenkaarlepyyn ja Pietarsaaren kuntien alueille. Molempien kuntien mantereen läheinen merialue ja mantereen rantautumispaikka on yleiskaavoitettua aluetta (Kuva 3-10). MVE3 sijoittuu Uudessakaarlepyyssä mantereen läheisyydessä ja rantautumiskohdassa merenläheisten kylien (hyv. 19.6.2008) osayleiskaava-alueelle *(Uudenkaarlepyyn kaupunki & Sigma konsultit 2008)*. Kaavassa merikaapelireitin alueelle sijoittuu tai siihen rajautuu maa- ja metsätalousvaltaista aluetta (M), vesialuetta (W) ja loma-asuntoaluetta (RA). Pietarsaaressa alueella on voimassa oikeusvaikutukseton Pietarsaaren yleiskaava 2020 (hyv. 28.1.2008) *(Pietarsaaren kaupunki 2008)*, jossa reittivaihtoehto MVE3 sijaitsee vesialueella ja rajautuu kaupunkipuiston alueelle, kesäasuntojen alueelle (RA) sekä vapaa-aikaan ja matkailuun liittyvien palvelujen alueelle (RP). Reitin MVE3 rantautumispiste sijaitsee Pietarsaaren yleiskaava 2020:n alueella, ja kohdalle on osoitettu kaupunkipuiston aluetta sekä vesialuetta.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 3-10. Merikaapelireitin MVE3 sijainti yleiskaavoitetulla alueella (Suomen ympäristökeskus 2024a).

Merikaapelireitin MVE4 ja vetyputkireitin VVE2 tarkastelualue on sama. Reittivaihtoehdot MVE4/VVE2 sijoittuvat oikeusvaikutuksettoman Pietarsaaren yleiskaava 2020:n (hyv. 28.1.2008) alueelle sekä Luodon rantayleiskaavan tarkistuksen (vahvistettu 18.4.2012) alueelle (Kuva 3-11). Pietarsaaren yleiskaava 2020:ssä reittivaihtoehtojen alueelle on osoitettu kesäasuntojen aluetta (RA), vapaa-aikaan ja matkailuun liittyvien palvelujen aluetta (RP), maaseutumaista aluetta,

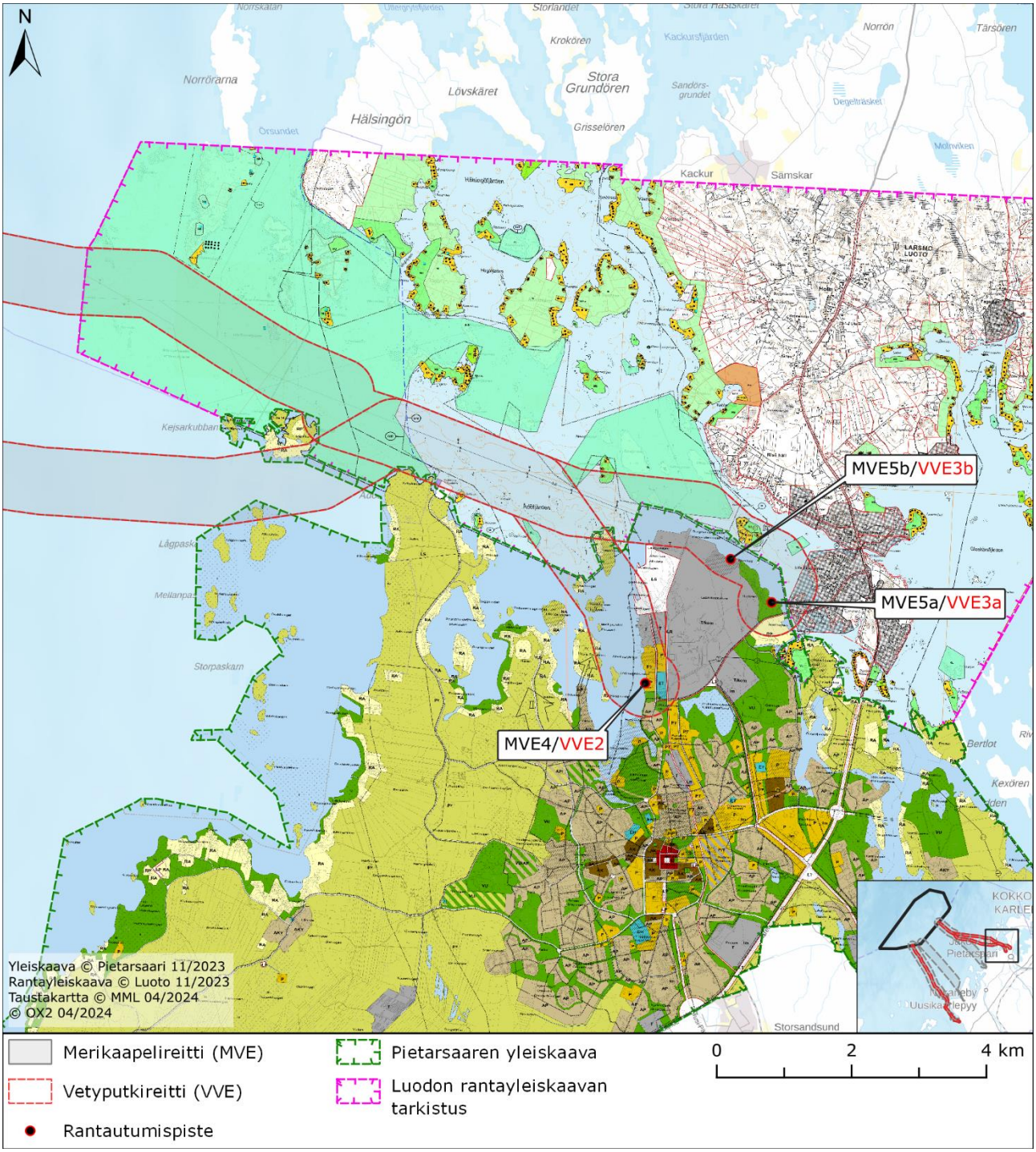
Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

arvokasta luonnonaluetta, arvokasta kaupunkialuetta, kaupunkipuistoa, palvelujen aluetta (P), palvelujen ja tuotannon aluetta (PT), tuotannon ja varastoinnin aluetta (T), tuotannon ja varastoinnin aluetta, jolla on merkittäviä, vaarallisia kemikaaleja valmistavia tai varastoivia laitoksia (T/kem), yhdyskuntateknisen huollon aluetta (ET), tavara- ja henkilöliikenteen satama (LS), rautatiealuetta (LR), maanläheiseen asumiseen tarkoitettua aluetta (AP), kevyen liikenteen reittejä sekä laivaväylä. Lisäksi reittivaihtoehdot sijaitsevat Pietarsaaren sataman läheisyydessä kaavassa osoitetulla EU:n direktiivin 96/82/EG mukaisella konsultaatiovyöhykkeellä sekä Ådön länsipuolella Natura 2000 -verkostoon kuuluvalla tai ehdotetulla alueella (nat).

Luodon rantayleiskaavan tarkistuksen alueelle on osoitettu reittien MVE4/VVE2 osalta luonnonsuojelualuetta (SL), Natura 2000 -alueen raja (nat), valtakunnalliseen rantojensuojeluohjelmaan kuuluvaa aluetta (sra), rakennusten ja yhdyskuntateknisen toiminnan tilojen aluetta, joka on varattu tuulivoimaloille (ET), kalasatama (LV-1) sekä loma-asuntojen aluetta (RA). Reitti ylittää kaavassa osoitetun sisävyöhykkeen (iz) rajan. Rantautumispaikka reiteille MVE4/VVE2 sijaitsee Pietarsaaren yleiskaava 2020:n alueella, ja kaavassa rantautumispaikalle on osoitettu palvelujen aluetta (P).

Reittien MVE5a ja VVE3a sekä toisaalta reittien MVE5b ja VVE3b alueet vastaavat toisiaan. Reitit sijoittuvat oikeusvaikutuksettoman Pietarsaaren yleiskaava 2020:n (hyv. 28.1.2008) alueelle sekä Luodon rantayleiskaavan tarkistuksen (vahvistettu 18.4.2012) alueelle (Kuva 3-11). Luodon rantayleiskaavan tarkistuksen osalta tarkastelualueelle on osoitettu luonnonsuojelualuetta (SL), Natura 2000 -alueen raja (nat), valtakunnalliseen rantojensuojeluohjelmaan kuuluvaa aluetta (sra), rakennusten ja yhdyskuntateknisen toiminnan tilojen aluetta, joka on varattu tuulivoimaloille (ET), kalasatama (LV-1) loma-asuntojen aluetta (RA), loma-asuntojen aluetta, jolla ympäristöä suojellaan (RA/s), maa- ja metsätalousaluetta, jolla on tarve hallita ulkoilua tai ympäristöarvoja (MU) sekä kaupunki- tai kyläkuvan kannalta arvokasta aluetta (sk). Reitti ylittää kaavassa osoitetun sisävyöhykkeen (iz) rajan. Pietarsaaren yleiskaava 2020:ssa tarkastelualueelle osoitetaan maaseutumaista aluetta, vapaa-aikaan ja matkailuun liittyvien palvelujen aluetta (RP), tavara- ja henkilöliikenteen satama (LS), tuotannon ja varastoinnin aluetta (T), tuotannon ja varastoinnin aluetta, jolla on merkittäviä, vaarallisia kemikaaleja valmistavia tai varastoivia laitoksia (T/kem), kaupunkipuistoa, vapaa-aikaan ja matkailuun liittyvien palvelujen aluetta (RP), arvokasta luonnonaluetta, arvokasta kaupunkialuetta, kevyen liikenteen reitti sekä laivaväylä. Lisäksi tarkastelualue sijaitsee Pietarsaaren sataman läheisyydessä kaavassa osoitetulla EU:n direktiivin 96/82/EG mukaisella konsultaatiovyöhykkeellä. Merikaapelireitin viides päävaihtoehto MVE5 sekä vetyputkireitin kolmas vaihtoehto VVE3 rantautuu kahdesta osasta (a ja b) mantereelle, joista vaihtoehdon MVE5a/VVE3a kohdalla Pietarsaaren yleiskaava 2020:ssa on osoitettu vesialuetta ja välittömään läheisyyteen kaupunkipuistoa. Vaihtoehdon MVE5b/VVE3b kohdalla Pietarsaaren yleiskaava 2020:ssa on osoitettu vesialuetta ja välittömään läheisyyteen arvokasta kaupunkialuetta sekä tuotannon ja varastoinnin aluetta, jolla on merkittäviä, vaarallisia kemikaaleja valmistavia tai varastoivia laitoksia (T/kem).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 3-11. Merikaapelireittien MVE4, MVE5a ja MVE5b sekä vetyputkireittien VVE2, VVE3a ja VVE3b sijainnit yleiskaavoitetulla alueella (Suomen ympäristökeskus 2024a).

3.2.2.4 Vireillä olevat yleiskaavat

Pietarsaaressa on vireillä koko kunnan kattavan yleiskaavan 2040 laadinta. Merikaapelireittien MVE3, MVE4, MVE5a ja MVE5b sekä vetyputkireitit VVE2, VVE3a ja VVE3b sijoittuvat kaava-alueelle. Yleiskaavaluonnos (Kuva 3-12, Kuva 3-13, Kuva 3-14 ja Kuva 3-15) on ollut nähtävillä 26.5.2021–27.8.2021 ja yleiskaavaehdotus 25.1.2023–3.3.2023.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Yleiskaavaehdotuksessa *(Pietarsaaren kaupunki 2022a)* reitin MVE3 alueelle (Kuva 3-12) on osoitettu:

- virkistysaluetta (V),
- luonnon monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeää aluetta (luo-1) sekä
- loma-asuntoaluetta (RA).
- Lisäksi reitti MVE3 rajautuu matkailupalvelujen alueeseen (RM).

Pietarsaaren yleiskaavaehdotuksessa reittien MVE4 ja VVE2 tarkastelualueelle on osoitettu:

- luonnonsuojelualuetta (SL),
- loma-asuntojen aluetta (RA),
- virkistysaluetta, jolla ympäristö säilytetään (V/s),
- virkistysaluetta (V),
- maa- ja metsätalousvaltaista aluetta (M),
- matkailupalvelujen aluetta, jolla ympäristö säilytetään (RM/s),
- pientalovaltaista asuntoaluetta (AP),
- lähivirkistysaluetta (VL),
- lähivirkistysaluetta, jolla ympäristö säilytetään (VL/s),
- yhdyskuntateknisen huollon aluetta (ET),
- palvelujen ja hallinnon aluetta (P),
- työpaikka-aluetta (TP),
- satama-aluetta (LS),
- teollisuus- ja varastoaluetta, jolla on/jolle saa sijoittaa merkittävän, vaarallisia kemikaaleja valmistavan tai varastoivan laitoksen (T/kem),
- yhdystie/kokoojakatu (yt/kk),
- yhdysrata/sivurata/kaupunkirata,
- kevyen liikenteen reittejä,
- laivaväylä,
- veneväyliä,
- Natura 2000 -verkostoon kuuluvaa tai ehdotettua aluetta (nat),
- valtakunnallisesti merkittävää rakennettua ympäristöä (Rky-1),
- alueella sijaitsevia kiinteitä muinaisjäännöksiä tai muita kulttuurikohteita (sm) sekä
- paikallisesti arvokkaita rakennusperintökohteita (sr).

Pietarsaaren yleiskaavaehdotuksessa reittien MVE5a, MVE5b, VVE3a ja VVE3b alueelle (Kuva 3-13, Kuva 3-14 ja Kuva 3-15) on osoitettu:

- luonnonsuojelualuetta (SL),
- satama-aluetta (LS),
- teollisuus- ja varastoaluetta, jolla on/jolle saa sijoittaa merkittävän, vaarallisia kemikaaleja valmistavan tai varastoivan laitoksen (T/kem),
- virkistysaluetta, jolla ympäristö säilytetään (V/s),
- loma-asuntojen aluetta, jolla ympäristö säilytetään (RA/s),
- pientalovaltaista asuntoaluetta/matkailupalvelujen aluetta (AP/RM),
- maakunnallisesti merkittävää rakennettua kulttuuriympäristöä, jonka ympäristöt/ominaispiirteet tulee säilyttää (Mk-2, Hällören),
- suojaviheraluetta, jolla ympäristö säilytetään (EV/s) sekä
- viheryhteystarve risteten kaavassa osoitetun
- yksityistien/kokoojakadun (yt/kk) sekä
- kevyen liikenteen reitin kanssa.

Pietarsaaren yleiskaavaehdotuksessa reitin MVE3 rantautumispisteen kohdalle tai välittömään läheisyyteen on osoitettu virkistysaluetta (V), luonnon monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeää aluetta (luo-1) sekä ulkoilureitti.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Pietarsaaren yleiskaavaehdotuksessa reittien MVE4 ja VVE2 rantautumispisteen kohdalle on osoitettu palvelujen ja hallinnon aluetta (P) sekä vesialuetta.

Reittien MVE5a ja VVE3a rantautumispisteen kohdalle Pietarsaaren yleiskaavaehdotuksessa on osoitettu virkistysaluetta, jolla ympäristö säilytetään (V/s) ja maakunnallisesti merkittävää rakennettua kulttuuriympäristöä, jonka ympäristöt/ominaispiirteet tulee säilyttää (Mk-2, Hällören) sekä alle 100 metrin etäisyydelle loma-asuntojen aluetta, jolla ympäristö säilytetään (RA/s).

Reittien MVE5b ja VVE3b rantautumispisteen kohdalle Pietarsaaren yleiskaavaehdotuksessa on osoitettu virkistysaluetta, jolla ympäristö säilytetään (V/s) sekä alle 100 metrin etäisyydelle loma-asuntojen aluetta, jolla ympäristö säilytetään (RA/s).

Luodon kunnassa on vireillä Luodon rantayleiskaavan tarkistus, josta oli nähtävillä luonnos vuodenvaihteessa 2023–2024 *(Luodon kunta 2023)*. Kaavaluonnoksessa (Kuva 3-13 ja Kuva 3-14) merikaapelireittien vaihtoehtojen MVE5a ja MVE5b sekä vetyputkireittien vaihtoehtojen VVE3a ja VVE3b alueelle on osoitettu:

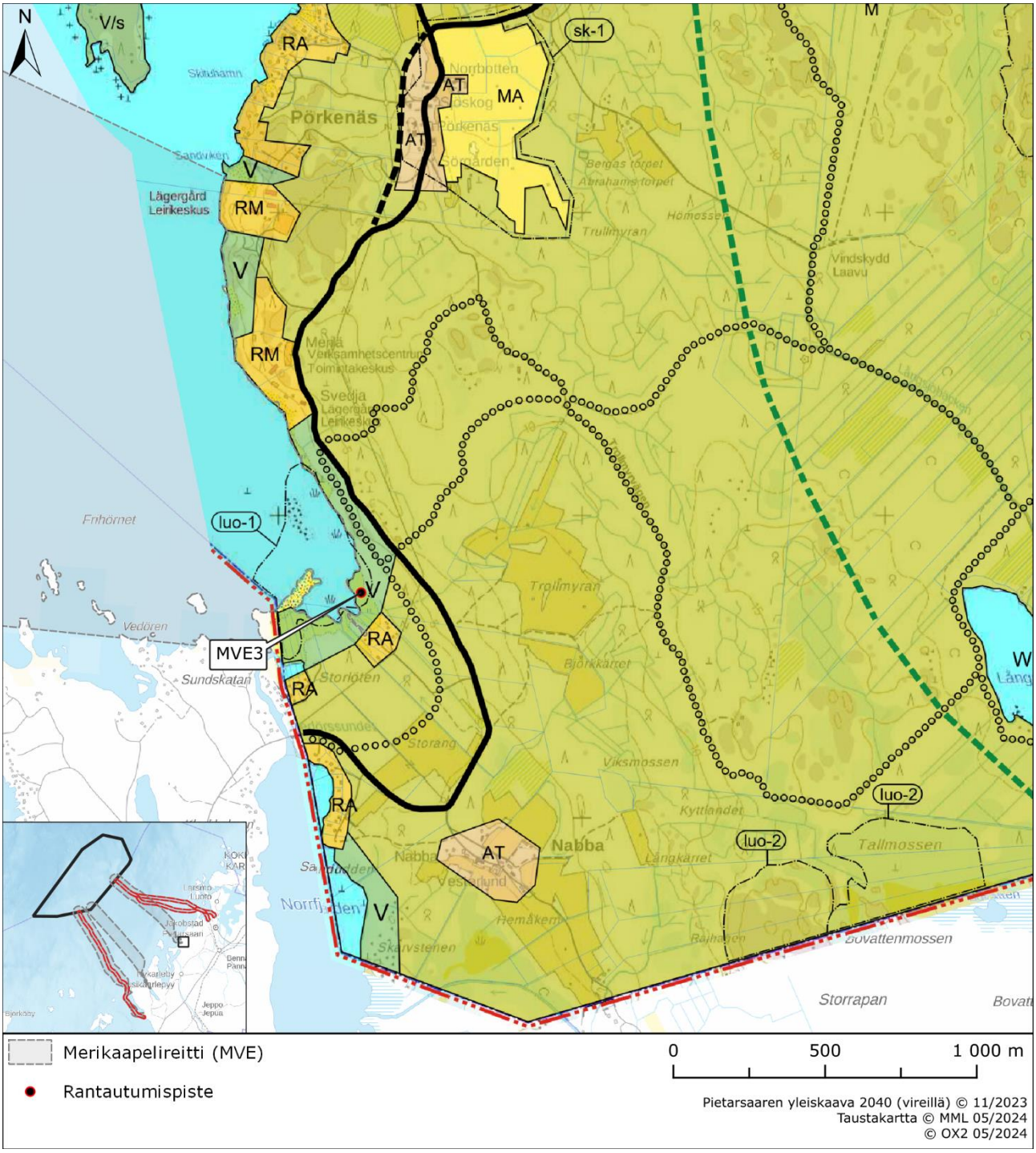
- luonnonsuojelualue (SL)
- yhdyskuntateknistä huoltoa palvelevien rakennusten ja laitosten alue (ET)
- kalasatama (LV-1)
- loma-asuntoalue (RA)
- maa- ja metsätalousvaltainen alue (M)
- satama-alue (LS)
- Natura 2000-verkostoon kuuluva tai ehdotettu alue (nat)
- kaupunki- tai kyläkuvallisesti arvokas alue (sk)
- valtakunnallisesti merkittävä rakennettu kulttuuriympäristö (sk-1)
- ulkovyöhyke (yz)
- sisävyöhyke (iz)

Luodon kaavaluonnoksessa merikaapelireittivaihtoehdon MVE4 sekä vetyputkireittivaihtoehdon VVE2 alueelle on osoitettu:

- luonnonsuojelualue (SL)
- yhdyskuntateknistä huoltoa palvelevien rakennusten ja laitosten alue (ET)
- kalasatama (LV-1)
- loma-asuntoalue (RA)
- satama-alue (LS)
- Natura 2000-verkostoon kuuluva tai ehdotettu alue (nat)
- valtakunnallisesti merkittävä rakennettu kulttuuriympäristö (sk-1)
- ulkovyöhyke (yz)
- sisävyöhyke (iz)

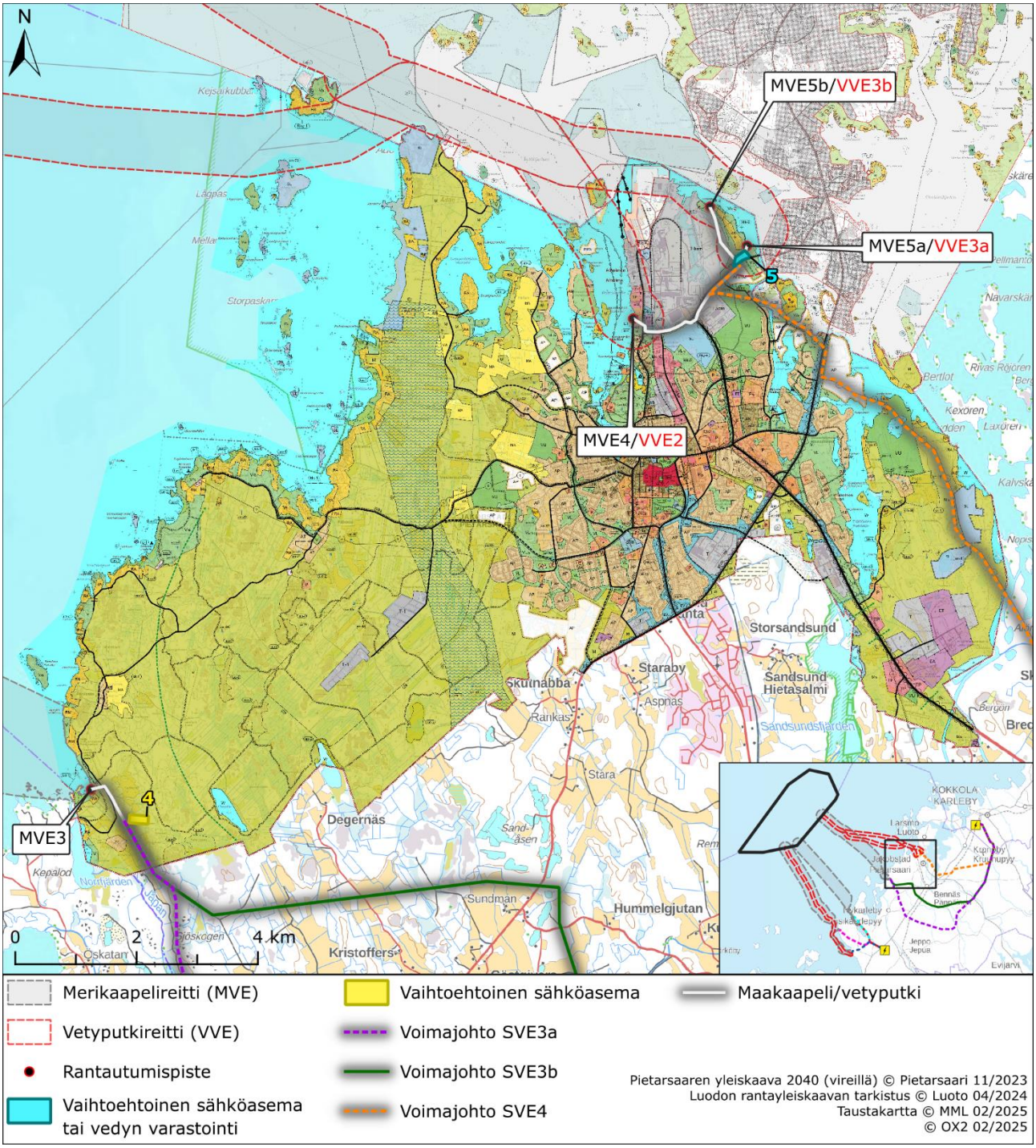
Uudessakaarlepyyssä ei ole vireillä yleiskaavoja minkään merikaapelireitin (MVE) tai vetyputkireitin (VVE) alueella.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



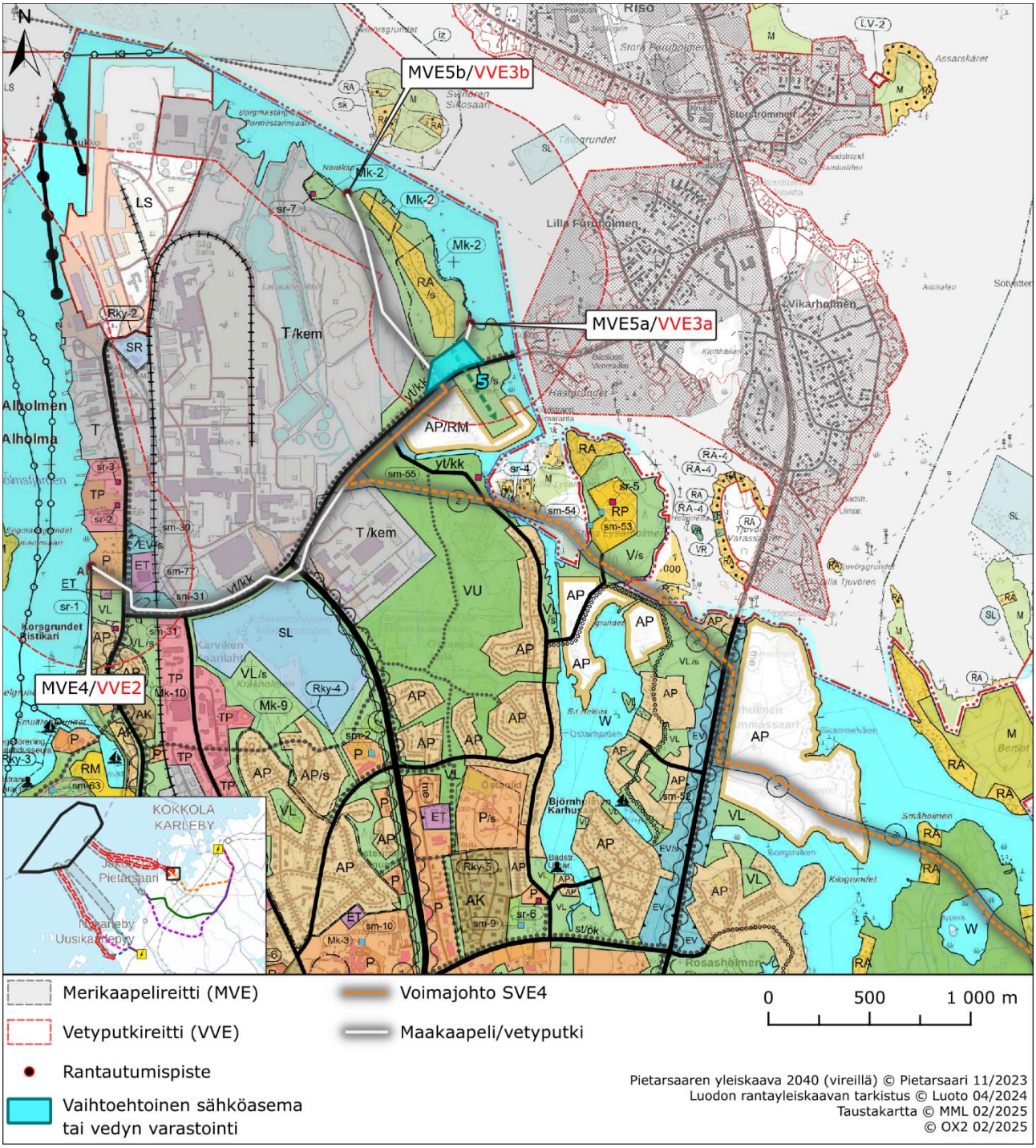
Kuva 3-12. Ote vireillä olevan Pietarsaaren yleiskaava 2040:n kaavaehdotuksesta merikaapelireittivaihtoehdon MVE3 alueelta. (Pietarsaaren kaupunki 2022a)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



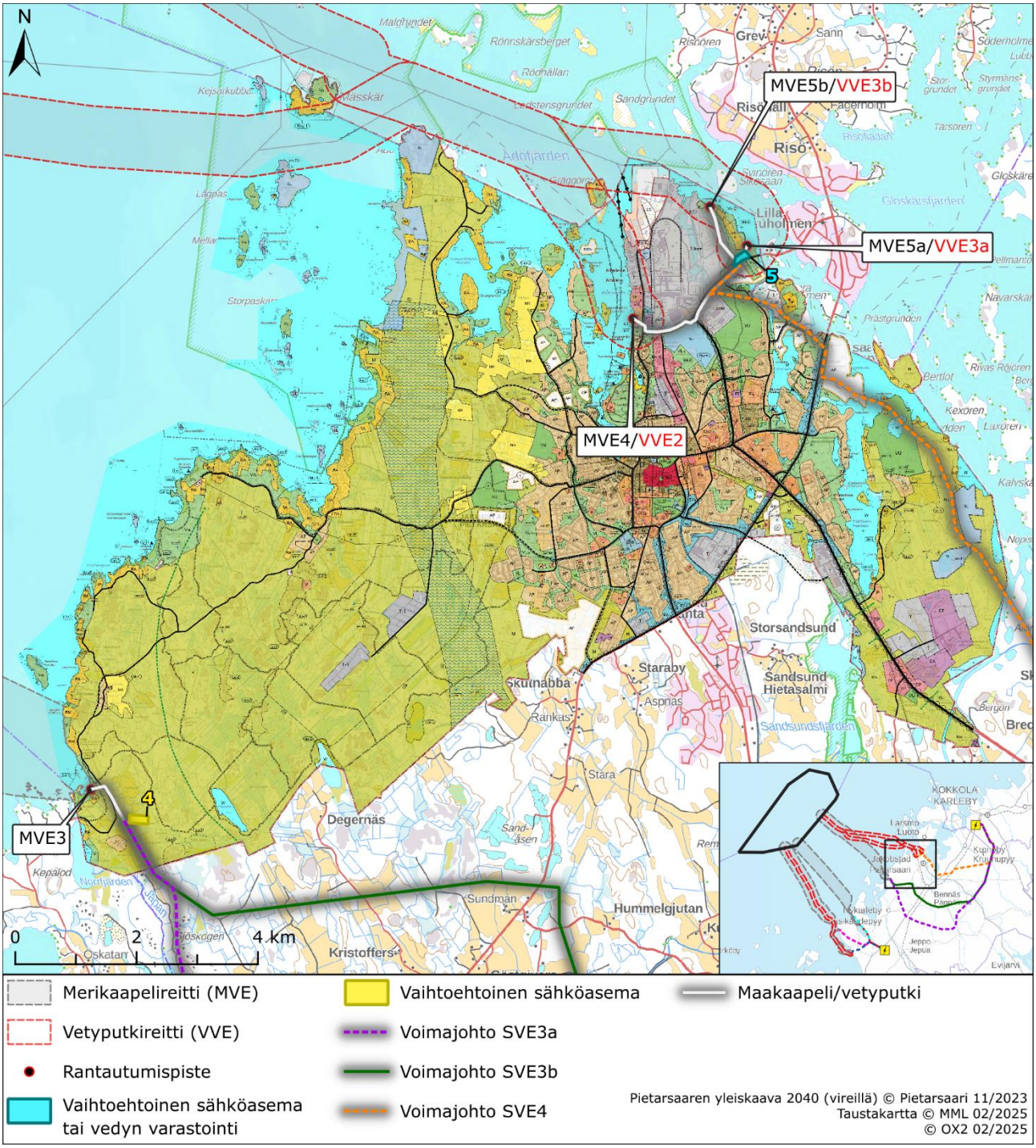
Kuva 3-13. Ote vireillä olevista Pietarsaaren yleiskaava 2040:stä sekä Luodon rantayleiskaavan tarkistuksesta reittivaihtoehtojen MVE4, MVE5a, MVE5b, VVE2, VVE3a ja VVE3b mantereen läheisessä ympäristössä (Luodon kunta 2023; Pietarsaaren kaupunki 2022a).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 3-14. Ote vireillä olevista Pietarsaaren yleiskaava 2040:stä sekä Luodon rantayleiskaavan tarkistuksesta reittivaihtoehtojen MVE4, MVE5a, MVE5b, VVE2, VVE3a ja VVE3b rantautumispisteiden ympäristössä (Luodon kunta 2023; Pietarsaaren kaupunki 2022a).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 3-15. Ote vireillä olevan Pietarsaaren yleiskaava 2040:n kaavaehdotuksesta reittivaihtoehtojen MVE3, MVE4, MVE5a, MVE5b, VVE2, VVE3a ja VVE3b alueilta. Kuvassa näkyviä voimajohtoreittejä, sähköasema-alueita, maakaapelireittiä ja vedyn varastointialuetta tarkastellaan YVA-selostuksen osassa B. (Pietarsaaren kaupunki 2022a)

3.2.2.5 Asemakaavat ja ranta-asemakaavat

Merituulivoimapuisto, vedyn tuotanto ja alkuosa energiansiirron reittivaihtoehdoista sijoittuvat Suomen talousvyöhykkeelle, jossa kaavoitusta ohjaava alueidenkäyttölaki ei ole voimassa. Kaikki

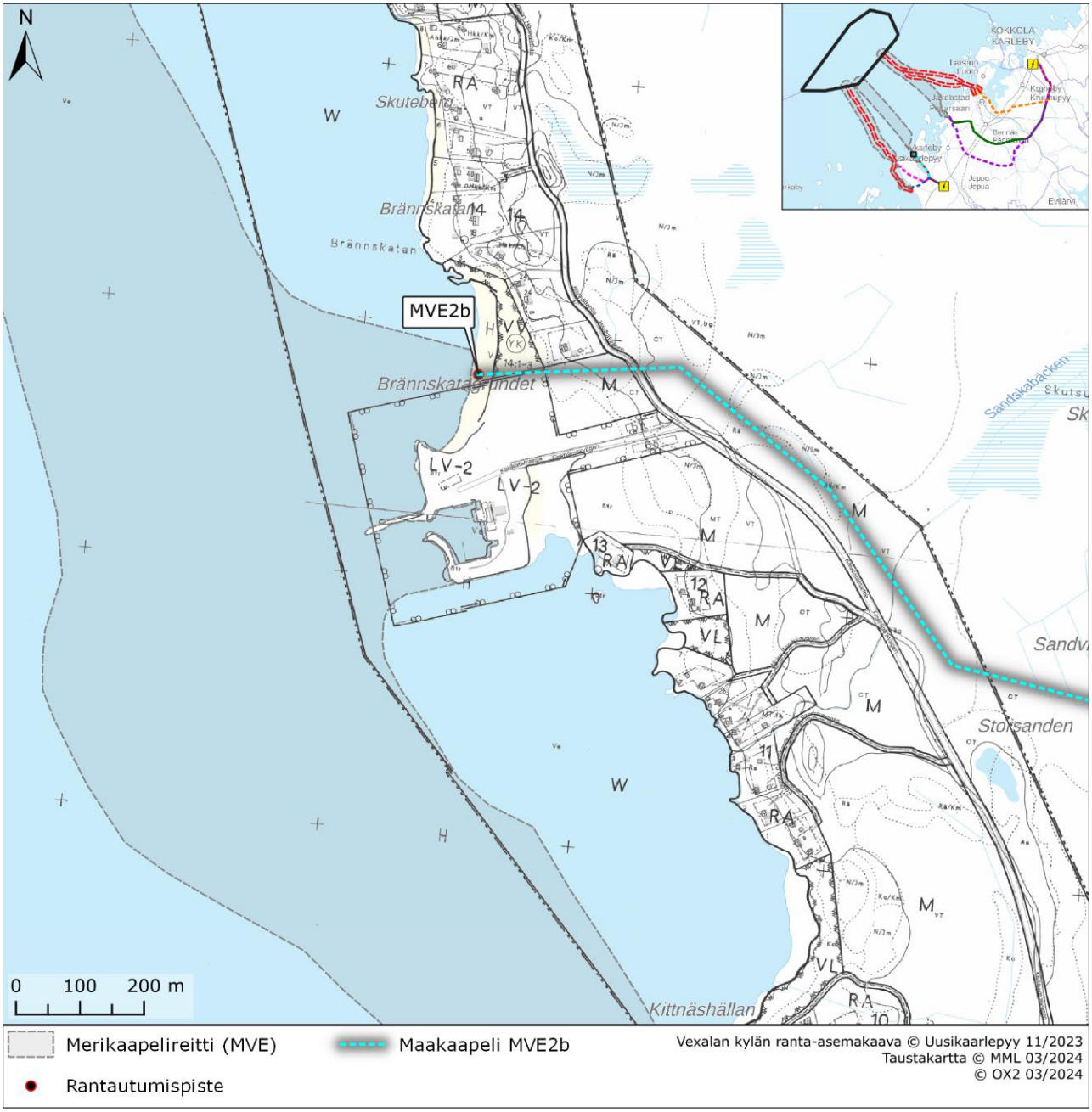
Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

vaihtoehtoiset läjitysalueet sijoittuvat asemakaavoittamattomille alueille. Lisäksi reittivaihtoehto MVE3 ja siihen liittyvä rantautumispiste eivät sijaitse asemakaavoitetulla alueella.

Merikaapelireittivaihtoehtojen MVE1a, MVE1b, MVE2a ja MVE2b alueilla tai vetyputkireitin VVE1 alueella ei ole asemakaavoitettua tai ranta-asemakaavoitettua aluetta.

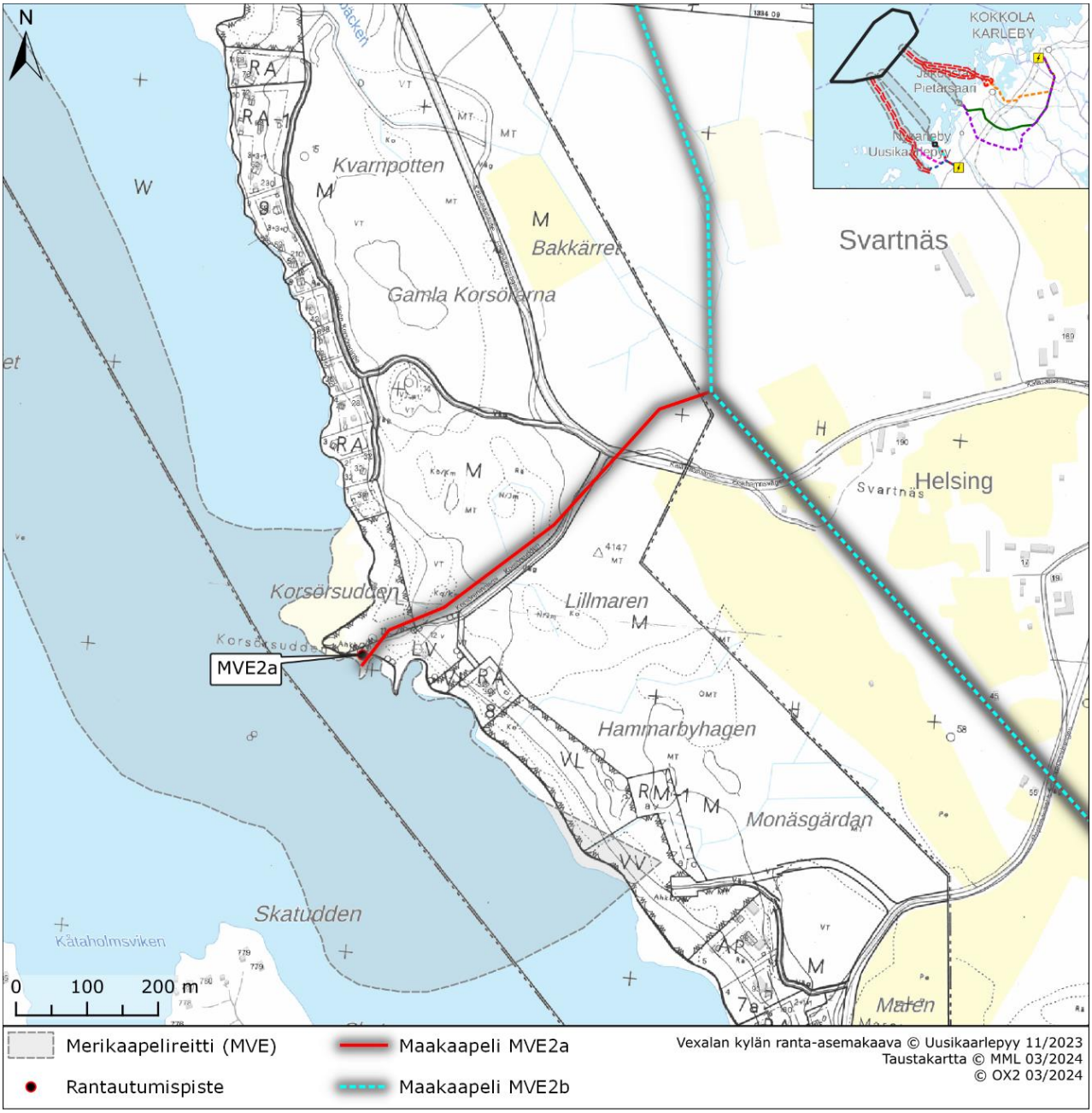
Reittivaihtoehtojen MVE2a ja MVE2b alueet sijoittuvat Uudessakaarlepyyssä Vexalan kylän ranta-kaavan (hyv. 24.3.1997) alueelle. Rantakaavassa pohjoisemman reittivaihtoehdon MVE2b alueelle (kuva 3-16) on osoitettu vesialuetta (W), uimaranta-aluetta (VV), maa- ja metsätalousaluetta (M) sekä tien aluetta. Eteläisemmän reittivaihtoehdon MVE2a alueelle (kuva 3-17) on osoitettu pien-venevalkama (LV), lähivirkistysaluetta (VL), maa- ja metsätalousaluetta (M) sekä tien alueita. Reittivaihtoehdon MVE2a rantautumispaikan kohdalle on osoitettu pienvenevalkama (LV). Reitti-vaihtoehdon MVE2b rantautumispaikan kohdalle on osoitettu vesialuetta (W).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 3-16. Ote Vexalan kylän rantakaavasta sekä reittivaihtoehtoehdot SVE2b ja MVE2b (Uudenkaarlepyyn kaupunki 1997).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 3-17. Ote Vexalan kylän rantakaavasta sekä reittivaihtoehdot SVE2a ja MVE2a (Uudenkaarlepyyn kaupunki 1997).

Merikaapelireitin MVE4 ja vetyputkireitin VVE2 alueelle sijoittuu useita Pietarsaaren Alholman alueen asemakaavoja (Kuva 3-18 ja Kuva 3-19). Alueella sijaitsevat voimassa olevat asemakaavat ja niihin liittyvät aluemerkinnät ovat:

- Ristikari, asemakaava nro 237 (1992): venesatama/venevalkama (LV), yleinen pysäköintialue (LP), asuinpientalojen korttelialue (AP), erillispientalojen korttelialue (AO), asuinkerrostalojen ja rivitalojen korttelialue (AKR), liike- ja toimistorakennusten korttelialue (K), lähivirkistysalue (VL)
- Ristikari, asemakaava nro 255 (1995): yleinen pysäköintialue (LP), asuinpientalojen korttelialue (AP)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

- Alholma, asemakaava nro 385 (2017): pienvenetelakan ja varastoinnin korttelialue (LV), rautatiealue (LR), yhdyskuntateknistä huoltoa palvelevien rakennusten ja laitosten alue (ET), suojaviheralue (EV), suojaviheralue, jolla muinaisjäännökset säilytetään (EV-1), lähivirkistysalue (VL), vesialue (W)
- Kaarilahti, Itälä, Itänummi ja Permo, asemakaava nro 344 (2009): yleisen tien alue (LT)
- Alholma, asemakaava nro 300 (2003): teollisuus- ja varastorakennusten korttelialue, joka on varattu puunjalostusteollisuudelle, energiahuollolle, jätteen käsittelylle ja sijoitukselle sekä em. toimintoihin liittyville liitännäistoiminnoille (T/kem)
- Alholma, asemakaava nro 354 (2010): rautatiealue (LR), satama-alue (LS)
- Alholma, asemakaava nro 401 (2020): yhdyskuntateknistä huoltoa palvelevien rakennusten ja laitosten alue (ET), suojaviheralue (EV/s-1)
- Ritning till omreglering och utvidgning af Jakobstads stadsplan, asemakaava nro 7: fabrikstomter (tehtaan tontteja)
- Alholma, asemakaava nro 338 (2009): veneilyyn ja merenkulkuun liittyvien teollisuus- ja varastorakennusten korttelialue (T-1), energiahuollon korttelialue (EN), satama-alue (LS), vesialue (W)
- Alholma, asemakaava nro 412 (2021): teollisuus- ja varastorakennusten korttelialue (T), satama-alue (LS)

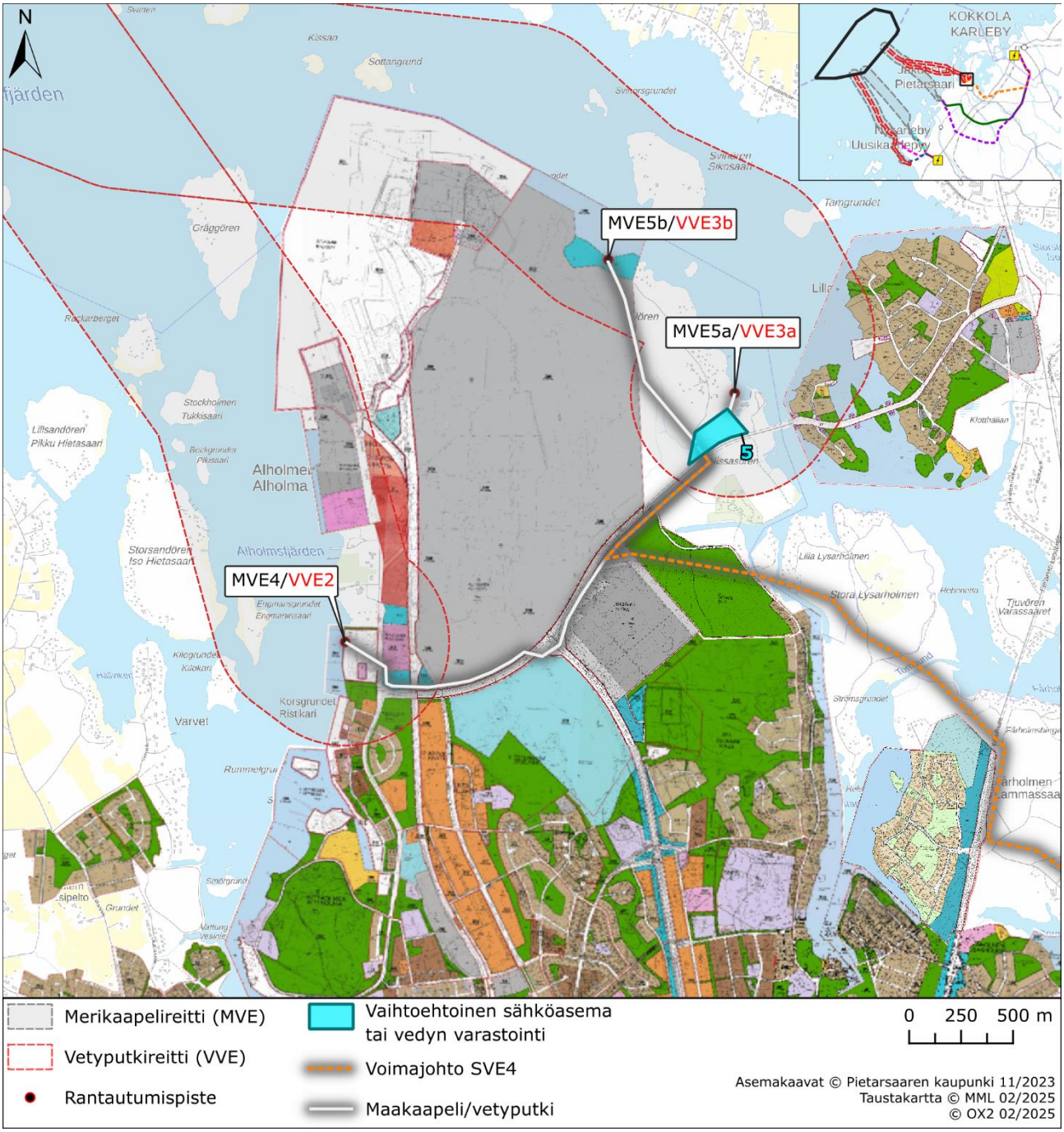
Reittivaihtoehtojen MVE5a, MVE5b, VVE3a ja VVE3b alueella on voimassa Pietarsaaren alueella Alholman asemakaava numero 300 (Kuva 3-18 ja Kuva 3-19), jossa alueelle on osoitettu teollisuus- ja varastorakennusten korttelialuetta, joka on varattu puunjalostusteollisuudelle, energiahuollolle, jätteen käsittelylle ja sijoitukselle sekä em. toimintoihin liittyville liitännäistoiminnoille (T/kem), suojaviheraluetta (EV), vesialuetta (W), ajoyhteys (ajo) sekä suojeltava rakennus (sr). Pietarsaaressa on voimassa myös Alholman asemakaava numero 354, jossa alueelle on osoitettu veneilyyn ja merenkulkuun liittyvien teollisuusrakennusten korttelialuetta (TT), satama-aluetta (LS), ohjeellisen vesialueen raja (rv) sekä näkemäalue (nä).

Luodon kunnassa reittien MVE5a ja VVE3a alueelle sijoittuu osin Lilla Furuholmenin asemakaavan muutos ja laajennus *(Luodon kunta 2011)*, jossa on osoitettu erillispientalojen korttelialuetta (AO), erillispientalojen korttelialuetta (AO-1), erillispientalojen korttelialuetta (AO-2), loma-asuntojen korttelialuetta (RA), venevalkama (LV), yleisen tien aluetta (LT), lähivirkistysaluetta (VL), yhdyskuntateknistä huoltoa palvelevien rakennusten ja laitteiden korttelialuetta (ET) sekä varastorakennusten korttelialuetta (TV). Reittivaihtoehtojen MVE5b ja VVE3b rantautumispiste sijaitsee noin 900 metriä reittivaihtoehtojen MVE5a ja VVE3a rantautumispisteestä luoteeseen.

Merikaapelireittien MVE4 ja MVE5b sekä vetyputkireittien VVE2 ja VVE3b rantautumisalueet lähialueineen ovat asemakaavoitettua aluetta. Reittien MVE4/VVE2 rantautumispisteen kohdalla olevassa asemakaavassa numero 385 *(Pietarsaaren kaupunki 2017)* osoitetaan pienvenetelakan ja varastoinnin korttelialuetta (LV), välittömään läheisyyteen johtoa varten varattu alueen osa sekä noin 100 metrin etäisyydelle yhdyskuntateknistä huoltoa palvelevien rakennusten ja laitosten alue.

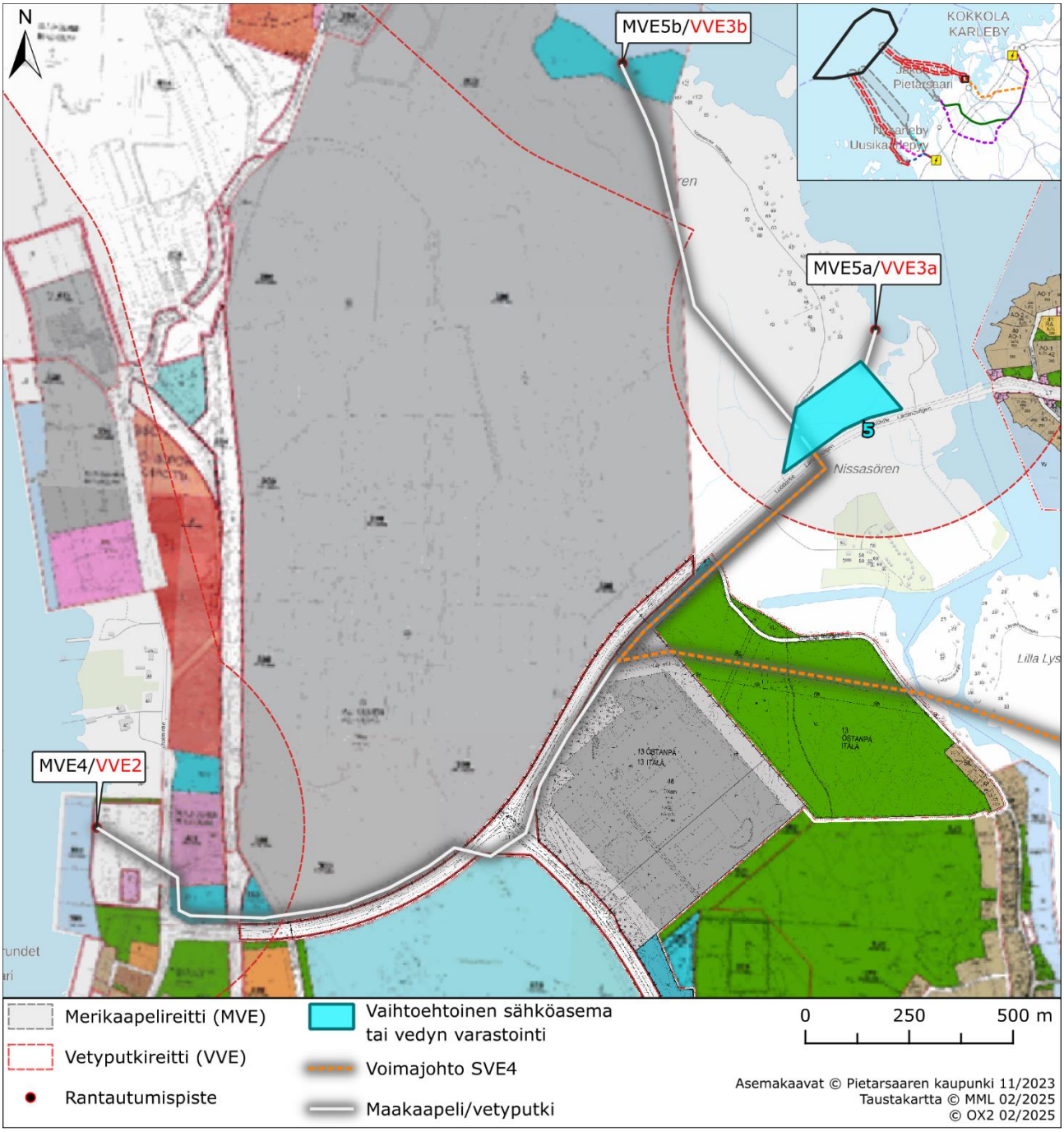
Reittien MVE5b/VVE3b rantautumiskohdan asemakaavassa nro 300 *(Pietarsaaren kaupunki 2003)* osoitetaan suojaviheraluetta (EV), välittömään läheisyyteen vesialuetta (W), noin 50 metrin etäisyydelle ajoyhteys (ajo) sekä teollisuus- ja varastorakennusten korttelialuetta, joka on varattu puunjalostusteollisuudelle, energiahuollolle, jätteen käsittelylle ja sijoitukselle sekä em. toimintoihin liittyville liitännäistoiminnoille (T1/kem). Vaihtoehtojen MVE5a/VVE3a rantautumiskohdassa ei ole voimassa olevaa asema- tai ranta-asemakaavaa.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 3-18. Asemakaavatilanne Pietarsaaren kaupungissa ja Luodon kunnassa merikaapelireittien MVE4, MVE5a ja MVE5b sekä vetyputkireittien VVE2, VVE3a ja VVE3b rantautumisalueilla. Kuvassa näkyvät myös sähkönsiirtoreitti SVE4, rantautumispisteet, maakaapelireitti sekä vaihtoehtoinen sähköasema tai vedyn varastointialue, joita käsitellään tarkemmin YVA-selostuksen osassa B.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 3-19. Lähempi kuvaote asemakaavatilanteesta Pietarsaaren kaupungissa ja Luodon kunnassa merikaapelireittien MVE4, MVE5a ja MVE5b sekä vetyputkireittien VVE2, VVE3a ja VVE3b rantautumisalueilla. Pietarsaaren kolmesta rantautumispisteestä MVE5a/VVE3a sijaitsee asemakaavoittamattomalla alueella.

3.2.2.6 Vireillä olevat asemakaavat

Merikaapelireittien MVE1a, MVE1b, MVE2a, MVE2b ja MVE3 sekä vetyputkireittien VVE1 alueella ei ole vireillä asemakaava- tai ranta-asemakaavahankkeita.

Reittivaihtoehtojen MVE4 ja VVE2 alueelle, tarkasteltavan rantautumispisteen pohjoispuolelle, Pietarsaaren Alholmassa on vireillä Slipeniksi kutsuttu asemakaava ja asemakaavan muutos, jonka

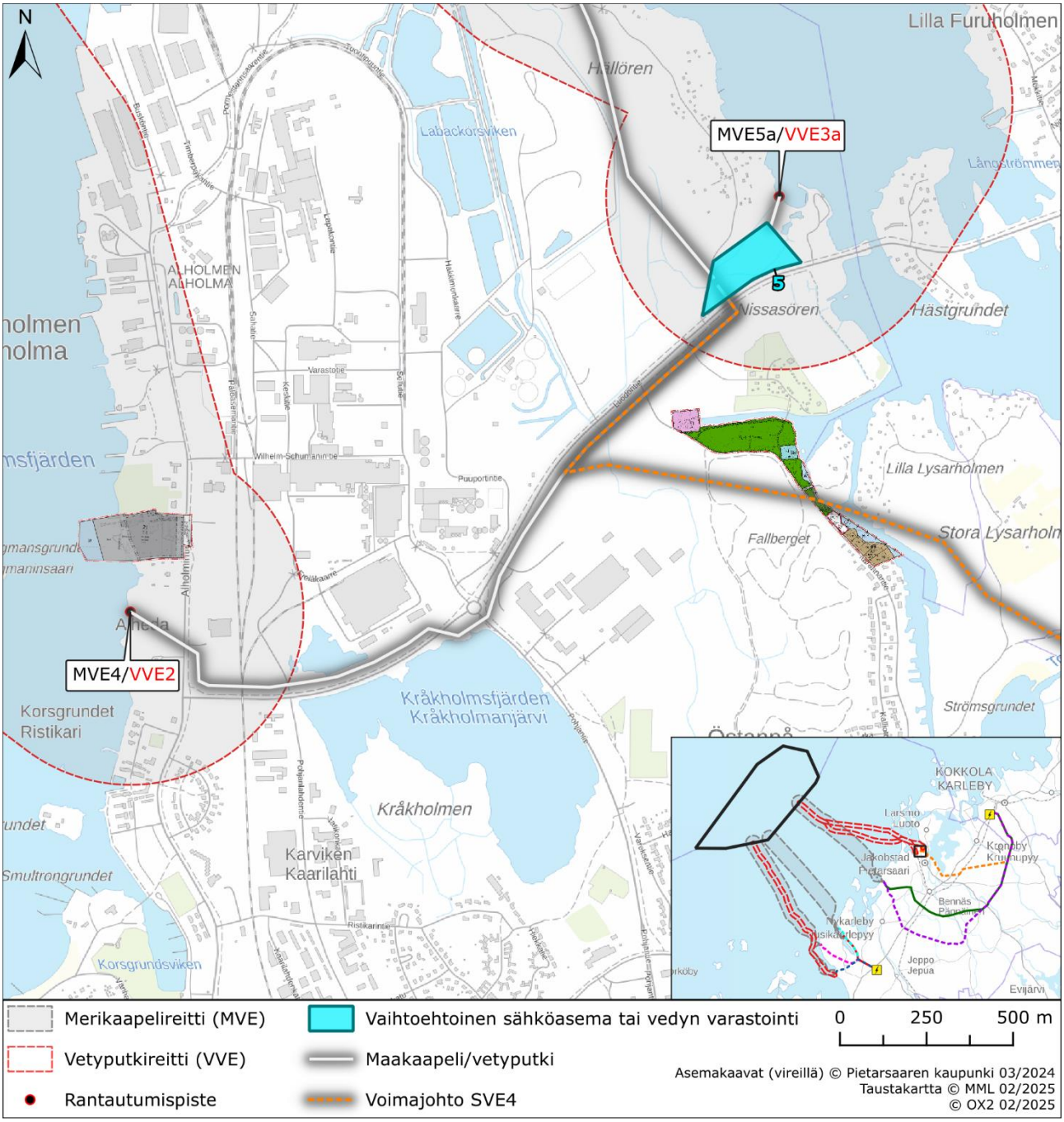
Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

tavoitteena on mahdollistaa uusien varasto- ja tuotantohallien rakentaminen venehuoltotoimintaan liittyen (Kuva 3-20) *(Pietarsaaren kaupunki 2024a)*. Kaavasta on julkaistu asemakaavaehdotus, jossa on osoitettu aluemerkintöinä teollisuus- ja varastorakennusten korttelialuetta (T-1) sekä vesialuetta (W) *(Pietarsaaren kaupunki 2024b)*.

Merikaapelireittien MVE5a ja MVE5b sekä vetyputkireittien VVE3a ja VVE3b alueilla on vireillä asemakaava ja asemakaavan muutos, joka sisältää UPM-Kymmene Oyj:n sellutehtaan alueen laajennuksen, ja jonka tavoitteena on alueen nykyisen käytön kehittäminen (Kuva 3-20) *(Pietarsaaren kaupunki 2023c)*. Kaavoituksesta on julkaistu osallistumis- ja arviointisuunnitelma (4.4.2023) *(Pietarsaaren kaupunki & Alusta Consulting Oy 2023)*.

Lisäksi Pietarsaaressa Nissasörenin alueella on vireillä asemakaavan laadinta, jonka suunnittelualueen rajaus yltää reittien MVE5a ja VVE3a alueille. Asemakaavan muutosehdotus on ollut nähtävillä 6.9.2023–6.10.2023 *(Pietarsaaren kaupunki 2023a)*. Kaavaehdotuksessa *(Pietarsaaren kaupunki 2023b)* osoitettu kaava-alueen raja ei kuitenkaan yllä reittien MVE5a ja VVE3a alueille jääden noin 140 metrin etäisyydelle (Kuva 3-20). Merikaapelireittien MVE5a ja MVE5b sekä vetyputkireittien VVE3a ja VVE3b rantautumispisteiden kohdilla ei ole vireillä olevia asemakaavoja.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 3-20. Merikaapelireittejä MVE4 ja MVE5a sekä vetyputkireittejä VVE2 ja VVE3a lähimmät vireillä olevat asemakaavat. Sähköasema- tai vedyn varastointialuetta, voimajohtoa ja maakaapelia tarkastellaan YVA-selostuksen osassa B. (Pietarsaaren kaupunki 2023b; Pietarsaaren kaupunki 2024b)

3.2.2.7 Merialuesuunnitelma

Alueidenkäyttölain (entisen maankäyttö- ja rakennuslain) 1.10.2016 voimaan tulleen muutoksen myötä, niiden maakuntien liittojen, joiden alueeseen kuuluu aluevesiä, tehtäväksi on tullut merialuesuunnittelu maakunnan aluevesillä ja talousvyöhykkeellä. Pohjanmaan liitto laati yhteisen Pohjoisen Selkämeren, Merenkurkun ja Perämeren merialuesuunnitelman Lapin, Keski-Pohjanmaan ja Pohjois-Pohjanmaan liittojen kanssa. Pohjanmaan liiton maakuntavaltuusto hyväksyi

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

osaltaan Selkämeren pohjoisosan, Merenkurkun ja Perämeren merialuesuunnitelmaehdotuksen 2.11.2020. (*Pohjanmaan liitto 2023a*)

Merialuesuunnitelma on strateginen näkemys merialueen kestävästä käytöstä ja meriympäristön hyvän tilan tukemisesta, ja se tukee maakuntakaavoitusta sekä aluekehitystä. Vaikka merialuesuunnittelusta säädetään alueidenkäyttölaissa ja merialuesuunnitelmalla on välillisiä ohjausvaikutuksia, merialuesuunnitelma ei ole osa alueidenkäytön suunnittelujärjestelmää eikä sillä ole oikeusvaikutuksia. Suunnitelma on luonteeltaan mahdollistava ja ohjaava, ja se kuvailee vuoden 2030 tavoitetilaa. *(Merialuesuunnittelu 2023)* Merialuesuunnittelulla edistetään merialueen eri käyttömuotojen kestävää kehitystä ja kasvua, luonnonvarojen kestävää käyttöä sekä meriympäristön hyvän tilan saavuttamista (*Pohjanmaan liitto 2023a*). Merialuesuunnitelma kattaa Suomen aluevedet ja talousvyöhykkeen. Merialuesuunnitelmassa on osoitettu merkittäviä ja potentiaalisia alueita, jotka eivät ole tulkittavissa aluevarauksiksi.

Merikaapeli- ja vetyputkireittivaihtoehtojen, läjitysalueiden sekä tuulivoimapuiston alueen sijainti suhteessa merialuesuunnitelmaan on esitetty kuvassa 3-21. Merituulivoimapuiston eteläosa ja osin itäosa on osoitettu energiatuotannon alueeksi, merkinnän kuvauksen mukaan merituulivoimalle potentiaaliseksi alueeksi. Merituulivoimapuiston länsi- ja pohjoisosien alueelle on osoitettu merenkulun alueita lounas–koillinen-suuntaisesti.

Mantereen läheisyydessä merikaapelit MVE2, MVE3, MVE4 ja MVE5 sijoittuvat kalastusalueelle (rannikkokalastusalueelle). Merikaapelireittien MVE1a ja MVE1b sekä vetyputkireitin vaihtoehdon VVE1 alueille on osoitettu merkittävänä ja potentiaalisena alueena vesiviljelyalue (Vöyri/Uusikaarlepyy) sekä merisuunnittelussa tunnistettuna yhteytenä ja yhteystarpeena matkailu- ja virkistysyhteys (veneilylle ja risteilyliikenteelle).

Vetyputkireittien VVE2 ja VVE3 alueille on merialuesuunnitelmassa osoitettu seuraavat merkittävät ja potentiaaliset alueet:

- merenkulun alue (Pohjoinen Selkämeri, Merenkurkku ja Perämeri)
- kalastus (rannikkokalastus)
- merkittävät vedenalaiset luontoarvot (Luodon saaristo)
- kulttuuriarvot (Öuran ja Mässkär)
- TEN-T-satama (Pietarsaaren satama)
- saaristo (Luodon saaristo)
- matkailu- ja virkistys (Pietarsaari, Luoto ja Kokkola)

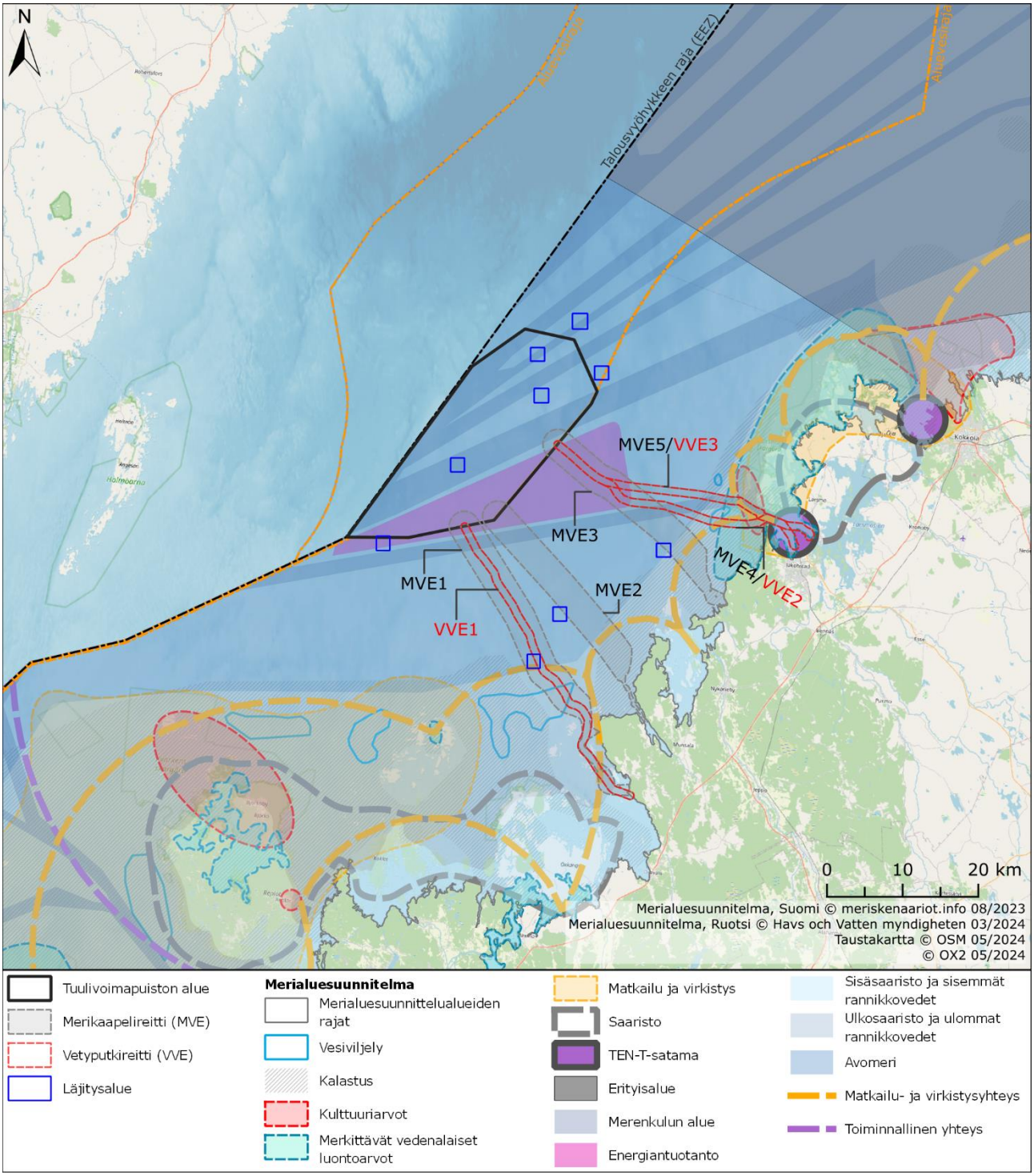
Reitin VVE2 varrelle sijoittuu merialuesuunnitelmassa osoitettua vesiviljelyaluetta (Pietarsaari/Luoto), joka viistää myös reitin VVE3 aluetta.

Merialuesuunnittelussa tunnistettuina yhteyksinä ja yhteystarpeina on osoitettu matkailu- ja virkistysyhteys (veneilylle ja risteilyliikenteelle) kaikkien reittivaihtoehtojen alueelle.

Merialuesuunnitelmassa merituulivoimapuiston läheisyyteen, vaihtoehtoisten läjitysalueiden alueille tai merikaapelireittien (MVE) ja vetyputkireittien (VVE) alueille tai niiden välittömään läheisyyteen osoitetut merkinnät esitetään taulukossa 3-3.

Pohjoisen Selkämeren, Merenkurkun ja Perämeren merialuesuunnitelmassa osoitetun talousvyöhykkeen länsipuolelle on laadittu Ruotsin merialuesuunnitelma *(Havs- och vattenmyndigheten 2024)*. Laineen tuulivoimapuiston alue rajautuu länsiosaltaan Ruotsin merialuesuunnitelmassa osoitettuun vaihtoehtoiseen energian talteenoton selvitysalueeseen sekä lounaisosaltaan yleisen käytön alueeseen (kuva 3-21).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 3-21. Ote Pohjoisen Selkämeren, Merenkurkun ja Perämeren merialuesuunnitelmasta 2030 (Merialuesuunnittelu 2023).

3.2.2.8 Muut maankäytön suunnitelmat

Tuulivoimaselvitykset

Pohjanmaan, Etelä-Pohjanmaan ja Keski-Pohjanmaan liitot ovat laadituttaneet kolmen maakunnan yhteisen tuulivoimaselvityksen (*FCG Finnish Consulting Group Oy 2022*).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Tuulivoimaselvityksen perustella hankkeeseen liittyvät merikaapeli- ja vetyputkireitit sijoittuvat kolmelle tuulivoimaselvityksessä jatkotarkasteluun valitulle alueelle, joista kahden alueelle on osoitettu tuulivoima-alue vireillä olevassa Pohjanmaan maakuntakaavassa (ks. luku 3.2.2.2).

Laineen hankkeen lisäksi lähes samalle alueelle on vireillä Skyborn Renewables Offshore Finland Oy:n Reimari-hanke, joka on YVA-menettelyssä ja esisuunnittelussa, ja Ilmatar Offshore Ab:n Voima-hanke sekä Suomen Hyötytuuli Oy:n Lunni OWF -hanke, jotka ovat esisuunnittelussa. Edellä mainitut hankkeet ovat vaihtoehtoisia Laineen hankkeelle, eikä niitä sen vuoksi huomioida tämän hankkeen kanssa mahdollisesti yhteisvaikutuksia aiheuttavina hankkeina.

Metsähallituksen luonnonvarasuunnitelma

Ensimmäinen Metsähallituksen merialueen luonnonvarasuunnitelma valmistui joulukuussa 2023 (*Metsähallitus 2023c*) (Kuva 3-22). Luonnonvarasuunnittelu on valtion omistamien maa- ja vesialueiden pitkän aikavälin kestävän käytön strategista suunnittelua ja merialueen luonnonvarasuunnitelma ohjaa Metsähallituksen toimintaa vuosina 2024–2028 valtion omistamalla ja Metsähallituksen hallinnoimalla merialueella. Merialueen luonnonvarasuunnitelmassa on huomioitu Suomen merialuesuunnitelma 2030. Siinä yhteensovitetaan merialueen eri käyttömuodot paikallisten asukkaiden, asiakkaiden, kumppanien ja sidosryhmien toiveisiin sekä maiden ja vesien tarjoamiin mahdollisuuksiin valtio-omistajan asettamissa kehyksissä. Suunnitelman keskeisenä tavoitteena on luonnon arvon vastuullinen kehittäminen ja kestävän yhteiskunnallisen kokonaishyödyn varmistaminen luonnonvarojen hyödyntämisessä yli sukupolvien. Merialueen luonnonvarasuunnitelman strategisilla toimenpiteillä pyritään edistämään ratkaisujen löytämistä aikamme suurimpiin haasteisiin, kuten esimerkiksi ilmastonmuutokseen ja luonnon monimuotoisuuden vähenemiseen. Luonnonvarasuunnitelma ei ole oikeusvaikutteinen.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 3-22. Metsähallituksen merialueen luonnonvarasuunnitelma vuosille 2024–2028. (Metsähallitus 2023c).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

3.3 Vaikutusten arviointi

3.3.1 Vaikutukset valtakunnallisiin alueidenkäyttötavoitteisiin

Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet (VAT) ovat osa alueidenkäyttölain mukaista alueidenkäytön suunnittelujärjestelmää. Alueidenkäyttölain24 §:n mukaan tavoitteet on otettava huomioon ja niiden toteuttamista on edistettävä maakunnan suunnittelussa, kuntien kaavoituksessa ja valtion viranomaisten toiminnassa.

Laineen merituulivoimapuiston hanketta koskevat erityisesti seuraavat valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet. Seuraavassa on myös arvioitu tavoitteiden toteutumista tämän hankkeen osalta.

Toimivat yhdyskunnat ja kestävä liikkuminen

Edistetään koko maan monikeskuksista, verkottuvaa ja hyviin yhteyksiin perustuvaa aluerakennetta, ja tuetaan eri alueiden elinvoimaa ja vahvuuksien hyödyntämistä. Luodaan edellytykset elinkeino- ja yritystoiminnan kehittämiselle sekä väestökehityksen edellyttämälle riittävälle ja monipuoliselle asuntotuotannolle.

Luodaan edellytykset vähähiiliselle ja resurssitehokkaalle yhdyskuntakehitykselle, joka tukeutuu ensisijaisesti olemassa olevaan rakenteeseen. Suurilla kaupunkiseuduilla vahvistetaan yhdyskuntarakenteen eheyttä.

Arvio tavoitteen toteutumisesta:

Laineen merituulivoimapuisto hyödyntää merialuesuunnitelman mukaisesti avomerialueen tuuliolosuhteita tuulivoimatuotantoon ja luo edellytyksiä Pohjanmaan elinkeinoelämän vahvistamiselle.

Hanke on Suomen ilmastotavoitteiden mukainen hanke, joka toteutuessaan tuottaa hiilineutraalia sähköenergiaa. Hanke hyödyntää olemassa olevaa yhdyskuntarakennetta hyödyntämällä alueella olevia satamatoimintoja ja liikenneväyliä (erityisesti MVE4/VVE2 ja MVE5/VVE3 ja osittain MVE1/VVE1). Hankkeen toteuttaminen ei aiheuta maankäyttöä, joka hajauttaisi yhdyskuntarakennetta. Meriläjitysalueet sijoittuvat suhteellisen etäällä rannikosta ja hankkeen energiansiirtoreitit merituulivoimapuistoalueelta mantereelle toteutetaan vedenalaisina kaapeleina tai putkena, jolloin vaikutuksia rannikkovyöhykkeen yhdyskuntarakenteeseen ei aiheudu.

Tehokas liikennejärjestelmä

Turvataan kansainvälisesti ja valtakunnallisesti merkittävien liikenne- ja viestintäyhteyksien jatkuvuus ja kehittämismahdollisuudet sekä kansainvälisesti ja valtakunnallisesti merkittävien satamien, lentoasemien ja rajanylityspaikkojen kehittämismahdollisuudet.

Arvio tavoitteen toteutumisesta:

Hanke sijoittuu Perämeren merkittävien laivaväylien välittömään läheisyyteen. Jatkosuunnittelun yhteydessä varmistetaan, ettei merkittäviä meriliikenteenohjaukselle, merenkululle tai alusten navigoinnille aiheutuvia vaikutuksia muodostu. Yhteistyöllä satamien kanssa sekä Pietarsaaren että Kanäsin satamien toimintoja voidaan entisestään laajentaa ja kehittää. Erityisesti merituulivoimapuiston käyttövaihe voi luoda suuria mahdollisuuksia satamatoimintojen kehittämiselle.

Terveellinen ja turvallinen elinympäristö

Ehkäistään melusta, tärinästä ja huonosta ilmanlaadusta aiheutuvia ympäristö- ja terveyshaittoja.

Haitallisia terveysvaikutuksia tai onnettomuusriskejä aiheuttavien toimintojen ja vaikutuksille herkkien toimintojen välille jätetään riittävän suuri etäisyys, tai riskit hallitaan muulla tavoin.

Otetaan huomioon yhteiskunnan kokonaisturvallisuuden tarpeet, erityisesti maanpuolustuksen ja rajavalvonnan tarpeet ja turvataan niille riittävät alueelliset kehittämisedellytykset ja toimintamahdollisuudet.

Arvio tavoitteen toteutumisesta:

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merituulivoimalat ja mahdolliset vedyn tuotantolaitokset sijaitsevat avomerellä etäällä asutuksesta, loma-asutuksesta ja muista herkistä kohteista, jolloin niistä ei synny haitallisia terveysvaikutuksia tai onnettomuusriskejä. Merikaapelien ja/tai vetyputkien asentaminen aiheuttaa vain hetkellistä ja alueellisesti sekä vaikutuksiltaan rajallista haittaa. Vedyn siirtoreitit rantautuvat Pietarsaaren teollisuusalueen läheisyyteen tai Kanäsin satama-alueen tuntumaan.

Maanpuolustuksen ja rajavalvonnan tarpeet otetaan huomioon ja turvataan pyytämällä tarvittavat lausunnot hankkeen hyväksyttävyydestä ja toteuttamiskelpoisuudesta hankesuunnittelun aikana.

Elinvoimainen luonto- ja kulttuuriympäristö sekä luonnonvarat

Huolehditaan valtakunnallisesti arvokkaiden kulttuuriympäristöjen ja luonnonperinnön arvojen turvaamisesta.

Edistetään luonnon monimuotoisuuden kannalta arvokkaiden alueiden ja ekologisten yhteyksien säilymistä.

Huolehditaan virkistyskäyttöön soveltuvien alueiden riittävyydestä sekä viheralueverkoston jatkuvuudesta.

Arvio tavoitteen toteutumisesta:

Merituulivoimapuiston alueella ei ole valtakunnallisesti arvokkaita kulttuuriympäristöjä. Tuulivoimapuiston maisemalliset vaikutukset Merenkurkun saaristomaisemaan arvioitiin kohtalaisiksi. Energiansiirtoreitti MVE1/VVE1 sijoittuu Merenkurkun saaristomaisema-alueelle. Hankkeen suhdetta valtakunnallisesti arvokkaisiin kulttuuriympäristöihin on arvioitu tämän arviointimenettelyn yhteydessä. Tuulivoimapuiston rajattu näkyminen ja suuri etäisyys vähentävät sen maisemallista vaikutusta Merenkurkun saaristomaisemiin. Merenpohjaan asennettavilla sähkönsiirtokaapeleilla tai vetyputkilla ei ole vaikutusta saaristomaiseman arvoihin.

Hankkeella on kohtalaisia maisemallisia vaikutuksia Merenkurkun maailmanperintöalueen pohjoisosan avomeren luonnonmaisemalle, mutta vain vähäisiä maisemallisia vaikutuksia maailmanperintöalueen suojelluille arvoille. Laineen tuulivoimapuiston sijaitsee noin 18 km etäisyydellä Unescon Merenkurkun maailmanperintöalueesta. Merenpohjaan asennettavilla sähkönsiirtokaapeleilla tai vetyputkilla ei ole vaikutusta Unesco-alueen arvoihin.

Hankkeen suunnittelussa on pyritty edistämään luonnon monimuotoisuuden arvojen säilymistä osoittamalla alustavat voimalapaikat vesisyvyyksien ja pohjanlaadun suhteen tavanomaisille alueille. Energiansiirtoreitti MVE2 sijoittuu osin Uudenkaarlepyyn saariston luonnonsuojelualueelle, jota myös reitti MVE3 sivuaa lyhyeltä matkalta. Reitit MVE4/VVE2 ja MVE5/VVE3 sijoittuvat osin Luodon saariston luonnonsuojelualueelle. Reittien vaikutukset luonnonsuojelualueisiin arvioitiin vähäisiksi. Rantautumispaikat on osoitettu luonnonsuojelualueiden ulkopuolisille alueille. MVE3 rantautumispaikan kohdalla on luonnon monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeä alue, joka on otettava huomioon jatkosuunnittelussa.

Hanke muuttaa alueen virkistyskäyttökokemusta, mutta ei estä esimerkiksi veneilyä hankealueella. Varsinainen tuulivoimapuistoalue sijaitsee etäällä avomerellä, minkä vuoksi alue ei ole aktiivisinta virkistysaluetta. Lähempänä rannikkoa merenpohjaan asennettavat tai laskettavat energiansiirtokaapelit/putket eivät aiheuta pysyviä vaikutuksia alueiden virkistyskäyttömahdollisuuksille.

Uusiutumiskykyinen energiahuolto

*Varaudutaan uusiutuvan energian tuotannon ja sen edellyttämien logististen ratkaisujen tarpeisiin. Tuulivoimalat sijoitetaan ensisijaisesti keskitetysti usean voimalan yksiköihin**.***

Turvataan valtakunnallisen energiahuollon kannalta merkittävien voimajohtojen ja kaukokuljettamiseen tarvittavien kaasuputkien linjaukset ja niiden toteuttamismahdollisuudet. Voimajohtolinjauksissa hyödynnetään ensisijaisesti olemassa olevia johtokäytäviä.

Arvio tavoitteen toteutumisesta:

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Hankkeen sijoitussuunnitelma tukee periaatetta usean voimalan sijoittamisesta keskitetysti ja on osittain merialuesuunnitelman energiatuotantoalueen mukainen.

Hanke ei vaaranna valtakunnallisen energiahuollon kannalta merkittävien voimajohtojen ja kaukokuljettamiseen tarvittavien kaasuputkien linjauksia tai niiden toteuttamismahdollisuuksia. Mantereen sähkönsiirrossa hyödynnetään mahdollisuuksien mukaan olemassa olevia johtokäytäviä, mutta myös uusia johtokäytäviä joudutaan toteuttamaan (vaikutukset on arvioitu YVA-selostuksen osassa B).

3.3.2 Vaikutukset kaavoitukseen ja merialuesuunnitelmaan

3.3.2.1 Voimassa oleva maakuntakaava

Varsinainen merituulivoimapuiston ja mahdollisen vedyntuotannon alue sijaitsee talousvyöhykkeellä eikä alue kuulu maakuntakaavoitettuun alueeseen. Seuraavassa on arvioitu aluevesille sijoittuvien energiansiirtoreittivaihtoehtojen sekä merikaapelireittien vaihtoehtoisten läjitysalueiden suhdetta maakuntakaavassa osoitettuun maankäyttöön.

Energiansiirtoreitit MVE1a ja MVE1b (merikaapeli) ja VVE1 (vedyn siirtoputki) risteävät Kanäsin satamaan johtavan laivaväylän ja mantereelle johtavan veneväylän kanssa. Rakentamisen aikana voi esiintyä tilapäisiä rajoitteita meriliikenteeseen, mutta merenpohjaan upotettavista tai sen pinnalle laskettavista merikaapeleista/putkista ei aiheudu toiminnan aikana merkittäviä vaikutuksia.

Merikaapelireitit MVE2a ja MVE2b sijoittuvat Uudenkaarlepyyn saariston luonnonsuojelualueelle noin kuuden kilometrin matkalla. Merikaapelireiteille sijoittuvalle veneväylälle voi aiheutua lähinnä rakentamisaikaisia ja tilapäisiä häiriöitä veneliikenteelle. Nämä vaikutukset voivat kohdistua myös Kåtaholmenin ja Bränsskatan kalasatamiin. MVE2b jatkosuunnittelussa on otettava huomioon Bränsskatan suojellun luontotyypin turvaaminen, jossa merikaapelin rantautumispaikan kohdalla haitallisia vaikutuksia voidaan lieventää esim. tuomalla kaapelit rantaan suuntaporaamalla.

Vexalan ja Monäsin väliset päävesijohdon ja siirtoviemärin yhteystarpeet ovat yhteensovitettavissa merikaapelireittien kanssa.

Merikaapelireitti MVE3 sivuaa Uudenkaarlepyyn saariston luonnonsuojelualueen koillisinta osaa. Luonnonsuojelualueeseen ei kohdistu merkittäviä pysyviä haitallisia vaikutuksia. Reitin rantautumispaikalle ja sen läheisyyteen osoitetuille virkistysalueelle, ohjeelliselle pyöräily- ja ulkoilureitille kohdistuu lähinnä rakentamisenaikaisia ja tilapäisiä häiriöitä, pysyviä vaikutuksia maakuntakaavassa osoitetuille maankäyttötavoitteille ja -muodoille ei aiheudu. Vaihtoehdon MVE3 rantautumispaikka sijoittuu maakuntakaavassa osoitetun virkistysalueen eteläpuolelle, hankkeen jatkosuunnittelussa ja manterelle johtavan sähkönsiirtoreitin suunnittelussa on turvattava ulkoilu- ja pyöräilyreittien jatkuvuus.

Energiasiirtoreitit MVE4/VVE2 ja MVE5/VVE3 sijoittuvat noin 8 kilometrin matkalla Luodon saariston luonnonsuojelualueelle. Luonnonsuojelualueeseen ei kohdistu pysyviä haitallisia vaikutuksia. Reittien MVE4/VVE2 rantautumispaikka sijoittuu maakuntakaavassa osoitetulle teollisuusalueelle. Laineen hankkeen ja teollisuusalueen kehittämistarpeet voidaan yhteensovittaa tarkempiasteisessa suunnittelussa. Reitin ja rantautumispaikan läheisyydessä sijaitseva siirtoviemäri on otettava huomioon jatkosuunnittelussa. Reittien MVE5/VVE3 rantautumispaikan läheisyydessä on maakuntakaavassa osoitettu teollisuusaluetta sekä maakunnallisesti arvokasta Hällörenin kulttuuriympäristöä.

Mässkärin valtakunnallisesti arvokkaan majakka- ja luotsiyhdyskunnan suojelutavoitteisiin tai matkailu/virkistysarvoihin ei arvioitu kohdistuvan vaikutuksia merenpohjaan laskettavista/asennettavista energiansiirtoreiteistä. Batteruddenin kiinteä muinaisjäännös sijoittuu MVE4/VVE2 rantautumispaikan koillispuolelle, eikä siihen arvioitu kohdistuvan vaikutuksia.

Merituulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien vaihtoehtoehtoisilla läjitysalueilla ei ole osoitettu maakuntakaavassa merkintöjä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Vedenalaiset energiansiirtoreitit eivät ole ristiriidassa Pietarsaaren kaupunkikehittämisen vyöhykkeen suunnittelumääräyksien suhteen.

3.3.2.2 Vireillä oleva maakuntakaava

Merikaapelireitit MVE1a ja MVE1b sekä VVE1 sijoittuvat Merenkurkun saariston valtakunnallisesti arvokkaalle maisema-alueelle. Tuulivoimapuiston maisemalliset vaikutukset Merenkurkun saaristomaisemaan arvioitiin kohtalaisiksi. Merenpohjaan laskettavilla tai asennettavilla sähkönsiirtokaapeleilla tai vetyputkilla ei ole vaikutusta saaristomaiseman arvoihin.

Merikaapelireiteille MVE2a ja MVE2b sijoittuu vähäiseltä osin maakuntakaavaehdotuksen tuulivoimaloiden aluetta (tv1), Merenkurkun pohjoinen tuulivoima-alue 3. Merikaapelireitit MVE3, MVE4, MVE5a ja MVE5b sekä vetyputkireitit VVE2 ja VVE3a ja VVE3b sijoittuvat maakuntakaavaehdotuksen tuulivoimaloiden alueelle (tv1), Merenkurkun pohjoinen tuulivoima-alue 2. Maakuntakaavaehdotuksessa osoitetun tuulivoima-alueen halki kulkeva Laineen hankkeen merikaapelireitti voi vaikuttaa maakuntakaavan tuulivoima-alueiden voimaloiden ja sähkönsiirtokaapeleiden sijoitteluun. Reitin johtaminen maakuntakaavaehdotuksessa osoitetun tuulivoimapuiston alueelle keskittää merituulivoimaan liittyvän infrastruktuurin rakentamisen energiantuotantoon varatulle alueelle, mutta eri hankkeiden suunnittelua tulee yhteensovittaa. Laineen jatkosuunnittelussa tullaan varmistamaan, ettei Laineen merituulivoimapuisto estä aluevesien potentiaalisten merituulivoiman hankealueiden kehittämistä. Yhteensovittaminen nähdään mahdollisena, mikäli Laineen hankkeen sähkön-/ vedynsiirtoreitit huomioidaan ja varmistetaan ajoissa aluevesien hankkeiden suunnittelussa.

MVE1 ja VVE1 rantautumispaikalle on Kanäsiin osoitettu satama-aluemerkinnän lisäksi pienialainen teollisuus- ja varastoalue, jonne on mahdollista sijoittaa merkittäviä ympäristövaikutuksia aiheuttava laitos.

Lähempänä manteretta reittivaihtoehdot MVE4, MVE5a, MVE5b, VVE2, VVE3a ja VVE3b sekä niihin liittyvät rantautumispisteet sijoittuvat maakuntakaavaehdotuksessa osoitetulle luonnon monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeille alueille. MVE5a/VVE3a rantautumispaikan Hällörenin rantalehdon kohdalla haitalliset vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen on arvioitu erittäin suuriksi, MVE5b/VVE3b Nordkapin rantalehdon ja -niityn kohdalla suuriksi.

3.3.2.3 Kuntakaavat

Voimassa olevien yleiskaavojen vesialueilla Laineen merituulivoimahankkeen vaikutukset ovat hyvin vähäisiä, sillä varsinainen tuulivoimapuisto ja mahdollinen vedyn tuotanto sijaitsevat yleiskaavoittamattomalla alueella ja mantereelle johtavat energiansiirtoreitit lasketaan tai asennetaan merenpohjaan sisään. Mahdolliset epäsuorat vaikutukset (lisääntyvä meriliikenne, tilapäinen veden samentuminen, melu) ovat lähinnä rakentamisen aikaisia, eivätkä energiansiirtoreitit estä kaavojen mukaisen maankäytön toteutumista. Energiansiirtoreittien rantautumispaikoilla sähkönsiirtokaapelit tarvitsevat tilaa noin 80 metriä ja vetyputki joitakin kymmeniä metrejä.

Merikaapelireitin vaihtoehdon MVE1a ja vetyputkireitin vaihtoehdon VVE1 rantautumispaikka sijoittuu Merenläheisten kylien osayleiskaavan maa- ja metsätalousalueen kohdalle. Kyseisellä alueella tulisi kaavamääräyksen mukaan rantaan sijoittuvilla alueilla säilyttää 25 metrin syvyinen puustoinen alue, jota ei saa avohakata. Vaihtoehto on siltä osin kaavanvastainen, sillä rantauduttuaan kaapeli/putkikaivanto on pidettävä puuttomana. Mikäli tarkemmassa suunnittelussa linjausta ei voida osoittaa osayleiskaavan yhdyskuntateknisen huollon, öljysataman ja tuulivoimaloiden alueelle (ET/LS), saattaa hanke edellyttää kaavamuutosta. Huomionarvoista kuitenkin on, että vireillä olevassa maakuntakaavassa Kanäsin kohdalle on satamatoimintojen osalta osoitettu myös teollisuusaluemerkintä. Vaihtoehdon MVE1b rantautumispaikka sijoittuu osayleiskaavassa osoitetulle loma-asunnon rakennuspaikalle (RA-1), siltä osin hanke edellyttää kaavasta poikkeamista.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merikaapelireitin vaihtoehdon MVE2a rantautumispaikka sijoittuu Vexalan kylän rantakaavassa osoitetun venevalkaman kohdalle. Venevalkama-alueen leveys mahdollistaa merikaapelireitin sijoittamisen rantakaavassa osoitettujen virkistysalueiden väliin. Vaikutus venevalkaman käytölle on rakentamisenaikainen, mikäli venevalkama-aluetta voidaan käyttää veneiden laskuun, talvisäilytykseen ja kesäkäyttöön maakaapelikaivannon alueella. Vaihtoehdon MVE2b rantautumispaikka sijoittuu Vexalan kylän rantakaavassa osoitetun ja toiminnassa olevan kalasatama-alueen kohdalle. Mikäli jatkosuunnittelussa rantautumispaikasta mantereelle johtavaa maakaapelilinjausta ei saada osoitettua mahdollisimman lähelle kalasataman tietä ja rantakaavan M-aluevarausta, saattaa linjaus edellyttää RA-alueen eteläisimmän rakennuspaikan purkamista ja kaavamuutosta.

Merikaapelireitin MVE3 rantautumispaikka sijoittuu Pietarsaaren oikeusvaikutuksettomassa yleiskaavassa osoitetun kaupunkipuiston alueelle. Vireillä olevassa yleiskaavassa rantautumispaikalle on osoitettu luonnon monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeä alue, virkistysalue ja ulkoilureitti. Rantautumispaikalta johtaisi toteutuessaan maksimissaan noin 80 metrin levyinen puuttomana pidettävä alue kohti sisämaata. Ulkoilu tällä alueella olisi mahdollista. Hankkeella ei olisi suoraa vaikutusta nykyiseen kaupunkipuiston alueella olevalle vaellus/luontoreitille. Yleiskaavassa osoitettu pääasiallinen maankäyttötarkoitus ei merkittävästi vaikeudu, mutta hanke edellyttää kaavasta poikkeamista. Lisäksi rantautumispaikan jatkosuunnittelussa tulee huomioida yleiskaavaehdotuksen luonnon monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeä alue (matalakasvuinen kivikkoinen kivennäismaan rantaniitty, jolla on monipuolinen pesimälinnusto ja muun muassa merihanhen laidunnusaluetta) ja tutkia keinot lieventää Nabban merenrantaniittyyn kohdistuvia haitallisia vaikutuksia esim. tuomalla kaapelit rantaan suuntaporaamalla.

Merikaapelivaihtoehdon MVE4 sekä vetyputkivaihtoehdon VVE2 rantautumispisteen kohdalle on osoitettu Pietarsaaren voimassa olevassa yleiskaavassa sekä vireillä olevassa yleiskaavaehdotuksessa palvelujen aluetta. Voimassa olevassa Pietarsaaren asemakaavassa (Sp 385, *Pietarsaaren kaupunki 2017*) rantautumispaikalle on osoitettu pienvenetelakan ja varastoinnin korttelialue, jonka sisällä on yhdyskuntateknistä huoltoa palvelevien rakennusten ja laitosten alue. Rantauduttuaan energiansiirtoreitti rajoittaa maa-alueella rakentamista ja raskaiden koneiden tai ajoneuvojen liikkumista, minkä vuoksi hanke edellyttää kaavamuutosta alueella. Jatkosuunnittelussa on otettava huomioon alueella sijaitseva maanalainen purkuputki sekä vedenpuhdistamon läheisyys.

Vaihtoehdon MVE5a/VVE3a rantautumispaikka sijoittuu voimassa olevassa oikeusvaikutuksettomassa Pietarsaaren yleiskaavassa kaupunkipuiston alueeksi osoitetun alueen reunaan. Rantauduttuaan energiansiirtoreitti muodostaisi puuttomana pidettävän maastokäytävän viheralueelle, mutta ei estäisi alueen pääkäyttötarkoitusta, mutta hanke edellyttää poikkeamista yleiskaavasta. Vireillä olevassa Pietarsaaren yleiskaavassa rantautumiskohta sijoittuu säilytettävän virkistysalueen eteläiseen reunaan. Hanke estäisi virkistysalueen säilyttämisen, mikä tulisi huomioida vireillä olevan yleiskaavan laadinnassa.

Vaihtoehdon MVE5b/VVE3b rantautumispaikka sijoittuu voimassa olevassa oikeusvaikutuksettomassa Pietarsaaren yleiskaavassa T/kem -alueelle, jolle sijoittuu arvokasta kaupunkialuetta. Vireillä olevassa Pietarsaaren yleiskaavassa rantautumiskohta sijoittuu säilytettävälle virkistysalueelle Hällörenin maakunnallisesti merkittävien kulttuuriympäristöalueiden väliin. Ympäristöjen ominaispiirteet tulee säilyttää ja ennen rakennustoimenpiteisiin ryhtymistä tulee pyytää lausunto museoviranomaisilta. Rantautumispaikan läheisyyteen sijoittuu lisäksi paikallisesti arvokas Villa Nordkappin rakennusperintökohde. Hanke estäisi virkistysalueen säilyttämisen, mikä tulisi huomioida vireillä olevan yleiskaavan laadinnassa.

3.3.2.4 Merialuesuunnitelma

Merialuesuunnitelma ei kuulu alueidenkäytön suunnittelujärjestelmään, eikä sillä ole oikeusvaikutuksia.

Merialuesuunnitelmassa varsinaiselle Laineen merituulivoimapuiston alueelle on osin osoitettu energiantuotannon alue. Merkinnän selitteen mukaan kyseessä on Merenkurkun pohjoinen potentiaalinen merituulivoimatuotannon alue avomerivyöhykkeillä. Tuulivoimapuiston alueelle on

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

energiantuotannon lisäksi osoitettu merenkulun alueita. Merialuesuunnitelman tavoitteena on sovittaa yhteen eri toimialojen tarpeita ja näin edesauttaa merellisten elinkeinojen harjoittamista ja meriympäristön tilaa.

Laineen hankkeen energiasiirtoreittien alueilla on varsinaisen tuulivoimapuistoalueen itäpuolelle osoitettu energiantuotantoaluetta. Lähempänä rannikkoa merialuesuunnitelmassa on osoitettu useita eri toimintoja. Merikaapelivaihtoehdot MVE2, MVE3, MVE4 ja MVE5 sijoittuvat rannikkokalastusalueelle. Merikaapelireittivaihtoehtojen MVE1a ja MVE1b sekä vetyputkireittivaihtoehdon VVE1 alueille on osoitettu merkittävänä ja potentiaalisena alueena vesiviljelyalue (Vöyri/Uusikaarlepyy) sekä merialuesuunnittelussa tunnistettuna yhteytenä ja yhteystarpeena matkailu- ja virkistysyhteys (veneilylle ja risteilyliikenteelle).

Mantereen läheisyydessä merikaapelivaihtoehdot MVE2, MVE3, MVE4 ja MVE5 sijoittuvat rannikkokalastusalueelle. Merikaapelireittivaihtoehtojen MVE1a ja MVE1b sekä vetyputkireittivaihtoehdon VVE1 alueille on osoitettu merkittävänä ja potentiaalisena alueena vesiviljelyalue sekä merialuesuunnittelussa tunnistettuna yhteytenä ja yhteystarpeena matkailu- ja virkistysyhteys (veneilylle ja risteilyliikenteelle). Vetyputkireittien VVE2 ja VVE3 alueille on merialuesuunnitelmassa osoitettu merenkulun aluetta, rannikkokalastusaluetta, merkittäviä vedenalaisia luontoarvoja, Pietarsaaren TEN-T satama, Luodon saaristo, Öuran ja Masskärin kulttuuriarvot sekä matkailu- ja virkistysmerkinnät. Lisäksi reitin VVE2 varrelle sijoittuu merialuesuunnitelmassa osoitettua vesiviljelyaluetta (Pietarsaari/Luoto), joka viistää myös reitin VVE3 aluetta. Edellä mainitut merkinnät ovat yleispiirteisesti osoitettuja nykyisiä merkittäviä ja tulevia potentiaalisia alueita merialueen eri käyttömuodoille.

Hanke toteuttaa merialuesuunnitelmassa alueelle osoitettuja strategisia tavoitteita ja toiminnot ovat yhteen sovitettavissa tarkemmassa suunnittelussa. Tuulivoimapuistoalueelta mantereelle johtavat energiansiirtoreitit voivat aiheuttaa rakentamisenaikaisia vaikutuksia muun muassa meriliikenteelle ja lyhytkestoisia häiriöitä esimerkiksi virkistykselle.

3.3.3 Vaikutukset yhdyskuntarakenteeseen ja muuhun maankäyttöön

Hankkeen vaihtoehtojen VE1 ja VE2 mukainen merituulivoimapuiston alue sijoittuu talousvyöhykkeelle avomerelle etäälle yhdyskuntarakenteesta ja taajamarakenteen ulkopuolelle (noin 35 km Pietarsaaresta ja Uudestakaarlepyystä). Merituulivoimapuiston rakentamisen johdosta avomerelle rakentuu tuulivoimaloita, merisähköasemia, mahdollisia vetyasemia ja rakentamaton vesialue muuttuu näin osin energiantuotantoalueeksi. Merituulivoimapuiston alue säilyy rakentamisenkin jälkeen pääosin avoimena vesialueena, jossa liikkumiseen ei kohdistu pysyviä rajoituksia lukuun ottamatta pyrkimystä välttää kauppamerenkulun alusten liikkumista alueella. Merituulivoimapuiston vaikutukset yhdyskuntarakenteeseen ja maankäyttöön ovat hyvin vähäiset, sillä etäisyydet mantereelle ovat pitkiä ja esimerkiksi maisemalliset tai meluvaikutukset yli 30 kilometrin etäisyydellä ovat vähäiset.

Laineen hankealueen soveltuvuus tuulivoimatuotannolle on tunnistettu ja tuulivoimapuiston alue on osin esitetty merialuesuunnitelmassa energiantuotannon alueena. Avomerelle sijoittuvalle tuulivoimapuistoalueelle ei merialuesuunnitelmassa ole esitetty energiantuotannon lisäksi muita potentiaalisia alueita kuin merenkulun alue. Toteutusvaihtoehtojen VE1 ja VE2 välillä ei ole yhdyskuntarakenne- tai maankäyttövaikutusten välillä merkittävää eroa.

Vaikutukset meriliikenteelle on arvioitu luvussa 14.

Hankkeeseen kuuluvat energiansiirtovaihtoehdot toteutetaan merenpohjaan sisään asennettavina merikaapeli- tai vetyputkireitteinä. Niiden käytön aikaiset vaikutukset yhdyskuntarakenteeseen tai maankäyttöön ovat hyvin vähäiset muualla kuin rantautumiskohdilla. Rantautumiskohtien sijaintia suhteessa voimassa ja valmisteilla oleviin kaavoihin on kuvattu luvuissa 3.2.2 ja vaikutuksia arvioitu luvussa 3.3.2.

Hankealueelle toteutettavilla merisähköasemilla, voimaloissa sijaitsevilla vedyn tuotantoasemilla tai keskitetyillä vedyntuotantoasemilla ei ole vaikutuksia yhdyskuntarakenteeseen tai maankäytön

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

kehittämiseen, sillä merisähköasemat ja vedyn tuotantolaitokset sijoittuvat talousvyöhykkeelle. Myöskään avomerialueelle sijoittuvilla varsinaisen tuulivoimapuiston tai merikaapelireittien läjitysalueilla ei ole vaikutuksia yhdyskuntarakenteeseen tai maankäytön kehittämiseen.

Merikaapelin MVE1a ja MVE1b sekä vetyputken VVE1 rantautumisvaihtoehto sijoittuu YKR-aluejaossa luokittelemattomalle alueelle lähelle maaseutumaista aluetta (Kuva 3-23). MVE1/VVE1 rantautumispaikan pohjoispuolella sijaitsee Kanäsin satama ja aiemmin käytössä ollut polttoaineen kalliosäiliöalue. Rantautumispaikka on Merenläheisten kylien osayleiskaavassa maa- ja metsätalousaluetta, mutta vireillä olevassa Pohjanmaan maakuntakaavassa sataman yhteyteen on osoitettu teollisuus- ja varastoaluemerkintä. Etäisyyttä osayleiskaavassa osoitettuihin ja toteutuneisiin loma-asuntoihin rantautumispaikasta on noin 150 m.

Merikaapelin MVE1b rantautumisvaihtoehto sijoittuu YKR-aluejaossa luokittelemattomalle alueelle lähelle maaseutumaista aluetta. Nykytilassa rantautumispaikka on rakentamaton ranta-alue, mutta Merenläheisten kylien osayleiskaavassa sen kohdalle on osoitettu loma-asunnon rakennuspaikka. MVE1b estäisi rakennuspaikan toteuttamisen ja edellyttäisi poikkeamista osayleiskaavasta. Etäisyyttä osayleiskaavassa osoitettuihin ja toteutuneisiin loma-asuntoihin rantautumispaikasta on noin 250 m.

Merikaapelireitin MVE2a rantautumisalue on YKR-aluejaossa maaseutumaista ja MVE2b luokittelematonta aluetta. Reitin MVE2a rantautumispaikkaa lähimmät loma-asunnot sijaitsevat noin 200 metrin etäisyydellä. Rantautumispaikan kohdalla on ilmakuvatarkastelun perusteella Vexalan kylän rantakaavan mukainen pienvenevalkama. Merikaapeli MVE2a on mahdollista sijoittaa pienvenevalkaman aluevaraukselle, jolloin sen viereisille lähivirkistysalueille ei kohdistuisi merkittäviä vaikutuksia. Pienvenevalkaman käytölle kohdistuisi kuitenkin rakentamisenaikaisia häiriöitä. Uimaranta-alue sijoittuu noin 500 metrin etäisyydelle ja sen käytölle ei aiheudu pysyviä vaikutuksia.

Pohjoisemman reittivaihtoehdon MVE2b rantautumispaikan kohta sijoittuu Brännskatan kalasataman pohjoispuoleiselle alueelle. Maakuntakaavassa rantautumispaikan kohdalle on osoitettu suojeltu luontotyyppi. Rantautumispaikka rajoittuu uimaranta-alueeseen ja sen mantereenpuoliseen loma-asuntoalueeseen. Mikäli jatkosuunnittelussa rantautumispaikasta mantereelle johtavaa maakaapelilinjausta ei saada osoitettua mahdollisimman lähelle kalasataman tietä ja rantakaavan M-aluevarausta, saattaa linjaus edellyttää RA-alueen (loma-asuntoalue) eteläisimmän rakennuspaikan purkamista ja kaavamuutosta. Rantautumispaikan siirtäminen etelämmäksi loisi myös paremmat edellytykset välttää suojeltuun luontotyyppiin kohdistuvia vaikutuksia.

Vaihtoehdon MVE3 rantautumisalue on YKR-aluejaossa maaseutuasutuksen aluetta. Rantautumispaikka sijoittuu maatuvalle vesialueelle. Etäisyyttä lähimpiin loma-asuntoihin on noin 150 metriä ja pohjoispuoleiseen Svedjan leirikeskukseen noin 600 metriä. Voimassa olevassa oikeusvaikutuksettomassa Pietarsaaren yleiskaavassa rantautumiskohta rajautuu kaupunkipuiston alueelle, alue on tarkoitettu leikkiin ja oleskeluun. Vaikutukset alueen käytölle olisivat lähinnä rakentamisenaikaisia, käytön aikana puuttomana pidettävä kaapelireitti voi vaikuttaa virkistysalueen kokemiseen. Vireillä olevassa yleiskaavaehdotuksessa rantautumispaikan kohdalle on osoitettu pääosin vesialueelle sijoittuva luonnon monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeä alue, ulkoilureitti ja virkistysalue.

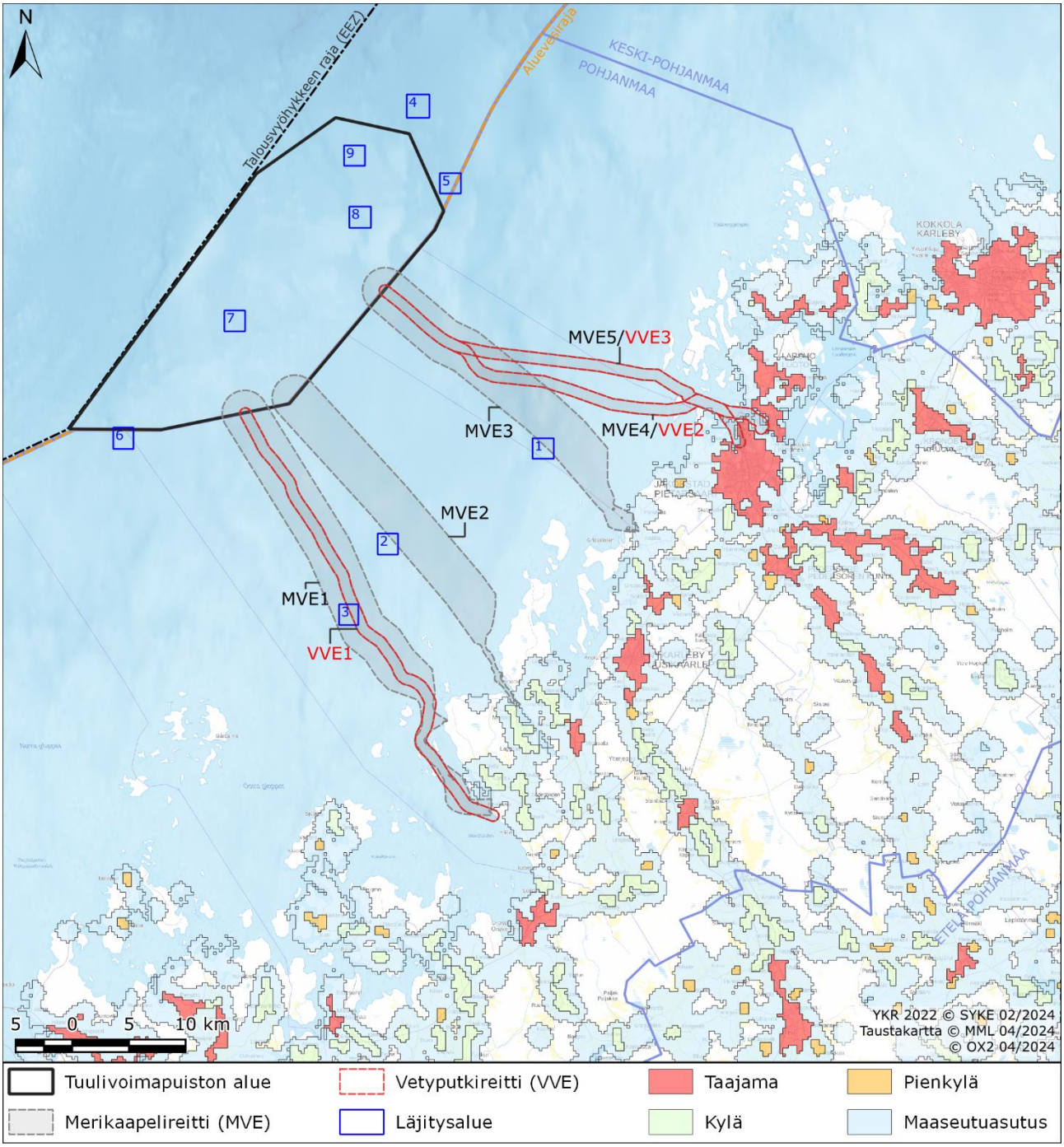
MVE4/VVE2 rantautumispaikka on YKR-aluejaossa taajama-aluetta, MVE5a/VVE3a ja MVE5b/VVE3b maaseutumaista aluetta. Kaikki sijoittuvat Pietarsaaren Alholman teollisuus- ja satama-alueen yhteyteen. MVE4/VVE2 rantautumispaikka on nykytilassa osin rakentamatonta, entistä huviloiden ranta-aluetta, mutta alueella on pumppaamo ja puhdistuslaitoksen purkuputki. Lähin asutus sijoittuu noin 250 metrin etäisyydelle. Voimassa olevassa oikeusvaikutuksettomassa Pietarsaaren yleiskaavassa rantautumiskohta ja vireillä olevassa Pietarsaaren yleiskaavassa rantautumiskohta on osoitettu palvelujen alueeksi. Voimassa olevassa asemakaavassa alueelle on osoitettu yhdyskuntateknisen huollon aluetta sekä uusina toimintoina vapaa-ajan veneiden talvisäilytys- ja huoltopalveluita.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

MVE5a/VVE3a rantautumispaikka sijoittuu voimassa olevassa oikeusvaikutuksettomassa Pietarsaaren yleiskaavassa kaupunkipuiston alueeksi osoitetun alueen reunaan. Vireillä olevassa Pietarsaaren yleiskaavassa rantautumiskohta sijoittuu säilytettävän virkistysalueen eteläiseen reunaan ja säilytettävän loma-asuntoalueen välittömään läheisyyteen. Mantereella energiansiirtoreitti muodostaisi puuttomana pidettävän maastokäytävän säilytettävälle virkistysalueelle.

MVE5b/VVE3b rantautumispaikka sijoittuu voimassa olevassa oikeusvaikutuksettomassa Pietarsaaren yleiskaavassa T/kem alueelle, jolle sijoittuu arvokasta kaupunkialuetta. Vireillä olevassa Pietarsaaren yleiskaavassa rantautumiskohta sijoittuu säilytettävälle virkistysalueelle Hällörenin maakunnallisesti merkittävien kulttuuriympäristöalueiden väliin. Ympäristöjen ominaispiirteet tulee säilyttää ja ennen rakennustoimenpiteisiin ryhtymistä tulee pyytää lausunto museoviranomaisilta. Rantautumispaikan läheisyyteen sijoittuu lisäksi paikallisesti arvokas Villa Nordkappin rakennusperintökohde. Vaihtoehto MVE5b/VVE3b on osin myös alueella voimassa olevan asemakaavan vastainen, sillä energiansiirtoreitti halkaisisi kaavassa osoitetun suojaviheralueen. Asemakaavaselostuksen mukaan suojaviheralue toimii puskurivyöhykkeenä teollisuuden ja meren välillä ja alueella oleva metsä tulee säilyttää. Hankkeen toteuttaminen näiltä osin edellyttää asemakaavasta poikkeamista tai asemakaavamuutosta.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 3-23. Yhdyskuntarakenteen aluejaot (Suomen ympäristökeskus 2022).

3.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

Hankkeen toteuttamatta jättäminen vaihtoehdon VE0 mukaisesti merkitsee alueen maankäytön osalta tilanteen säilymistä nykyisellään. Hankkeen toteuttamatta jättämisen myötä myöskään merialuesuunnitelmassa osoitettu potentiaalinen energiatuotannon alue ei tämän hankkeen myötä konkretisoidu.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

3.4 Yhteisvaikutukset

Laineen hankkeen länsipuolelle Ruotsin talousvyöhykkeelle on vireillä Kappa-merituulivoimahanke, johon liittyen suunnitellaan enintään 74 tuulivoimalan rakentamista vain noin yhden kilometrin etäisyydelle Laineen merituulivoima-alueesta. Kappan hankealueen pohjoisosa sijaitsee Perämeren merialueella ja eteläosa Selkämeren pohjoisosan sekä Merenkurkun merialueella *(Njordr Offshore Wind AB 2022).* Viimeisimmän tiedon mukaan Kappan hankealuetta on muutettu siten, että se on kiinni talousvyöhykkeen rajassa, ollen nyt noin 100 metrin etäisyydellä Laineen hankealueesta *(Statkraft Offshore Wind AB 2024*). Lisäksi Kappa -hankkeen länsipuolella noin 16,5 kilometrin etäisyydellä on vireillä Aurum tuulivoimahanke *(Energimyndigheten & Länsstyrelserna 2024)*.

Muiden hankkeiden yhteisvaikutukset Laineen hankkeen kanssa kohdistuvat lähinnä merialueelle ja aiheutuvat etenkin vaikutuksista meriliikenteeseen.

3.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys

Maankäyttövaikutusten merkittävyys ja vaihtoehtojen vertailu tehtiin käytönaikaisille vaikutuksille erikseen hankevaihtoehdoille (VE0, VE1, VE2) sekä erikseen eri kaapelireitti/vetyputkivaihtoehdoille (MVE1a/VVE1, MVE1b, MVE2a ja MVE2b, MVE3, MVE4/VVE2, MVE5a/VVE3a ja MVE5b/VVE3b).

Varsinaisen merituulivoimala-alueen vaihtoehdoilla on vain pieniä eroja maankäyttövaikutusten suhteen: VE1 on alueeltaan ja voimalamäärältään jossain määrin vaihtoehtoa VE2 ja merialuesuunnitelmassa osoitettua energiatuotantoaluetta suurempi, jolloin vaikutukset merialuesuunnitelmassa osoitettuun Merenkurkun/Perämeren merenkulun liikenteelle voivat olla suuremmat. Toisaalta tuulivoimaloiden keskittäminen usean voimalan yksikköön tukee uusiutumiskykyisen energianhuollon valtakunnallista alueidenkäyttötavoitetta. Hankealueen herkkyys arvioitiin vähäiseksi vaihtoehdoissa VE1 ja VE2.

Merikaapelireittien vaihtoehtoiset läjitysalueet sijoittuvat etäälle rannikosta, eikä niille ole osoitettu aluevarauksia voimassa olevassa tai vireillä olevassa maakuntakaavassa. Merituulivoimapuiston alueelle sijoittuvilla läjitysalueilla ei ole alueidenkäytöllisiä vaikutuksia.

Merikaapelireitit MVE3, MVE4/VVE2 ja MVE5/VVE3 sijoittuvat vireillä olevassa maakuntakaavassa osoitetulle tuulivoimala-alueelle. Muutoksen suuruus arvioitiin kaikissa vaihtoehdoissa vähäisen negatiiviseksi ja herkkyys vähäiseksi, sillä hankkeet ovat sovitettavissa jatkosuunnittelussa yhteen.

Merikaapelireittien vaikutukset Uudenkaarlepyyn (MVE2) ja Luodon saariston luonnonsuojelualueisiin (MVE4/VVE2, MVE5/VVE3) sekä Merenkurkun saaristomaisemaan (MVE1/VVE1) ja reittien läheisyyteen sijoittuviin muihin luonnon ja maiseman kannalta arvokkaisiin alueisiin on arvioitu luvuissa 4 ja 11. Toiminnanaikaiset vaikutukset luonnonsuojelualueisiin arvioitiin vähäisiksi.

Merikaapelireittivaihtoehtojen rantautumispaikkojen osalta MVE1a/VVE1 sijoittuu olemassa olevan teollisuussatama-alueen yhteyteen. Mikäli rantautumispaikka MVE1a/VVE1 saadaan toteutettua satama- ja teollisuuskäytössä olevalle alueelle, muutoksen suuruus arvioitiin vähäisen negatiiviseksi ja alueen herkkyys vähäiseksi. Alue on osoitettu myös teollisuusalueeksi vireillä olevassa maakuntakaavassa. MVE1b rantautumispaikka sijoittuu maa- ja metsätalousalueen sisään osoitetulle toteutumattomalle loma-asunnon rakennuspaikalle, muutoksen suuruus arvioitiin vähäisen negatiiviseksi ja alueen herkkyys vähäiseksi.

Vaihtoehdon MVE2a rantautumispaikka sijoittuu venevalkaman yhteyteen, joten muutoksen suuruus arvioitiin vähäisen negatiiviseksi ja alueen herkkyys vähäiseksi. Vaihtoehdon MVE2b rantautumispaikka sijoittuu kalasatama-alueen pohjoispuolelle, lähelle loma-asutusta ja uimaranta-aluetta. Muutoksen suuruus arvioitiin vähäisen negatiiviseksi, mikäli kaapelireitti saadaan mantereella linjattua mahdollisimman etäälle loma-asunnoista, jolloin niiden ja kaapelikaivannon väliin olisi mahdollista säästää puustoinen suojavyöhyke, ja alueen herkkyys kohtalaiseksi.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

MVE3 rantautumispaikka sijoittuu luonnon monimuotoisuuden kannalta erityisen tärkeälle alueelle ja virkistysalueeksi osoitetun alueen reunalle, mutta sillä ei ole suoraa vaikutusta alueen nykyisiin reitteihin. Muutoksen suuruus arvioitiin vähäisen negatiiviseksi ja alueen herkkyys kohtalaiseksi. Merenrantaniittyyn kohdistuu rakentamisenaikaisia vaikutuksia mutta sen ympäristön arvioitiin palautuvan rakentamisen jälkeen.

MVE4/VVE2 osalta rantautumispaikka ja mantereelle sijoittuva energiansiirtoreitti ovat osittain ristiriidassa alueelle asemakaavoitettujen toimintojen kanssa. Muutoksen suuruus arvioitiin kohtalaisen negatiiviseksi ja alueen herkkyys kohtalaiseksi.

Vaikka MVE5/VVE3 sijoittuvat olemassa olevan ja vireillä olevien kaavoitushankkeiden myötä laajentuvan teollisuusalueen yhteyteen, muutoksen suuruus arvioitiin kohtalaisen negatiiviseksi ja alueen herkkyys kohtalaiseksi virkistys/suojaviheralueiden ja alueella sijaitsevien rakennetun kulttuuriympäristön arvojen takia.

Kaikki energiansiirtoreittivaihtoehdot merituulivoimapuistosta mantereelle risteävät maakunta- ja kuntakaavoissa osoitettujen laiva- ja veneväylien kanssa tai sijoittuvat satamien läheisyyteen. Merenpohjaan laskettavien tai asennettavien kaapeleiden tai vetyputken vaikutukset niihin arvioitiin kuitenkin vähäisiksi ja rakentamisen aikaisiksi.

Taulukko 3-3. Yhdyskuntarakenteeseen ja maankäyttöön kohdistuvien vaikutusten merkittävyys eri hankevaihtoehdoissa käytön aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus					Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen				VE1 VE2 MVE1a VVE1 MVE1b MVE2a					
	Kohtalainen			MVE4 VVE2 MVE5 VVE3	MVE2b MVE3	VE0				
	Suuri									
	Erittäin suuri									

3.6 Arvioinnin epävarmuudet

Hankkeen aiheuttamat vaikutukset on pyritty huomioimaan mahdollisimman laajasti. Maankäytön kehityksen ennustamiseen liittyy kuitenkin aina epävarmuustekijöitä ja kaavojen ohjaustarkkuuteen liittyviä osin tulkinnallisia kysymyksiä.

Arvioinnissa käytetyt alustavat voimaloiden sijoituspaikat ja merikaapelilinjaukset tarkentuvat jatkosuunnittelun yhteydessä. Muutokset voivat koskea tuulivoimaloiden lukumäärää, kokonaiskorkeutta, voimaloiden paikkaa, sähkö- tai vetyasemien paikkaa tai merikaapelien ja vedyn siirtoputken linjauksia. Arvioinnin kohteena olleet merikaapeli- ja vetyputkireitit ovat leveitä ja myös rantautumispaikkojen sijaintitiedot ovat yleispiirteisiä. Yksityiskohtainen maankäyttö- ja kaavoitusvaikutusten arviointi voidaan tehdä hankkeen jatkosuunnittelun yhteydessä, jolloin myös mahdollinen kaavoitus- tai kaavamuutostarve voidaan tunnistaa paremmin. YVA-menettelyssä arvioitu

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

voimaloiden maksimimäärä, kokonaiskorkeus tai tuulivoimapuistoalueen laajuus luo raamit, joita ei voida lähtökohtaisesti muuttaa jatkosuunnittelussa. Näin vaikutusten tarkastelu pohjautuu maksimivaikutuksen arviointiin varovaisuusperiaatteen mukaisesti.

Arvioinnissa on pyritty käyttämään uusinta kartta- ja paikkatietoaineistoa, mutta on mahdollista, että aineistossa on epätarkkuuksia tai puutteita.

3.7 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen

Hankkeen haitallisia vaikutuksia voidaan lieventää jättämällä riittävät suojaetäisyydet muuttuvan maankäytön ja häiriintyvien kohteiden välille. Nämä vaikutusten lieventämismahdollisuudet liittyvät etenkin merikaapelien tai vedynsiirtoputken sijoittamiseen mahdollisimman etäälle luonnonsuojelu- ja Natura-alueista. Energiansiirtoreittien rantautumiskohtien suunnittelussa tulee ottaa huomioon myös asutus, virkistysalueet ja -reitit sekä muut herkästi häiriintyvät kohteet.

Vaikutusten lieventämisen osalta merkityksellistä on YVA-menettelyjen aikana toteuttavat lausuntomenettelyt ja viranomaisvuoropuhelu sekä mahdolliset kaavamuutosprosessit. Merituulivoimahankkeiden osalta ei ole vastaavia vakiintuneita suunnitteluperiaatteita kuin manneralueiden tuulivoima-alueiden osalta on olemassa, ja suunnittelun ohjaustarkkuus on erilainen. Osa suunnitteluratkaisuista ja vaikutusten lieventämisen periaatteista täsmentyy vielä vesilupavaiheen selvityksillä ja arvioinneilla.

Tunnistettuja haitallisia vaikutuksia voidaan lieventää selvityksin tarkentuvan hankesuunnittelun muutosten ohella kaavamääräyksin ja -merkinnöin sekä vaadittavan vesiluvan määräyksin.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

4 MAISEMA JA KULTTUURIYMPÄRISTÖ

YHTEENVETO

- Rakentamisen aikaiset maisemalliset vaikutukset ovat vähäiset. Toiminnan aikaiset maisemalliset vaikutukset ovat voimakkaimmat merituulivoimapuiston sisällä tai sen lähettyvillä. Maisemalliset vaikutukset vähenevät etäisyyden kasvaessa. Maisemalliset vaikutukset ovat kohtalaisia lähimpien saarten merituulivoimapuiston puoleisille rannoille ja niiden rakennuspaikoille, jotka sijaitsevat noin 25 kilometrin etäisyydellä. Kohtalaisia maisemallisia vaikutuksia kohdistuu myös mantereen länsirannoille, ja siellä oleville lähimmille asuin ja loma-asuinpaikoille sekä uimarannoille, joista avautuu esteetön näkymä tuulivoimapuistoon alle 30 kilometrin etäisyydeltä. Muille kohteille maisemalliset vaikutukset ovat vähäiset.
- Valtakunnallisesti arvokkaille maisema-alueille Merenkurkun saaristomaisemiin ja Björköbyn kulttuurimaisemaan merituulivoimapuiston maisemalliset vaikutukset ovat kohtalaisia. Valtakunnallisesti arvokkaalle rakennusperinnöille Socklothällanin ja Mässkärin majakka- ja luotsiyhdyskunnille merituulivoimapuiston maisemalliset vaikutukset ovat myös kohtalaisia. Muille inventoiduille arvokohteille maisemalliset vaikutukset ovat vähäiset.
- Hankkeella on kohtalaisia maisemallisia vaikutuksia Merenkurkun maailmanperintöalueen pohjoisosan avomeren luonnonmaisemalle, mutta vain vähäisiä maisemallisia vaikutuksia maailmanperintöalueen yleismaailmallisille tai muille arvoille.
- Vaihtoehtojen VE1 ja VE2 maisemallisten vaikutusten erot ovat vähäiset.
- Merikaapelien vaihtoehdoista tai vetyputkesta ei muodostu maisemallisia vaikutuksia, joten maiseman kannalta vaihtoehdoissa ei ole eroja.
- Ruotsin puolella sijaitsevan Kappan tuulivoimapuiston yhteisvaikutukset Suomen puolelle arvioitiin olevan vähäiset.
- Hankkeen maisemalliset vaikutukset ovat toiminnan aikana kokonaisuudessaan kohtalaiset negatiiviset, koska maisemalliset vaikutukset kohdistuvat laajalle alueelle.

4.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

4.1.1 Maisema ja kulttuuriympäristöt

Hankkeen toteutuessa suoria maisemavaikutuksia aiheutuu tuulivoimalarakenteista sekä tuulivoimaloihin liittyvistä voimajohto- ym. rakenteista (voimajohdot kuvattu erillisessä asiakirjassa ”YVA-ohjelma B-osio”). Merikaapeleista ei toiminnan aikana aiheudu maisemavaikutuksia. Hankkeen suunnittelu on vasta alustavassa vaiheessa eikä tarkkoja tietoja uusista rakenteista vielä ole ollut saatavilla, minkä vuoksi vaikutusarviointi on tehty suunniteltujen maksimimittojen mukaan ennakoiden teknologian kehittyminen.

Rakentamisvaiheessa maisemavaikutukset kohdistuvat lähinnä itse merituulivoimapuistoalueeseen. Korkeat nosturit saattavat kuitenkin näkyä myös laajemmalle alueelle, mutta niiden vaikutus on tilapäinen. Rakentamisvaiheen päätyttyä tuulivoimaloiden rakenteet tulevat näkymään laajalle alueelle suuren kokonsa ja sijaintinsa johdosta. Näkymiä kohti merituulivoimapuistoa avautuu avoimilta ranta-alueilta. Näkymiä ympäristöstä kohti tuulivoimaloita katkaisevat rakennukset, rakenteet ja erityisesti kasvillisuus. Esimerkiksi rakennetuilla ja metsäisillä alueilla tämäntyyppisiä pitkiä näkymäakseleita katkaisevia elementtejä on yleensä runsaasti.

Maiseman ja kulttuuriympäristökohteiden osalta tarkastelualueeksi on yleensä merituulivoimapuiston osalta alustavasti määritelty esimerkiksi 25 kilometriä merituulivoimapuistosta. Tässä hankkeessa maisemalliset vaikutukset ulottuvat laajemmalle avoimen meren yli. Lähimmän säätutkimusaseman, Kokkolan Tankarin, viimeisen vuoden näkyvyyshavaintojen keskiarvo oli noin 39

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

kilometriä. Jos huomioidaan tuulivoimalan koon suhteen ohuet rakenteet rungossa ja lavoissa, jää tuulivoimalan keskimääräinen havainnointietäisyys todennäköisesti tämän alapuolelle. Havainnointiin vaikuttaa merellä keskeisesti ilmankosteus, joka on yleensä kesällä korkeampi ja talvella alempi. Toinen merkittävä tekijä on valaistus. Tummaa taivasta vasten vaaleat voimalat näkyvät laajasti ja samoin yöllä voimaloiden lentoestevalot voivat erottua kauaksi. Hankkeen vaikutusarvioinnin tueksi on tehty havainnekuvia yöaikaan yleisen ohjeistuksen mukaisesti. Maisemallisten vaikutusten tarkastelualueeksi on määritelty tässä hankkeessa 35 kilometriä merituulivoimapuiston osalta, mitä voidaan pitää teoreettisena maksiminäkyvyysalueena (*Ympäristöministeriö 2016a).* Vaikka voimalat voivat näkyä tätä kauemmaksi, eivät visuaaliset vaikutukset todennäköisesti ole enää tätä etäämmällä merkittäviä maiseman arvojen tai erilaisten miljöötyyppien luonteen kannalta. Periaatteena on, että tarkastelualuetta laajennetaan kuitenkin tarvittaessa, mikäli yleispiirteisessä arvioinnissa havaitaan mahdollisesti merkittäviä vaikutuksia tarkastelualueita etäämmälle sijoittuviin kohteisiin. Hankkeessa onkin tutkittu mahdollisia merkittäviä maisemavaikutuksia paikoin yli 50 kilometrin etäisyydelle.

Vaikutusten arviointi maiseman ja kulttuuriympäristön osalta perustuu olemassa oleviin oppaisiin (kuten Ympäristöministeriön opas: ”Maisemavaikutusten arviointi tuulivoimarakentamisessa” https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/64964[1]), selvityksiin, hankkeen suunnitelma-aineistoon, kartta- ja ilmakuvatarkasteluihin sekä maastokäynteihin. Vaikutusarviointia varten on tehty näkymäalueanalyysi, jossa on selvitetty alueet, joilta on näkymäyhteys voimaloihin. Maisemavaikutuksia on havainnollistettu realistisilla havainnekuvilla, joiden ottopaikat on valittu mm. näkemäalueanalyysin avulla. Tietokoneella tehdyssä mallinnuksessa on käytetty mittatarkkaa tuulivoimalan 3D-mallia sekä maanmittauslaitokselta saatua karttamateriaalia. Vaikutusten arvioinnissa on tutkittu hankkeen suhdetta ympäristöön sekä vaikutuksia näkymiin ympäröiviltä alueilta.

Arvioinnissa on annettu yleiskuva vaikutusten kohdentumisesta, luonteesta ja merkittävyydestä. Omia tulkintoja maiseman arvoista kuten maiseman ”kauneudesta” ei ole tehty, jotta arviointi olisi mahdollisimman objektiivista. Myös yhteisvaikutukset muiden hankkeiden ja suunnitelmien kanssa on kuvattu sanallisesti ja havainnollistettu vastaavasti tietokonemallinnuksilla.

4.1.2 Muinaisjäännökset ja vedenalainen kulttuuriperintö

Merituulivoimapuiston alueella ja merikaapelireiteillä tullaan suorittamaan meriarkeologinen inventointi, ennen rakentamista sen jälkeen, kun tarkat suunnitelmat voimalapaikoista ja merikaapelireiteistä ovat olemassa eli arviolta ennen vesilupavaihetta. Tällöin tieto alueen muinaisjäännöksistä ja muista kulttuuriperintökohteista tarkentuu. Mahdollisia vaikutuksia tunnettuihin muinaisjäännöksiin arvioidaan tuulivoimapuiston rakentamisen ja toiminnan aiheuttamien vaikutusmekanismien pohjalta.

Edellä mainittu vedenalaisen kulttuuriperinnön selvitys toimitetaan aluehallintovirastolle (”AVI”), kun vesilupaa haetaan AVI:lta. Jos selvityksessä havaitaan vedenalaisia muinaisjäännöksiä, kuten vanhoja laivanhylkyjä, niiden osia tai muita ihmisen tekemiä rakennelmia, joita on todennäköisesti vain lähempänä rantaa aluevesillä, niin hankesuunnitelmaa muutetaan mahdollisuuksien mukaan ja pyritään välttämään tai kiertämään mahdolliset muinaisjäännökset. Selvitys tehdään rakentamisalueilla niin aluevesillä kuin talousvyöhykkeellä ja se kattaa tuulivoimaloiden perustukset, kaapelit ja merisähkö- ja vetyasemat sekä alueet, joilla tullaan ruoppaamaan, kaivamaan, tekemään täyttöjä ja lohkareiden asettamista sekä muilla tavoilla muokkaamaan merenpohjaa. Hankkeen rakentamisen aikaisia haitallisia vaikutuksia tullaan ehkäisemään pääsääntöisesti vedenalaisen kulttuuriperinnön kohteita kiertämällä tai välttämällä sekä tarvittaessa sopien hyvistä toimintatavoista Museoviraston kanssa.

[1] Maisemavaikutusten arviointi tuulivoimarakentamisessa; Päivitys 2024 ilmestyi vasta YVA-selostuksen viimeistelyn jälkeen, eikä sitä sen vuoksi voitu huomioida osana tätä YVA-menettelyä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Suomen aluevesillä muinaismuistolaki (295/1963) velvoittaa yleisen rakennushankkeen toteuttajan ottamaan etukäteen selvää siitä, tuleeko hanke koskemaan muinaisjäännöksiä. Avomerialueiden muinaisjäännöksiä ovat sellaiset alusten hylyt ja hylyn osat, joiden voidaan olettaa olleen uponneena yli sadan vuoden ajan. Muinaismuistolaki velvoittaa myös ilmoittamaan Museovirastolle sellaisen hylyn löytymisestä, jonka voidaan olettaa olleen uponneena yli sadan vuoden ajan. Talousvyöhykkeellä muinaismuistolakia ei kuitenkaan sovelleta. Talousvyöhykettä koskee sen sijaan Suomen 1996 ratifioima YK:n merioikeusyleissopimus (SopS 49–50/1996), jonka yleisissä määräyksissä velvoitetaan jäsenmaat suojelemaan merestä löytyneitä arkeologisia ja historiallisia esineitä.

Hankevastaava tulee ilmoittamaan Museovirastolle mahdollisista merenpohjaan kohdistuvien tutkimusten aikana havaituista vanhoista hylkylöydöistä.

4.1.3 Merenkurkun maailmanperintöalue

Merituulivoimahankkeella on vaikutuksia UNESCOn Merenkurkun maailmanperintöalueelle, minkä vuoksi hankkeen rakentaminen saattaa edellyttää kansallisen lainsäädännön mukaisen YVA-menettelyn lisäksi arvioinnin hankkeen vaikutuksista maailmanperintöalueen yleismaailmallisiin arvoihin. Luonnonperintöalueisiin sovelletaan ns. erillistä YVA-prosessia. Erillinen YVA-prosessi tehdään hankkeen YVA-menettelyn aineiston perusteella, mutta tyypillisesti vasta kansallisen YVA-menettelyn päättymisen jälkeen. Maailmanperintöön kohdistuvat vaikutukset on koottu yhteen tähän YVA-selostukseen sisällytettyyn lukuun IUCN:n suositusten mukaisesti. Maailmanperintökohteiden erillisessä YVA-prosessissa, mikäli sellaista tähän hankkeeseen sovellettaisiin, tarkistetaan hankkeen vaikutukset niille arvoille, millä kyseinen alue on nostettu maailmanperintöalueeksi. Unesco, yhdessä mm. IUCN:n kanssa, on julkaissut ”Guidance and Toolkit for Impact Assessment in a World Heritage Context” (*2022*) -oppaan. Opasta on hyödynnetty Laineen hankkeen ympäristövaikutusten arvioinnissa.

Maailmanperintökohteeksi valittavan kohteen tulee olla eheä kokonaisuus. Sen tulee siis sisältää mahdollisimman kokonaisina ja koskemattomina kaikki ne elementit, jotka ovat välttämättömiä kohteen yleismaailmallisen arvon ilmaisemiseksi. Kohteella tulee olla selkeät rajat ja niitä ympäröivä suojavyöhyke. Kohdealueen hallinnoinnin tulee noudattaa huolellisesti valmisteltua kohteen hoito- ja käyttösuunnitelmaa ja toiminnan kohdealueella tulee olla ekologisesti ja kulttuurillisesti kestävää. Kohteella tulee myös olla paikallisyhteisön tuki. Lisäksi kohteen tulee täyttää vähintään yksi asetetuista kymmenestä kriteeristä, joihin kuuluu sekä kulttuuri- että luontokriteereitä. Kun kohde valitaan maailmanperintökohteeksi, sen **erityiset yleismaailmalliset arvot** (”Outstanding Universal Value”, **OUV**) vahvistetaan ja kuvataan osana päätöstä. (*Museovirasto 2024c*)

Arvioitaessa hankkeen vaikutuksia UNESCO alueen erityisiin yleismaailmallisiin arvoihin, on tässä hankkeessa tarkasteltu mm. seuraavia kysymyksiä ”Guidance and Toolkit for Impact Assessment in a World Heritage Context” (*2022*) -oppaan mukaisesti:

1. Mitkä ovat hankkeen vaikutukset merenkurkun saariston maailmanperintöalueen erityisiin yleismaailmallisiin arvoihin?
2. Mitkä ovat vähiten haitalliset hankevaihtoehdot huomioiden alueen maailmanperintöarvot?
3. Mitkä ovat hankkeen aiheuttamien haitallisten vaikutusten ehkäisy- ja lieventämiskeinot?
4. Mitä tietoja tulee tarjota viranomaisille liittyen arviointiprosessiin?
5. Keitä sidosryhmiä tulee osallistaa ja miten?
6. Miten hankkeen jatkosuunnittelussa huomioidaan mahdolliset kielteiset vaikutukset maailmanperintöalueen arvoihin ja kuka jatkosuunnittelusta vastaa?

Edellä mainittujen oppaan mukaisten tarkasteltavien aihealueiden lisäksi on tarkasteltu nimenomaan Laineen hankkeen osalta seuraavia kysymyksiä:

a. Merenkurkun maailmanperintöalueen hoito- ja käyttösuunnitelmassa mainitaan tuulipuistot uhkana. Aiheuttaako hanke uhan erityisille yleismaailmallisille arvoille ja jos, niin mikä tämä uhka on?

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

b. Hahmottuuko tuulivoimapuisto maailmanperintöalueen maisemassa tai sitä ympäröivässä laajemmassa maisemassa visuaalisena haittana?
c. Mikä tuulivoimaloiden näkymisessä on se nimenomainen haitta: ilmestyykö maisemaan jotain sellaista, mitä siellä ei ole aiemmin ollut, onko uusi elementti liian nykyaikainen/teollinen, jolloin esim. vaikutelma jostain pysähtyneestä/luonnollisesta muuttuu/hajoaa?
d. Onko muutos maisemassa niin suuri, että maailmanperintöalueen yleismaailmalliset arvot (etenkin maankohoamisen alueena) heikkenevät olennaisesti ja näiden arvo menetetään?
e. Miten maankohoaminen vaikuttaa tuulivoimaloihin ja niiden kaapeliasennuksiin tai toisinpäin; miten ne vaikuttavat maan kohoamiseen vai vaikuttavatko?
f. Onko tuulivoimapuiston aiheuttaman visuaalisen haitan kokemusta, kokemuksen laatua tai määrää mahdollista arvioida?
g. Lisäksi on pohdittu, aiheutuuko hankkeesta sosiaalisten vaikutuksia, jotka liittyisivät maailmanperintöalueen käyttöön tai kokemukseen.
h. Edellä mainittujen kysymysten lisäksi pitäisi arvioida mahdollisten muiden, maailmanperintöalueen lähelle suunnitteilla olevien hankkeiden yhteisvaikutuksia tämän hankkeen kanssa suhteessa maailmanperintöarvoihin (yhteisvaikutuksia on arvioitu erikseen luvussa 4.4).

Koska kyseessä on vasta kansallisen YVA-menettelyn yhteydessä tehty alustava arviointi (eikä varsinainen UNESCO ohjeiden mukainen maailmanperintökohteen YVA-prosessi), on aiheita käsitelty sillä tasolla, että viranomainen saisi riittävästi tietoa siitä, tuleeko Laineen hankkeessa soveltaa erillistä kansallisen YVA-menettelyn jälkeen mahdollisesti vaadittavaa UNESCO YVA-prosessia.

Merenkurkun maailmanperintökohteeseen kohdistuvien vaikutusten arvioinnin tueksi tehtiin näkymäalueanalyysi sekä havainnekuvia useista eri katselupisteistä, jotka on kerrottu tarkemmin luvussa 4.3.3.3. Havainnekuvien kuvanottopaikat, jotka on valittu Merenkurkun maailmanperintöalueen näkökulmasta ovat J, L, M ja N (Kuva 4-11). Merenkurkun maailmanperintöalueelle ei ole erikseen määritelty olennaisimpia näkymiä ja havainnekuvien kuvanottopaikat on valittu yhteistyössä YVA-työryhmän sekä saadun viranomaispalautteen ja erikseen käytyjen keskustelujen pohjalta. Kuvanottopaikkojen valinnassa on kiinnitetty huomioita avoimiin näkymiin ja etäisyyksiin lähimmistä kiinteistä kohteista Merenkurkun maailmanperintöalueelle.

IUCN oppaan mukainen arviointi UNESCO alueesta on esitetty omana lukunaan (luku 4.3.3.5) maisema ja kulttuuriympäristö-luvun osana. Arvioinnista on vastannut työryhmä, johon on kuulunut maailmanperintöalueiden kohdistuvien vaikutusten arviointiin perehtynyt kokenut arkkitehti, tuulivoimahankkeiden maisemavaikutusten arviointiin perehtynyt maisema-arkkitehti sekä hankkeen YVA-menettelyn projektipäällikkö, jolla on vankka kokemus erilaisten hanketyyppien vaikutusten arvioinnista sekä maailmanperintökohteiden riittävä tuntemus. YVA-työryhmä on kokonaisuudessaan esitetty tämän YVA-selostuksen yleistiedot-osan yhteydessä.

4.2 Nykytila

4.2.1 Maiseman yleispiirteet

Maisemamaakuntajaossa merituulivoimapuisto sijaitsee ympäristöministeriön maisema-aluetyöryhmän mietinnön mukaisen maisemamaakuntajaon ulkopuolella. Perämeren rannikko merituulivoimapuiston kohdalla kuuluu Etelä-Pohjanmaan rannikkoseutuun lukuun ottamatta Kokkolan keskustasta alkavaa Keski-Pohjanmaan jokiseudun ja rannikon aluetta. Hankkeeseen liittyvät voimajohdot sijoittuvat Pohjanmaan maisemamaakunnan Etelä-Pohjanmaan rannikkoseutuun. Aluerajat kulkevat rannikolla oheisen kuvan (Kuva 4-1) mukaisesti.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Vaasan saariston tienoilta pohjoiseen rannikko on loivasti kumpuilevaa, lohkareista moreenialuetta, päinvastoin kuin maamme etelärannikolla, missä saaristo koostuu kallioista. Loiviin pinnanmuotoihin yhdistyneenä nopea maankohoaminen on tuottanut poikkeuksellisen laajan, rikkonaisen, matalan ja karikkoisen saariston. Saariston tyypillisiä maisemaelementtejä ovat laajat kiviset rantaniityt, järkäleiset lohkareikot ja varsinkin Vaasan saaristossa tiheiden päätemoreenivyöhykkeiden, ns. De Geer -moreeniselänteiden aiheuttama pyykkilautamainen veden ja saarten mosaiikki (Kuva 4-2). Rannikkoseutu on muusta maakunnasta poiketen eteläboreaalista kasvillisuusvyöhykettä. Puustossa on paljon kuusta ja lehtipuitakin. Metsät ovat vanhempia kuin muualla maakunnassa ja ne jatkuvat aina ulkosaaristoon saakka. Suot ovat yleensä pieniä.

Mantereen puolella asutus muistuttaa viljelylakeuden alueella Etelä-Pohjanmaan viljelylakeuden seutua; muualla se on hakeutunut kivikkojen ulkopuolisille yläville tasanteille joko pienten jokien rantamille tai meren lahtien tuntumaan. Suurten saarten keskiosissa on melko harvaa asutusta. Saaristossa kalastus on ollut tärkeä elinkeino. Kylien ulkopuolella sijaitsee rantavajoja muodostaen maisemaan ”tiheitä nauhoja”. Kun aiemmin hankittiin lisätuloja esimerkiksi hylkeenpyynnillä, niin nykyisin keskitytään turkistarhaukseen ja mantereella vihannesten viljelyyn (*Ympäristöministeriö 1992a ja b*).

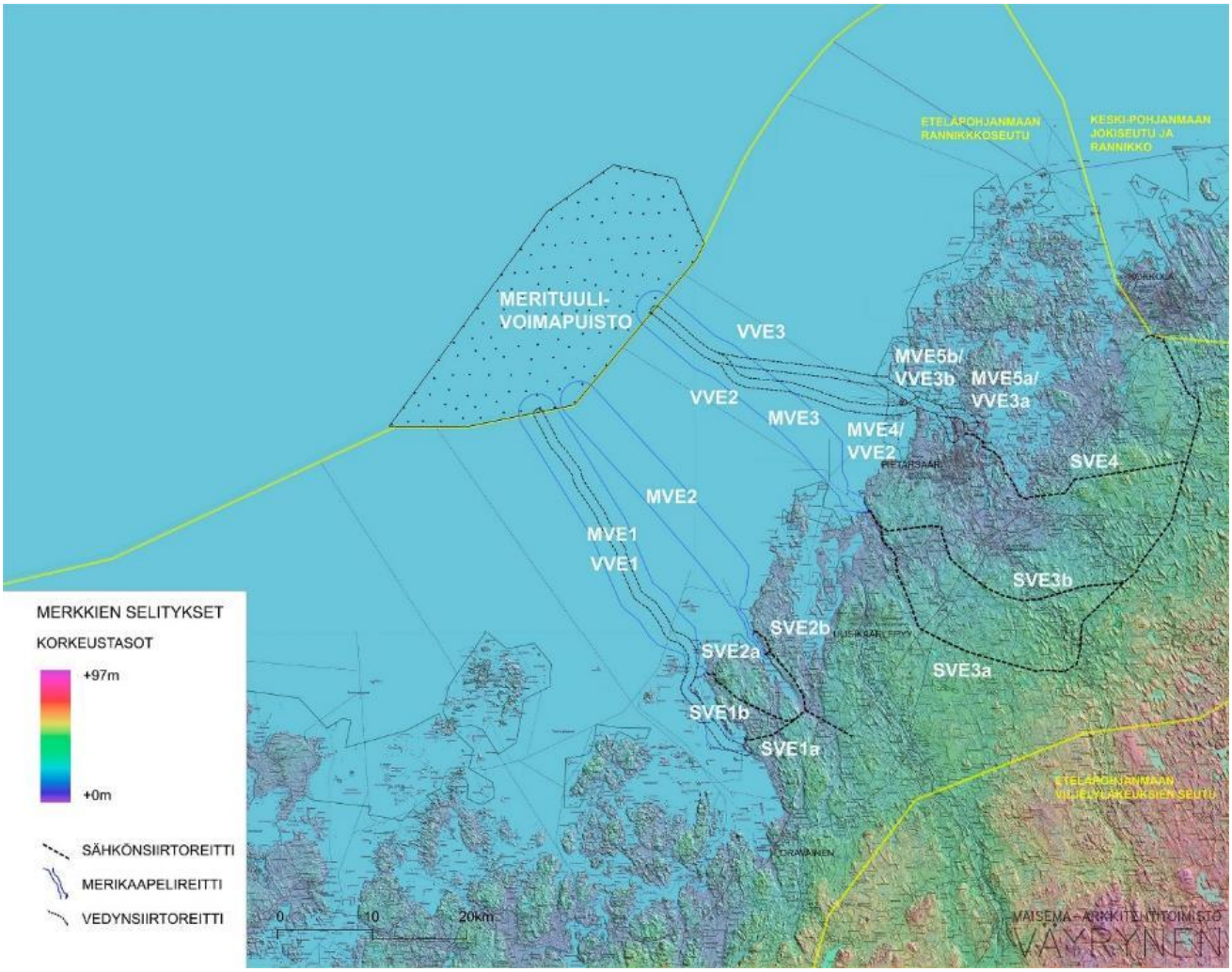
Selvitysalueen rannikko koostuu lähinnä moreenikumpareista Uudenkaarlepyyn eteläpuolella. Uudestakaarlepyystä pohjoiseen rannikolla on enemmän kalliokkoja ja ranta-alueilla esiintyy myös laajempia hiekkaisia ja loivempia ranta-alueita, joissa on vähemmän kivikkoa.

Merituulivoimapuiston alue on avomerta suurimman osan vuodesta. Perämeri alkaa jäätyä syksyllä pohjoisosastaan marraskuun aikana ja vastaavasti keväällä, touko-kesäkuun vaihteessa, viimeisetkin jäät sulavat. Saaristo on lähimmillään merituulivoimapuiston aluetta idässä Örarnan kohdalla ja etelässä Mikkelinsaarten alueella, kummassakin noin 22 kilometrin etäisyydellä. Boskären alue kuuluu merenkurkun maailmanperintöalueeseen.

Merenkurkun maailmanperintökohde on geologisesti merkittävä jääkauden jälkeisestä maankohoamisesta kertova kokonaisuus. Maa kohoaa koko Merenkurkun alueella noin 8 millimetriä vuodessa ja siellä kohoaminen on ollut voimakkainta maailmassa.

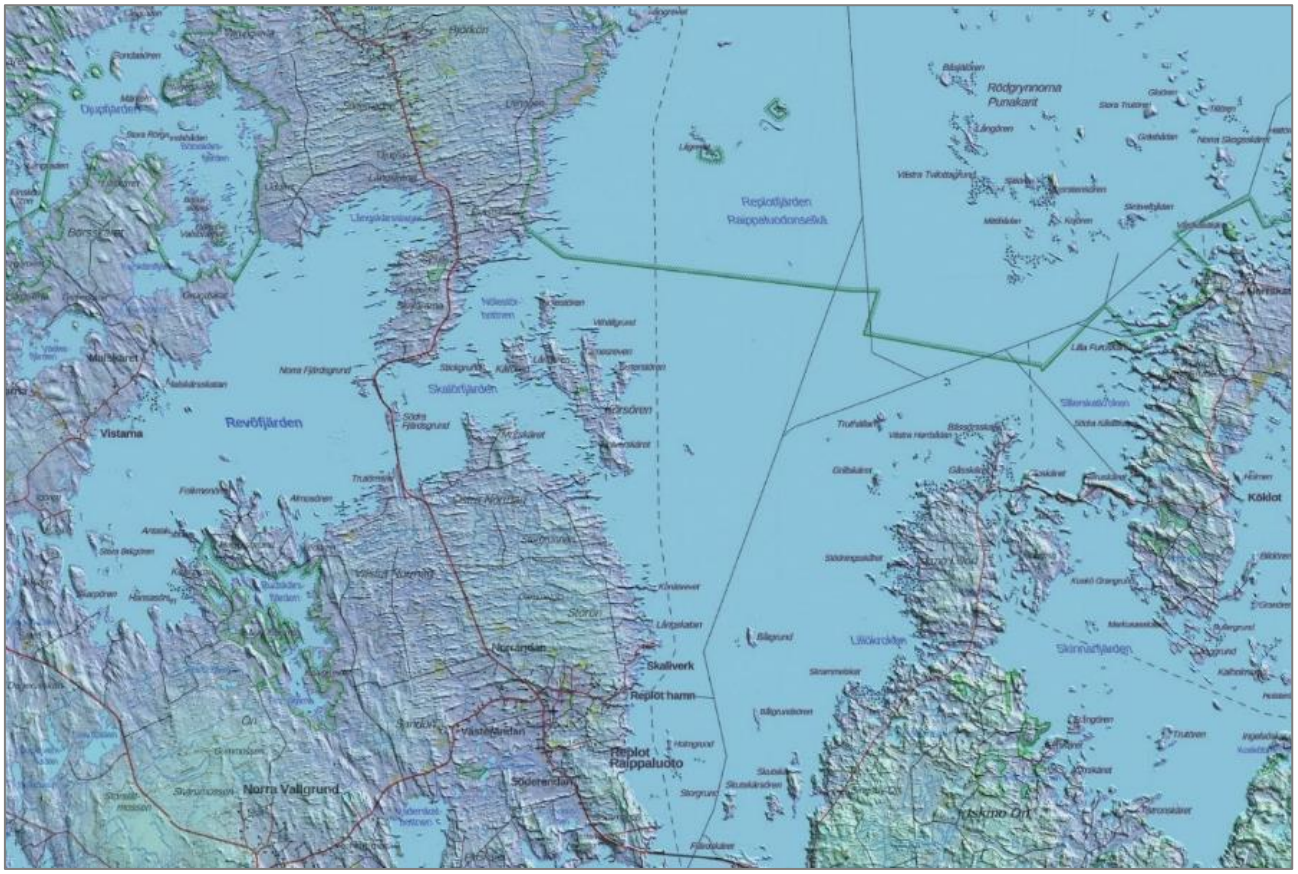
Yli 30 kilometrin etäisyydellä tuulivoimapuistosta, Raippaluoto-Björköbyn alueilla, on laajasti havaittavissa De Geer -moreenimuodostelmia, jotka ovat osittain poikittaisia mannerjäätikön kulkusuuntaan sijoittuvia tiheitä pieniä kohoumia. Ne ovat muodostuneet jääkauden aikana jäätikön sulamisvaiheen lohkeamisista. Kuvassa (Kuva 4-2, yksityiskohta kuvasta 4-1) näkyy De Geer -moreenimuodostelmia, jotka ovat pieniä pitkiä mereen jatkuvia tiheästi toistuvia maastonmuotoja. Muodot erottuvat kuvasta osittain vaakatasoisina.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 4-1. Merituulivoimapuiston, energiansiirron ja voimajohtojen sijainti mantereen maaston suhteen.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 4-2. De Geer -moreenimuodostelmia, yksityiskohta kuvasta 4-1 (kuvan keskipiste noin 45 km Kanäsistä länsilounaaseen). Hankkeen toimintoja ei sijoitu kyseiselle alueelle.

4.2.2 Maiseman ja kulttuuriympäristön arvotetut alueet

Merituulivoimapuiston lähialueilla on Merenkurkun maailmanperintöalue, valtakunnallisesti arvokkaita maisema-alueita ja rakennusperintöä, suojeltua rakennusperintöä, maakunnallisesti merkittäviä kulttuurihistoriallisia tai maisemallisesti arvokkaita kohteita (Kuva 4-3).

4.2.2.1 Merenkurkun maailmanperintöalue

Merenkurkku on geologisten erityispiirteidensä vuoksi hyväksytty Unescon maailmanperintölistalle Suomen ensimmäisenä luonnonperintökohteena vuonna 2006. Se muodostaa yhdessä Ruotsin Korkean rannikon kanssa maailmanperintökohteen High Coast – Kvarken archipelago (Korkea rannikko – Merenkurkun saaristo). (*UNESCO 2006*)

Merenkurkun maailmanperintökohteen alue sijaitsee lähimmillään 18 kilometrin etäisyydellä merituulivoimapuistosta (Taulukko 4-1). UNESCO:n maailmanperintökohteeksi valitun Merenkurkun saariston laakean maiseman perustan muodostavat 1 880–1 270 miljoonaa vuotta vanhan vuorijonon juuret, jotka eroosio ja sedimentaatio ovat kuluttaneet esiin. Alueen kiteinen kallioperä koostuu pääosin gneisseistä, amfiboliiteistä ja granodoriittisista kivistä. Kallioperää peittävät monenlaiset moreenimuodostumat, kuten kumpumoreenit sekä De Geer- ja rogenmoreeni-selänteet. Saarten maaperä on tyypillisesti hiekka- ja soramoreenia, mutta paikoin alueella on myös kalliomaata sekä sora-, hiesu- ja hiekka-alueita.

Merenkurkun saaristo on suojeltu harvinaisen luontonsa takia, mikä mahdollistaa luonnon ainutlaatuisten elinympäristöjen ja tärkeimpien ekosysteemien säilyttämisen. Saaristossa on nopean maankohoamisen, matalien ja karikkoisten merenlahtien ja De Geer-moreenikenttien vuoksi

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

omaleimainen ympäristö. Merenkurkun saaristossa on vakinaista asutusta, kesäasutusta, matkailua, kalasatamia ja nähtävyyksiä. Ulkosaarille ei kulje säännöllistä lauttaliikennettä, mutta alueella on muutamia yrittäjiä, jotka tarjoavat kesäristeilyjä maailmanperintöalueelle.

Merenkurkun maailmanperintöpäätöksen liitteessä 1: ”Statement of Outstanding Universal Value; High Coast/Kvarken Archipelago; SWEDEN-FINLAND (Ref. 898 rev)” (*UNESCO 2006*) on kuvattu alueen **erityisen yleismaailmallisen arvon** (OUV) 1) valintakriteerit, 2) eheyden määritelmät sekä 3) suojelu- ja hallintovaatimukset, joiden avulla alueen arvo säilytetään.

1) Merenkurkun maailmanperintöalueen osalta on **valintakriteereinä** mainittu ensinnäkin **yksi maailman nopeimmista maakohoamisen ilmiöistä**. Erityisen nopea maankohoaminen on aiheuttanut suuria muutoksia merialueella jääkauden jälkeisenä aikana. Maankohoamisen ilmiö oli ensimmäisenä tunnistettu juuri Merenkurkun alueella, missä myös aiheeseen liittyvää tutkimusta on tehty jo pitkään. Tämä tekee alueesta avainalueen jääkauden jälkeisen maakuoren kohoamiseen liittyvien prosessien tunnistamisessa ja ymmärtämisessä sekä tutkimisessa. Toiseksi UNESCO-päätöksessä mainitaan **valintakriteerinä erityinen jääkauden jälkeinen omaleimainen geologinen maisema ja merimaiseman monipuolisuus**. **Merenkurkun saaristo on 5 600 saarella ja ympäröivällä merellä erityisen edustava jääkauden jälkeinen maisemakokonaisuus.** Geologisiin erityispiirteisiin kuuluvat mm. De Geer-moreenit, jotka lisäävät alueen jääkauden jälkeisen maiseman ja merimaiseman monipuolisuutta ja omaleimaisuutta. Merenkurkun alue on maailmanlaajuisesti poikkeuksellinen ja monipuolinen moreenisaariston tutkimusalue. Merenkurkun saaristo yhdessä Ruotsin puolella olevan Korkea Rannikon alueen kanssa edustavat toisiaan täydentäviä esimerkkejä jääkauden jälkeen kohoavasta maisemasta.
2) Alueen **eheyden** osalta mainitaan alueen laajuus ulottuen Suomesta Ruotsiin ja rantaalueista ulkomerelle kattaen kansallisen suojelun kannalta tärkeän **laajan geologisesti merkittävän aluekokonaisuuden**. Meren puolella UNESCO-alue sisältää rannikko-, sisäsaaristo-, ulkosaaristo- ja ulkomerialueita. Suomen puolen merenkurkun saariston UNESCO-alueella on kaksi erillistä maa- ja merialuetta. **Alueen sisälle on valittu vain edustavimmat geologiset muodostumat.** UNESCO-alue nähdään eheänä, vaikka alue ei noudata hallinnollisia rajoja kuten kuntarajoja tai vastaavia, vaan valinnan taustalla on tieteelliset perustelut. Huomionarvoista on, että noin 71 % Merenkurkun maailmanperintöalueesta koostuu merialueesta. Korkearannikolla merialue on hyvinkin syvää, jopa 293 metriä, kun taas Suomen puolella Merenkurkun saaristossa meri on erittäin matalaa syvyyden ollessa keskimäärin vain noin 10 metriä. Eheyden määritelmissä mainitaan, **ettei eroosio ole vaikuttanut alueen vedenalaisiin geologisiin muodostumiin kasvillisuuden tai ihmistoiminnan myötä**. Alueen maanpäällisten osien osalta mainitaan kuitenkin, että suuren mittakaavan kehityshankkeet ovat uhka alueen eheyden säilymiselle. Vaikka alueella on suhteellisen pieni ihmisväestä (noin 2 500 asukasta Merenkurkun maailmanperintöalueella), joka harjoittaa mm. perinteistä pienviljelyä, metsätaloutta ja kalastusta, niin näilläkin toimilla mainitaan olevan vähäinen kielteinen vaikutus alueen geologisiin arvoihin.
3) **Suojelu- ja hallintovaatimuksien** osalta UNESCO-päätöksessä nostetaan esille, että sekä Ruotsissa että Suomessa maailmanperintöasioita hallitaan alueellisella tasolla perustettujen elimien toimesta, joissa on edustajia viranomaisista, kunnista ja paikallisista sidosryhmistä. Lisäksi on ylikansallinen yhteinen neuvoa-antava elin, jonka tarkoitus on varmistaa koko UNESCO-alueen arvojen säilyminen. UNESCO-alueesta noin 37 % on lisäksi suojeltu mm. luonnonsuojelulain ja Natura 2000-verkostoon kuulumisen kautta. **Tulevaisuuden uhkina nähdään mm. suuret rakennushankkeet**, jotka voivat tuhota osan jäljellä olevasta geologisesta arvosta tai hankkeilla on merkittävästi heikentävä vaikutus alueen maisemaan. Kasvava kävijäpaine mainitaan myös uhaksi, kuten myös öljy- ja kemikaalivuotojen riskit. Ilmaston lämpeneminen ei uhkaa itse maankohoamisilmiötä, koska se ei suoraan vaikuta maankohoamisen geologiseen prosessiin heikentävästi. **Merenpinnan nousu vaikuttaisi kuitenkin maan kohoamisen näkyviin vaikutuksiin**

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

rannikkomaisemassa vähentämällä joka vuosi merestä nousevan uuden maan pinta-alaa.

4.2.2.2 Valtakunnallisesti arvokkaat maisema-alueet

Valtakunnallisesti arvokkaat maisema-alueet inventoitiin vuosina 2010–2015 (*Ympäristöhallinto 2021*). Inventoinnin tulos otettiin valtioneuvoston päätöksellä 18.11.2021 alueidenkäyttölain mukaisten valtakunnallisten alueidenkäyttötavoitteiden tarkoittamaksi inventoinniksi. Tämä korvaa valtioneuvoston 5.1.1995 periaatepäätöksen mukaisen aiemman inventoinnin. Merituulivoimapuistoa lähimpänä sijaitsee Merenkurkun saaristomaisemat. Näistä Jöusanin, Svartörarnan ja Stubbenin alueeseen sekä Mikkelinsaariin on 22 kilometriä sekä 31 kilometriä Valassaariin ja Määraskäretin saariin Mustasaaressa. Alue kuvastaa monipuolisesti Merenkurkun saariston maankohoamismaisemaa ainutlaatuisine luontokohteineen, kalastuselinkeinon maisemineen sekä merenkulun historiaan liittyvine rakenteineen (Taulukko 4-1) (*Museovirasto 2024a*).

4.2.2.3 Valtakunnallisesti arvokas rakennusperintö

Valtakunnallisesti arvokasta rakennusperintöä on lähimpänä noin 23 kilometrin päässä merituulivoimapuistosta sijaitsevat Öuranin kalasatama ja Stubbenin majakkayhdyskunta. Seuraavaksi lähimpänä on Socklothällanin majakka- ja luotsiyhdyskunta noin 25 kilometrin etäisyydellä merituulivoimapuistosta ja Mässkärin majakka- ja luotsiyhdyskunta 27 kilometrin etäisyydellä (Taulukko 4-1).

Lähin rakennusperintörekisteriin merkitty suojeltu kohde on Alholmin (Leppäluoto) satamaradan asema noin 32 kilometrin etäisyydellä merituulivoimapuistosta (Taulukko 4-1).

4.2.2.4 Maakuntakaavoihin merkitty arvokas maisema tai kulttuuriympäristö

Maakuntakaavoihin merkittyä arvokasta maisemaa tai kulttuuriympäristöä on lähimpänä Västerbyn 28 kilometrin etäisyydellä sekä Finnas ja Grisselörenin kalasatama ja mökkiasutus 29 kilometrin etäisyydellä merituulivoimapuistosta (Taulukko 4-1) (*Museovirasto 2024a*).

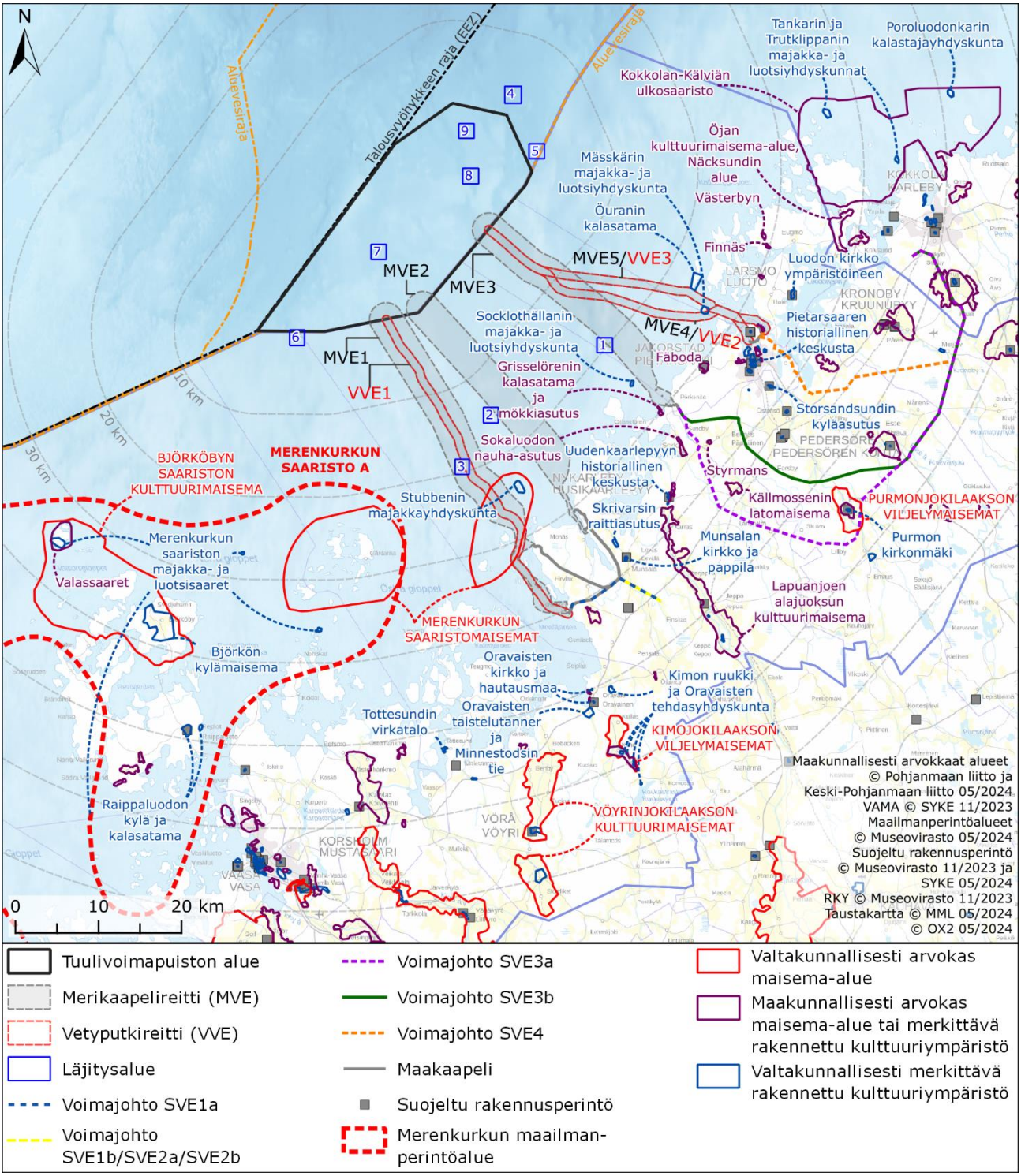
Taulukko 4-1. Kulttuuriympäristön arvokohteiden etäisyyksiä merituulivoimapuistosta.

Merenkurkun maailmanperintöalue	**Etäisyys merituulivoimapuistosta**
Merenkurkun maailmanperintöalue	18 km
Valtakunnallisesti arvokas maisema-alue	
Merenkurkun saaristomaisemat	22 km
Björköbyn saariston kulttuurimaisema	31 km
Valtakunnallisesti arvokasta rakennusperintöä	
Öuranin kalasatama	23 km
Stubbenin majakkayhdyskunta	23 km
Socklothällanin majakka- ja luotsiyhdyskunta	25 km
Mässkärin majakka- ja luotsiyhdyskunta	27 km
Merenkurkun saariston majakka- ja luotsisaaret, Ritgrund	28 km
Leppäluodon sikuritehdas ja rautatieasema-alue	32 km
Pietarsaaren vanha satama ja keskustan kohteet	34 km

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merenkurkun saariston majakka- ja luotsisaaret, Valassaaret	34 km
Björkön kylämaisema	35 km
Tankarin ja Trutklippanin majakka- ja luotsiyhdyskunnat	36 km
Lähimmät rakennusperintörekisteriin merkittyjä suojeltuja kohteita	
Alholmin (Leppäluoto) satamaradan asema	32 km
Luodon kirkko	35 km
Maakuntakaavoihin merkittyä arvokasta maisemaa tai kulttuuriympäristöä	
Västerbyn	28 km
Finnas	29 km
Grisselörenin kalasatama ja mökkiasutus	29 km
Fäboda	30 km
Valassaaret	32 km
Kokkolan–Kälviän ulkosaaristo	32 km

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 4-3. Merituulivoimapuiston sekä merikaapeli ja vetyputkireittien kulttuuriympäristön arvokohteet.

4.2.3 Muinaisjäännökset ja vedenalainen kulttuuriperintö

Veden alla olevia ihmisen tekemiä rakennelmia, esimerkiksi väyläesteitä sekä siltojen ja laitureiden jäänteitä, suojellaan muistoina maamme aikaisemmasta asutuksesta ja historiasta. Tällaiset kohteet ovat iästä riippumatta automaattisesti rauhoitettuja, eikä niihin saa puuttua ilman

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Museoviraston lupaa. Vanhat laivahylyt ovat rauhoitettuja iän perusteella. Sellainen hylky tai hylyn osa, jonka uppoamisesta voidaan olettaa olevan yli sata vuotta, rinnastetaan kiinteään muinaisjäännökseen.

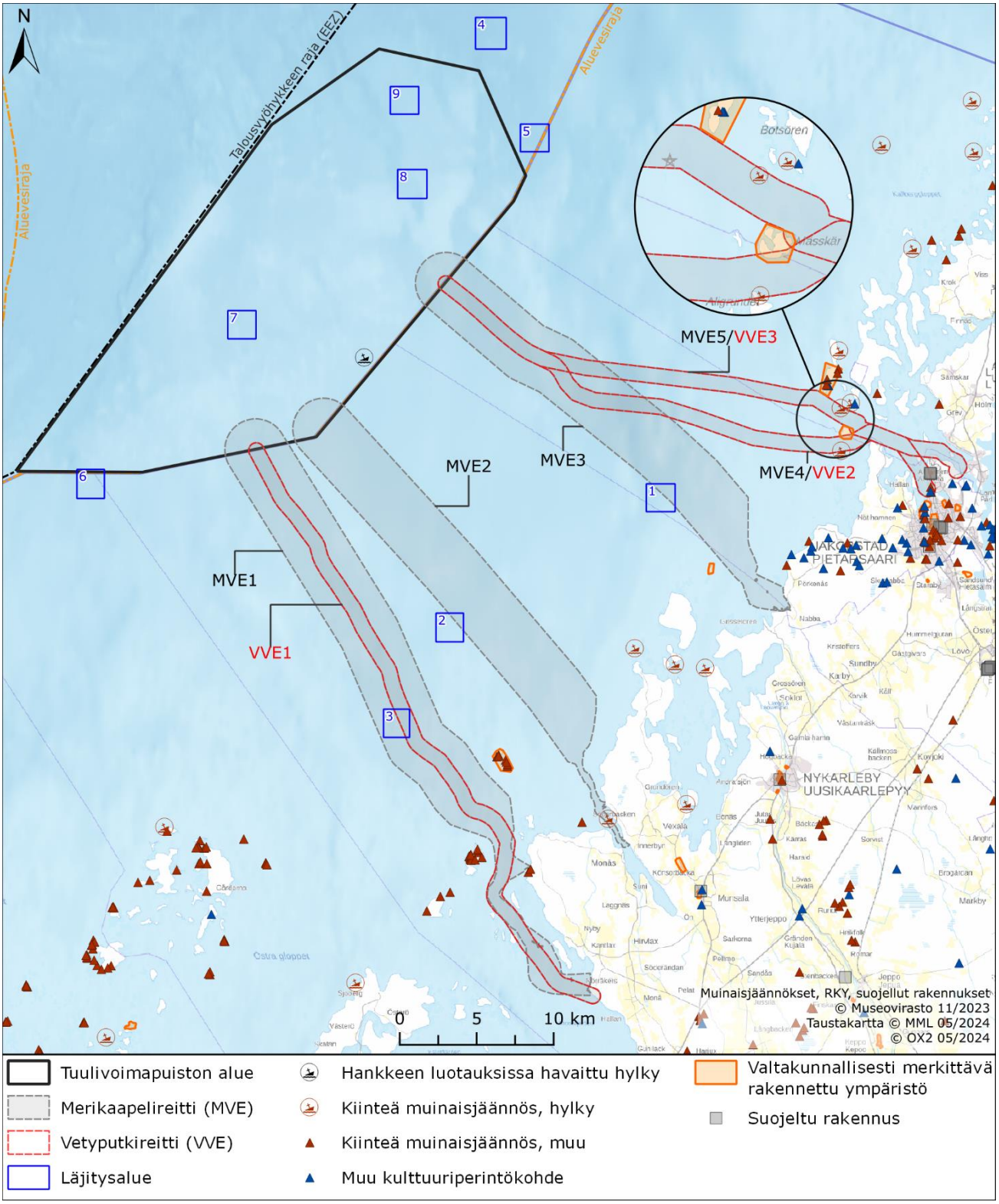
Vedenalaisesta kulttuuriperinnöstä ei ole kattavaa tietoa, ja Museoviraston ylläpitämässä muinaisjäännösrekisterissä on vedenalaisen kulttuuriperinnön osalta paljon puutteita inventointien vähäisyyden takia.

Merituulivoimapuiston alueella tai sen läheisyydessä tai suunniteltujen meriläjitysalueiden alueilla tai niiden läheisyydessä ei sijaitse tunnettuja muinaisjäännöksiä. Tunnettuja kulttuuriperintökohteita on alueella yksi, hylky Najaden (ei rekisterinumeroa).

Merikaapeli- ja vetyputkireiteillä MVE5/VVE3 sekä MVE4/VVE2 sijaitsee kaksi tunnettua hylkyä. Muilla merikaapeli- tai vetyputkireittien alueilla ei sijaitse tunnettuja muinaisjäännöksiä, mutta niiden läheisyydessä merellä ja rannikon saaristossa sekä merikaapeleiden rantautumisalueilla on muinaisjäännösrekisterin perusteella kohteita, jotka on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 4-4) ja taulukossa (Taulukko 4-2) (*Museovirasto 2024b*). Muinaisjäännöksiä sijaitsee erityisesti vaihtoehtojen MVE1 ja MVE2 läheisyydessä, mutta lähinnä saarissa (Jöusan, Storstensören, Svartörarna, Lillskäret, Storskäret, Lotan) (Kuva 4-4). Vaihtoehtojen MVE1 ja MVE2 reittien väliin sijoittuu kolme hylkyä: Glasmästaren, Aspskäret eteläranta, Stora Alören. Aivan MVE1b:n rantautumisalueen läheisyydessä mantereella sijaitsee kaksi muinaista asuinsijaa Munsala-Storkalholmen 1 ja 2. Lisäksi MVE3:n rantautumisalueen pohjoispuolella, mantereella rantaviivan läheisyydessä sijaitsee muutama kohde (Kuva 4-4, Taulukko 4-2).

Mantereen sähkönsiirtoreittien alueilla olevat kohteet on esitetty YVA-asiakirjan B Osassa (Mantereen sähkönsiirto).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 4-4. Laineen merituulivoimapuiston ja merikaapeli-/ vetyputkireittien alueella tai läheisyydessä sijaitsevat muinaisjäännökset ja muut kulttuuriperintökohteet.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 4-2. Merikaapelireittien läheisyydessä tai rantautumisalueilla olevat muinaisjäännökset ja kulttuuriperintökohteet.

Kohde	Tyyppi	Tunnus	Sijainti
Sultan	alusten hylyt	1839	MVE5/VVE3 reitillä
Argo	alusten hylyt	1837	MVE4/VVE2 reitillä
Cetonia	alusten hylyt	1835	500 metriä MVE5/VVE3:stä pohjoiseen
Glasmästaren	alusten hylyt	1819	3,8 km MVE2:sta koilliseen
Aspskäret eteläranta	alusten hylyt	1830	5,5 km MVE2:sta koilliseen
Stora Alören	alusten hylyt	1828	5,0 km MVE3:sta lounaaseen
Munsala-Storkalholmen 1	asuinpaikat saaressa	496010034	100 m MVE1b:stä
Munsala-Storkalholmen 2	asuinpaikat saaressa	496010035	250 m MVE1b:stä
Mjölkhamn	taide, muistomerkit saaressa	1000026859	1,4 km MVE3:sta pohjoiseen
Tailod norra udden	kulkuväylät	1000026979	2,1 km MVE3:sta pohjoiseen
Sammetskogen 2	asuinpaikat saaressa	1000026851	3,7 km MVE3:sta pohjoiseen

4.3 Vaikutusten arviointi

4.3.1 Tarkastelualueen rajaus

Maiseman ja kulttuuriympäristökohteiden osalta tarkastelualueeksi on yleensä tuulivoimapuiston osalta alustavasti määritelty esimerkiksi 25 kilometriä hankealueista mukaan lukien voimajohdon lähiympäristö. Tässä hankkeessa maisemalliset vaikutukset ulottuvat laajemmalle avoimen meren yli. Erityiskohteiden osalta on tutkittu maisemallisia vaikutuksia noin 50 kilometrin etäisyydelle.

Lähimmän säätutkimusaseman, Kokkolan Tankarin, viimeisen vuoden näkyvyyshavaintojen keskiarvo oli noin 39 kilometriä. Jos huomioidaan tuulivoimalan koon suhteen ohuet rakenteet rungossa ja lavoissa, jää tuulivoimalan keskimääräinen havainnointietäisyys todennäköisesti tämän alapuolelle. Havainnointiin vaikuttaa merellä keskeisesti ilmankosteus, joka on yleensä kesällä korkeampi ja talvella alempi. Toinen merkittävä tekijä on valaistus. Tummaa taivasta vasten vaaleat voimalat näkyvät laajasti ja samoin yöllä voimaloiden lentoestevalot voivat erottua kauaksi. Maisemallisten vaikutusten tarkastelualueeksi on yleensä määritelty 35 kilometriä tuulivoimapuiston osalta, mitä voidaan pitää teoreettisena maksiminäkyvyysalueena (*Ympäristöministeriö 2016b*). Vaikka voimalat voivat näkyä tätä kauemmaksi, eivät visuaaliset vaikutukset todennäköisesti ole enää tätä etäämmällä merkittäviä maiseman arvojen tai erilaisten miljöötyyppien luonteen kannalta. Tarkastelualuetta on kuitenkin merituulivoimapuiston osalta laajennettu tässä hankkeessa tarpeen mukaisesti kauempana sijaitsevien yksittäisten kohteiden osalta noin 50 kilometriin.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

4.3.2 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

4.3.2.1 Maiseman ja kulttuuriympäristön arvokohteet

Rakentamisen aikaiset maisemalliset vaikutukset laajemmassa maisemassa muodostuvat voimaloiden osien kuljettamisesta ja tuulivoimaloiden pystyttämisestä. Maisemalliset vaikutukset ovat ajallisesti lyhyitä, minkä takia vaikutukset ovat vähäisiä. Muut lyhytaikaiset rakentamiseen liittyvät toimenpiteet, kuten rakennusosien väliaikaisella varastoinnilla esimerkiksi satama-alueille on väin vähäisiä maisemallisia vaikutuksia.

4.3.2.2 Muinaisjäännökset ja vedenalainen kulttuuriperintö

Merituulivoimapuiston itäreunassa on yksi tunnettu hylky (Najaden – ei rekisterinumeroa). Hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 välillä ei ole eroa liittyen merituulivoimapuiston sisällä sijaitsevaan kulttuuriperintökohteeseen kohdistuviin vaikutuksiin, koska hylky huomioidaan tarvittaessa molemmissa voimaloiden sijoitteluvaihtoehdoissa. Merikaapeli- ja vetyputkireiteillä MVE5/VVE3 sekä MVE4/VVE2 sijaitsee kaksi tunnettua hylkyä. Teknisessä suunnittelussa pyritään välttämään hylkyjen lähialueelle voimaloiden tai muiden hankkeen rakenteiden sijoittaminen vähintään 100 metrin vyöhykkeellä, jos se nähdään Museoviraston kuulemisessa tarpeelliseksi. Kun hylyn ympärille jätetään riittävä suojavyöhyke, ei hankkeen toimintojen rakentamisella arvioida olevan suoria vaikutuksia kohteeseen. Välillisiä vaikutuksia voi aiheutua mahdollisten ruoppausten aiheuttaman kiintoaineen leviämisen kautta.

4.3.3 Toiminnan aikaiset vaikutukset

4.3.3.1 Maiseman ja kulttuuriympäristön arvokohteet

Tuulivoima-alueen maisemavaikutukset muodostuvat voimaloiden suuresta koosta ja lapojen pyörivästä liikkeestä. Vaikka tuulivoimalan lavoista olisi näkyvillä vain pieni osa, niin sen liike on kuitenkin usein huomiota herättävää. Suuren kokonsa takia tuulivoimalat eivät myöskään rinnastu muuhun rakennettuun ympäristöön, kuten voimajohtoihin tai muihin rakennuksiin ja rakennelmiin. Tässä hankkeessa muiden rakennelmien, kuten merikaapeleiden, vedyn siirron ja sedimenttien läjityksen maisemavaikutukset ovat vähäiset voimaloihin verrattuna.

Merituulivoimapuiston voimakkaimmat maisemalliset vaikutukset kohdistuvat meren avoimelle selänteelle erityisesti tuulivoimapuiston sisälle ja sen lähiympäristöön. Tuulivoimapuisto näkyy myös saaristoon ja mantereen ranta-alueille.

Saaristosta ja mantereelta avautuu näkymiä kohti merituulivoimapuistoa lähinnä niiden ranta-alueilta. Saaristossa tuulivoimalat ovat näkyvissä myös saarten avoimilta niityiltä ja kallioilta. Mantereen puolelta näkymäyhteys rajoittuu pääosin ranta-alueille, koska mantereelta on lähimmillään noin 30 kilometriä merituulivoimapuistoalueelle. Sisämaassa tällä etäisyydellä tarvitaan teoreettisesti avointa tilaa tuulivoimapuiston suuntaan, kuten peltoa tai suota, yli 1,5 kilometriä, jotta tuulivoimalan lapa nousee korkeimmassa kohdassa metsänrajan yläpuolelle. 40 kilometrin etäisyydellä avointa tilaa tarvitaan vastaavasti yli 2 kilometriä ja 50 kilometrin etäisyydellä yli 2,5 kilometriä. Maapallon kaarevuuden vaikutus 50 kilometrin etäisyydellä on noin 160 metriä, jolloin tuulivoimalan tornia jää vastaava osa horisontin alapuolelle.

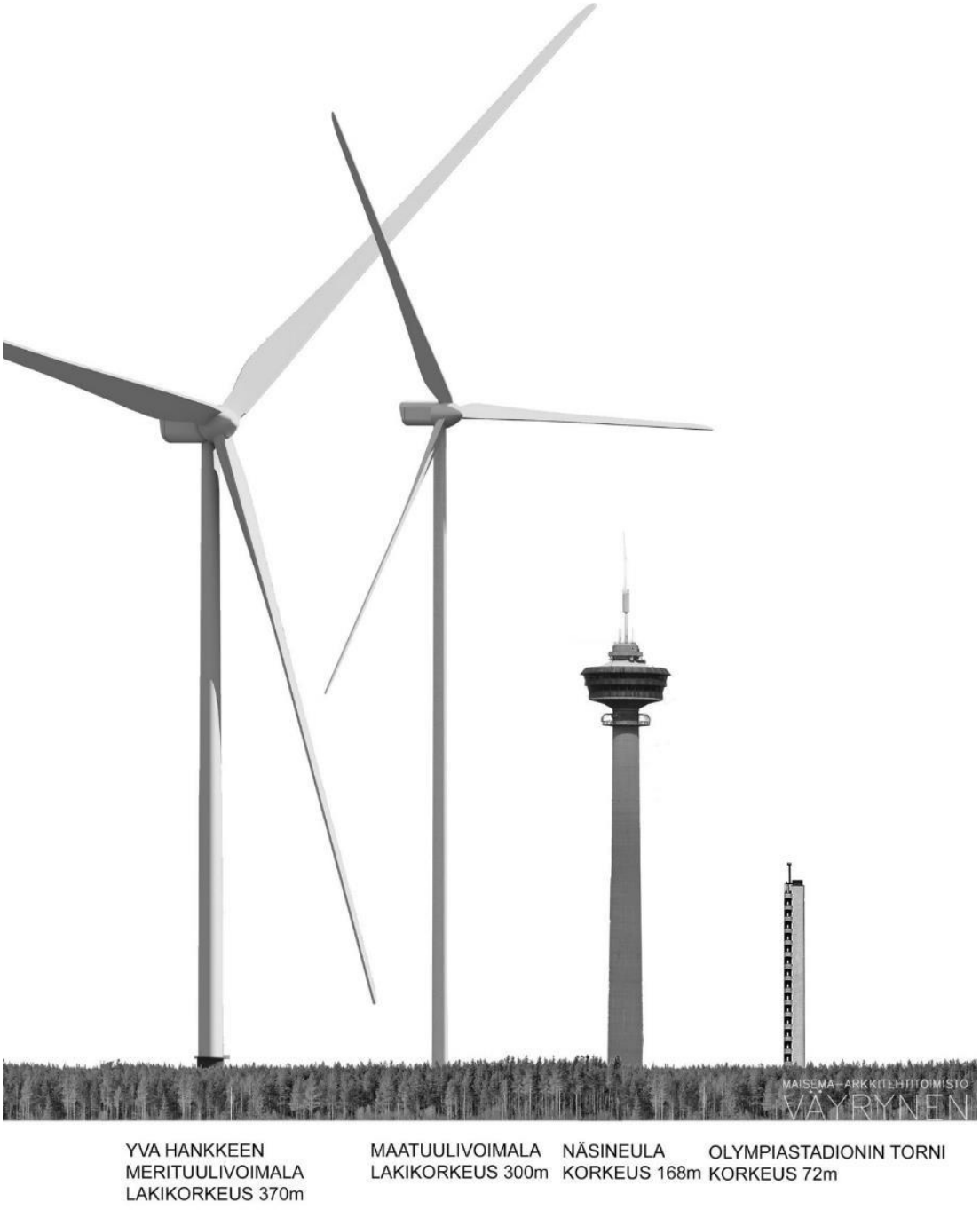
Merkittävimmät näkyvyyttä rajoittavat tekijät ovat ilman kosteus, säätila (sateet, sumu jne.), valo, etäisyyden kasvaminen sekä mantereella ja saaristossa metsän peittävä vaikutus. Voimaloita kauempaa katsottaessa tarvitaan tuulivoimaloiden suuntaan avointa tilaa, kuten merenselkää, avointa rantaniittyä, peltoa tai avosuota, jotta voimalat näkyvät välissä olevan metsänreunan yläpuolelle.

Tuulivoimalat erottuvat parhaiten auringon sijoittuessa katsojan taakse ja tuulivoimaloiden heijastaessa valkoisena auringonvaloa tummempaa taivasta vasten. Vastakkaisessa tilanteessa, jolloin tuulivoimalat erottuvat tummina vaaleampaa taivasta vasten, näkyvyys on heikompi

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

kauempaa katsottaessa. Tilannetta voi osittain verrata lamppuun, joka näkyy päivällä kauemmaksi valon ollessa päällä kuin sammutettuna.

Suomessa ei sijaitse merenpinnasta enimmillään noin 370 metriä korkeaa tuulivoimalaa korkeampia rakennuksia tai rakennelmia. Matalammiksi rakennuksiksi tai rakennelmiksi jäävät Suomessa esimerkiksi Tiirismaan radiomasto 327 metriä, Näsinneula 168 metriä ja Olympiastadionin torni 72 metriä. Maailman korkein rakennus tai rakennelma on Dubaissa sijaitseva 828 metriä korkea pilvenpiirtäjä Burj Khalifa.



Kuva 4-5. Tuulivoimaloiden suhde muuhun korkeaan rakentamiseen. Maanpinnalle on havainnollisuuden takia mallinnettu noin 20-metrinen puusto.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

IUCN oppaan mukainen arviointi UNESCO alueesta ja tuulivoimapuiston maisemavaikutuksista siihen on esitetty erikseen tämä luvun ”Toiminnan aikaiset vaikutukset” lopussa alaluvussa 4.3.3.5.

4.3.3.2 Näkymäalueanalyysi

Analyysi on tehty Maanmittauslaitoksen kartta- ja paikkatietoaineiston pohjalta, jota on täydennetty ilmakuvatulkinnalla ja satelliittiaineistolla. Maastosta, voimaloista ja kasvillisuudesta on laadittu kolmiulotteinen malli, jonka pohjalta näkymäaluesektorit on laskettu.

Näkymäalueanalyysin mallinnuksessa ei ole laajan selvitysalueen tai tilanteen väliaikaisuuden takia huomioitu pienipiirteisiä aukkoja kuten tielinjoja, ja pieniä reunapuustoalueita tai yksittäisiä puita. Tiedot hakkuuaukeista saattavat olla muutaman vuoden vanhoja, hakkuuaukean puusto kasvaa suhteellisen nopeasti ihmisen katsomiskorkeuden yläpuolelle ja muutaman metrin korkuinen tiheä taimisto vaikuttaa jo voimakkaasti alueelta tehtävään havainnointiin. Analyysissä ei ole myöskään huomioitu eroa havupuuston ja lehtipuuston kesken. Lehdettömään vuodenaikaan voimalat näkyvät laajemmin kuin lehdelliseen vuodenaikaan. Tällöin näkymäalueet voivat olla laajempia kuin analyysi osoittaa. Taajama-alueilla rakennusten ja puuston luomat katvealueet vaihtelevat voimakkaasti, mutta kokonaisuudessaan se on peitteistä tai puolipeitteistä aluetta, joihin lähinnä vesistöt, pellot, kadut ja aukiot avaavat pidempiä näkymiä ympäristöön.

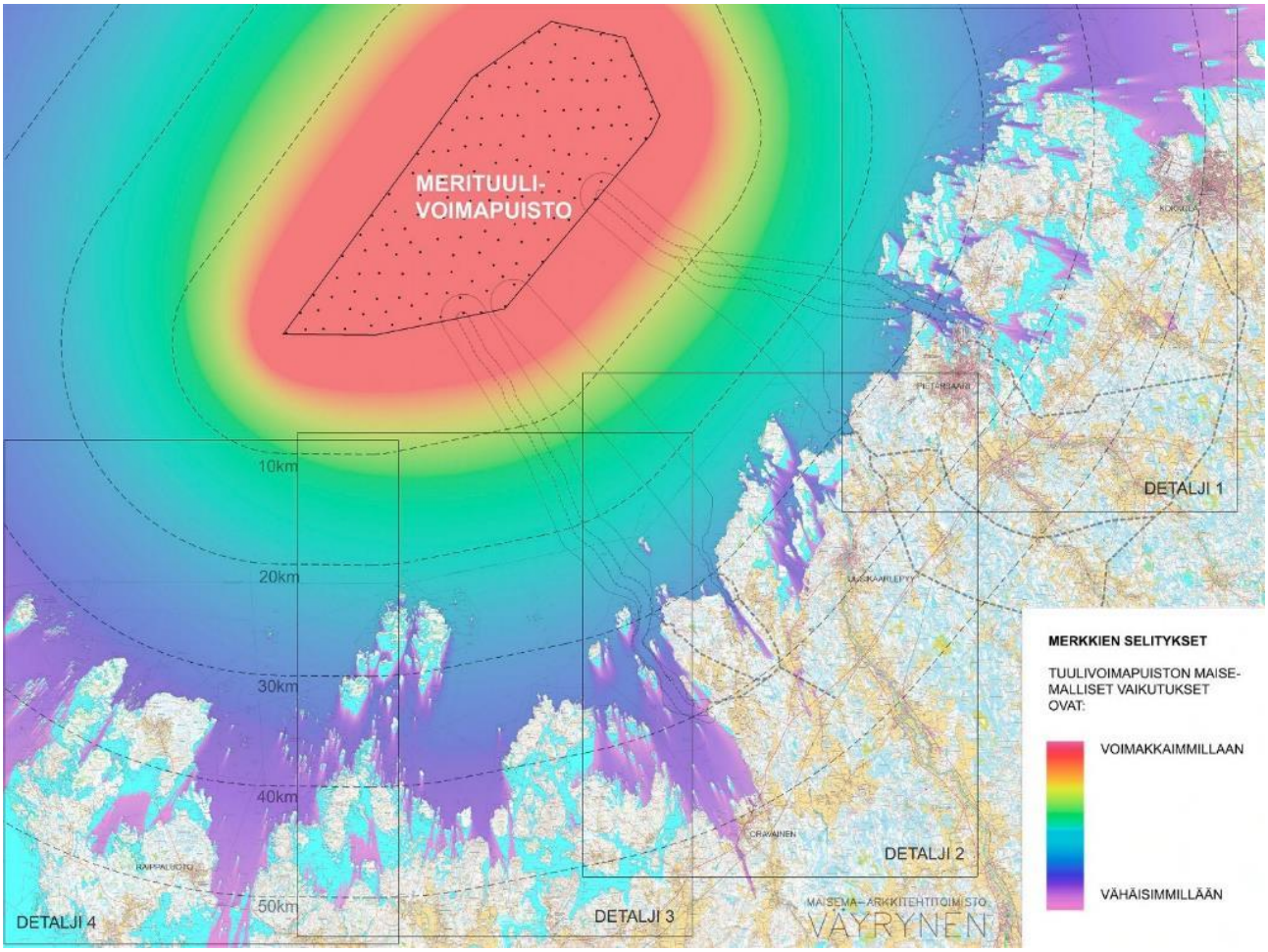
Pelkät näkymäsektorit eivät kerro tuulivoimaloiden maisemallisen vaikutuksen voimakkuutta. Laajoja näkymäsektoreita voi muodostua hyvin kauaksi voimaloista, vaikka voimaloilla olisi vain vähäinen maisemallinen vaikutus kyseisiin alueisiin. Lähellä yksikin voimala voi näkyä hyvin voimakkaasti ja vastaavasti kaukana kaikkien tuulivoimapuiston voimaloiden yhteisvaikutukset voivat jäädä vähäisiksi.

Seuraavissa kuvissa (Kuva 4-6 - Kuva 4-10) on esitetty näkymäalueanalyysit hankevaihtoehdolle VE1. Vaihtoehdon VE1 näkymäalueanalyysistä on laadittu neljä yksityiskohtaisempaa analyysiä. Analyysistä voi havaita voimaloiden näkyvyyden erityisesti merelle. Kuvassa (Kuva 4-6) on näkymisen voimakkuuden eli intensiteetin osoittava kartta, josta yksityiskohtaisemmat detaljit on laadittu. Analyysissä huomioidaan näkyvien voimaloiden lukumäärä sekä etäisyys kuhunkin voimalaan.

Näkymäalueanalyyseistä on havaittavissa tuulivoimapuiston näkyminen käytännössä koko avomeren alueella. Saaret luovat pieniä katvealueita, mutta tuulivoimapuisto alkaa näkymään kauempaa katvealueen takaa katsottaessa saarten kummallakin puolella, ja voimalat nousevat näkyviin vähitellen saarten puuston yläpuolelle. Avomerellä keskeinen näkymistä rajaava tekijä on valaistus yhdessä ilmankosteiden kanssa.

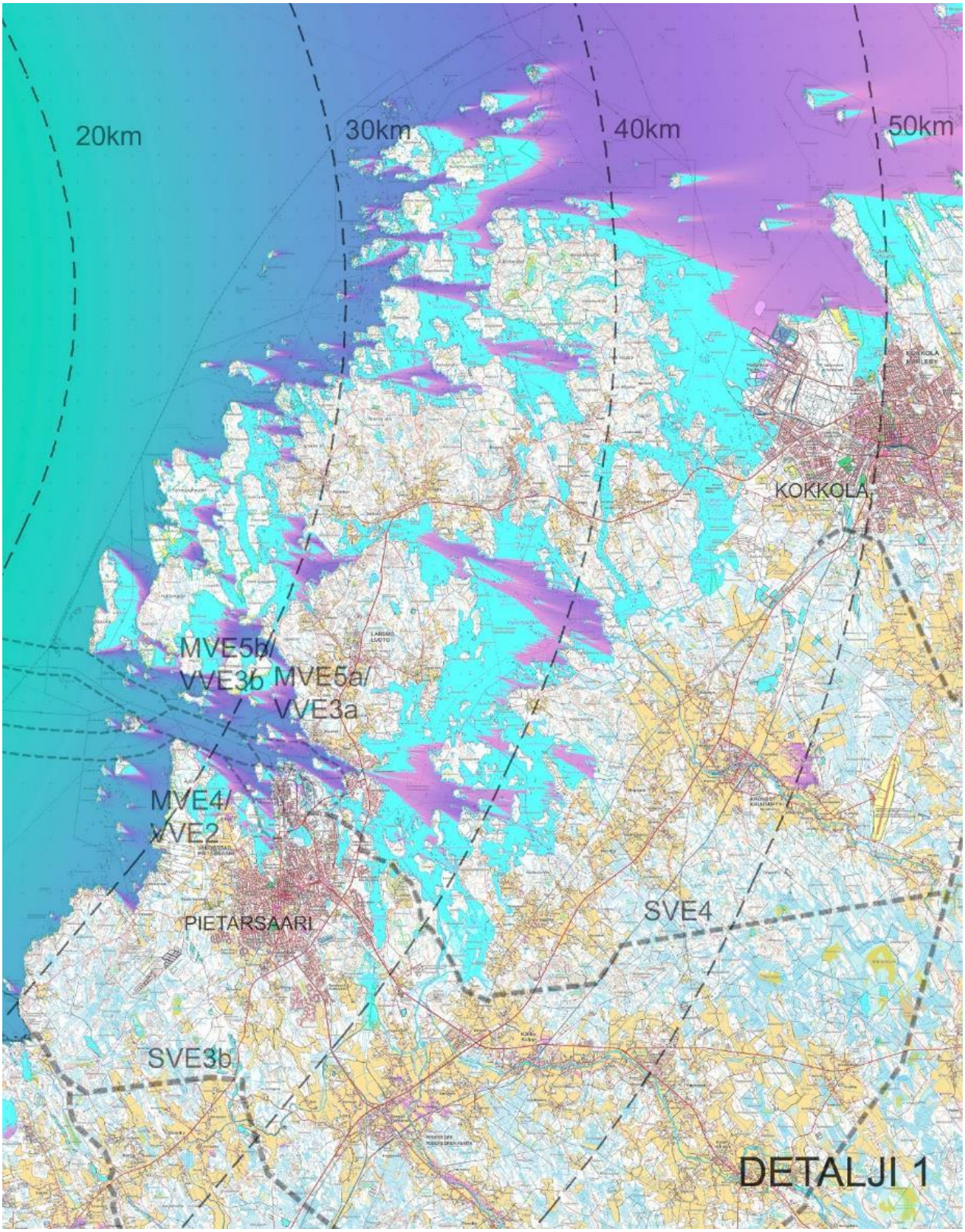
Mantereen puolella merituulivoimapuiston näkyminen rajoittuu ranta-alueelle. Etäisyyden ollessa yli 40 kilometriä avointa peltoa tai suota tarvitaan lähes 3 kilometriä, jotta tuulivoimaloiden roottorit näkyvät metsänrajan yläpuolella. Tämän takia näkymäyhteyksiä muodostuu sisämaalle pääosin suurimpien merenlahtien ja sisäjärvien yhteyteen, joissa on tarpeeksi pitkä avoin tila tuulivoimapuiston suuntaan. Analyysissä erottuu sisämaalla joitain näkymisen alueita, mutta näille alueille voimalat eivät todennäköisesti näy, koska analyysin suuren mittakaavan takia siinä ei voida huomioida yksittäisiä puita tai pieniä puuryhmiä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



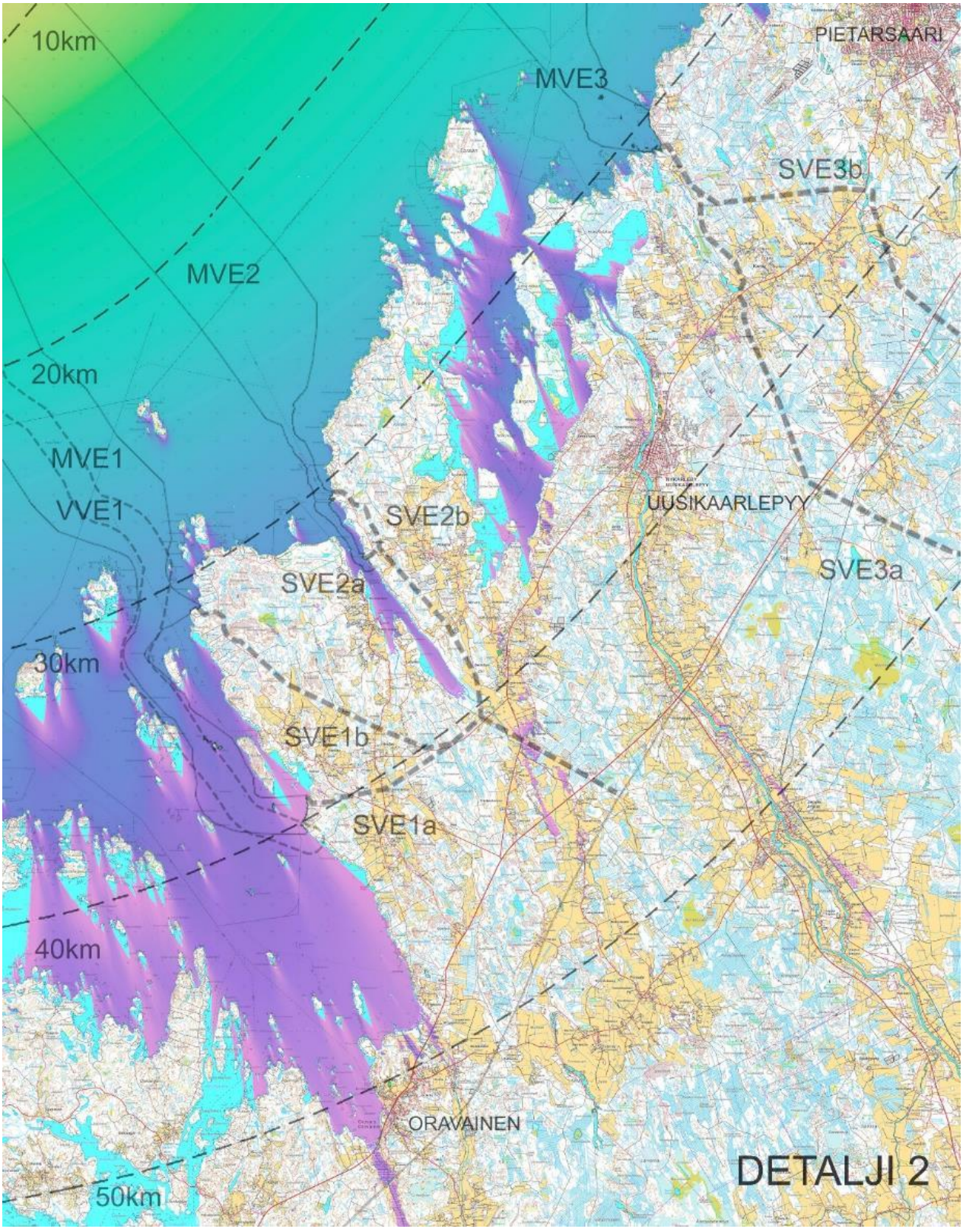
Kuva 4-6. Näkymäalueanalyysi vaihtoehdosta VE1. Voimalat näkyvät väreillä merkityille alueille. Voimaloiden maisemallinen vaikutus on suurin punaisella merkityllä alueilla ja vähenee kohti violettia väriä spektrin värijärjestyksessä. Analyysissä on huomioitu etäisyys tuulivoimaloista ja vähintään osittain näkyvien tuulivoimaloiden lukumäärä. Seuraavissa kuvissa (detaljit 1–4, Kuva 4-7 - Kuva 4-10) on esitetty ranta-alueet tarkemmin.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



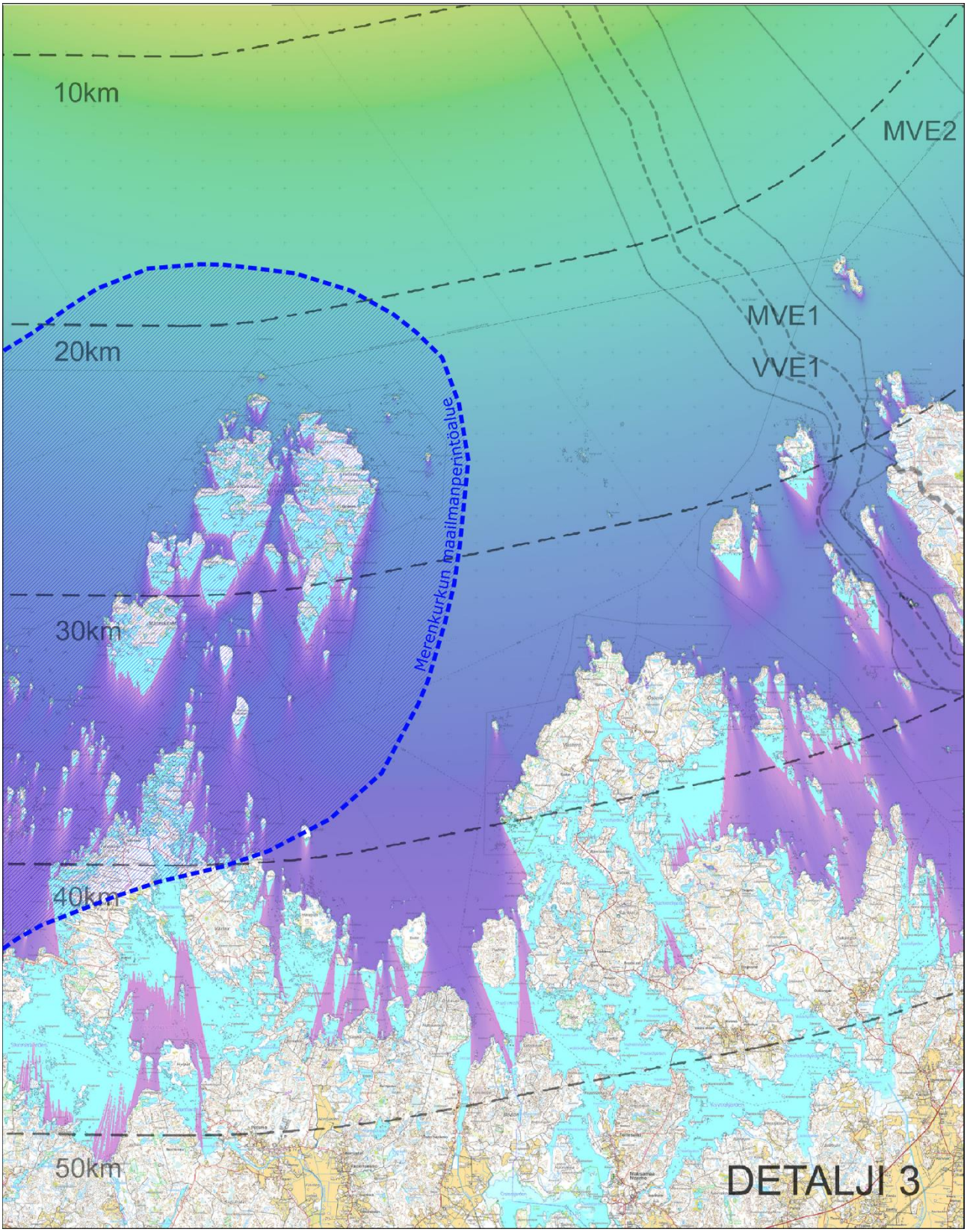
Kuva 4-7. Yksityiskohta Detalji 1 vaihtoehdon VE1 näkymäalueanalyysistä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



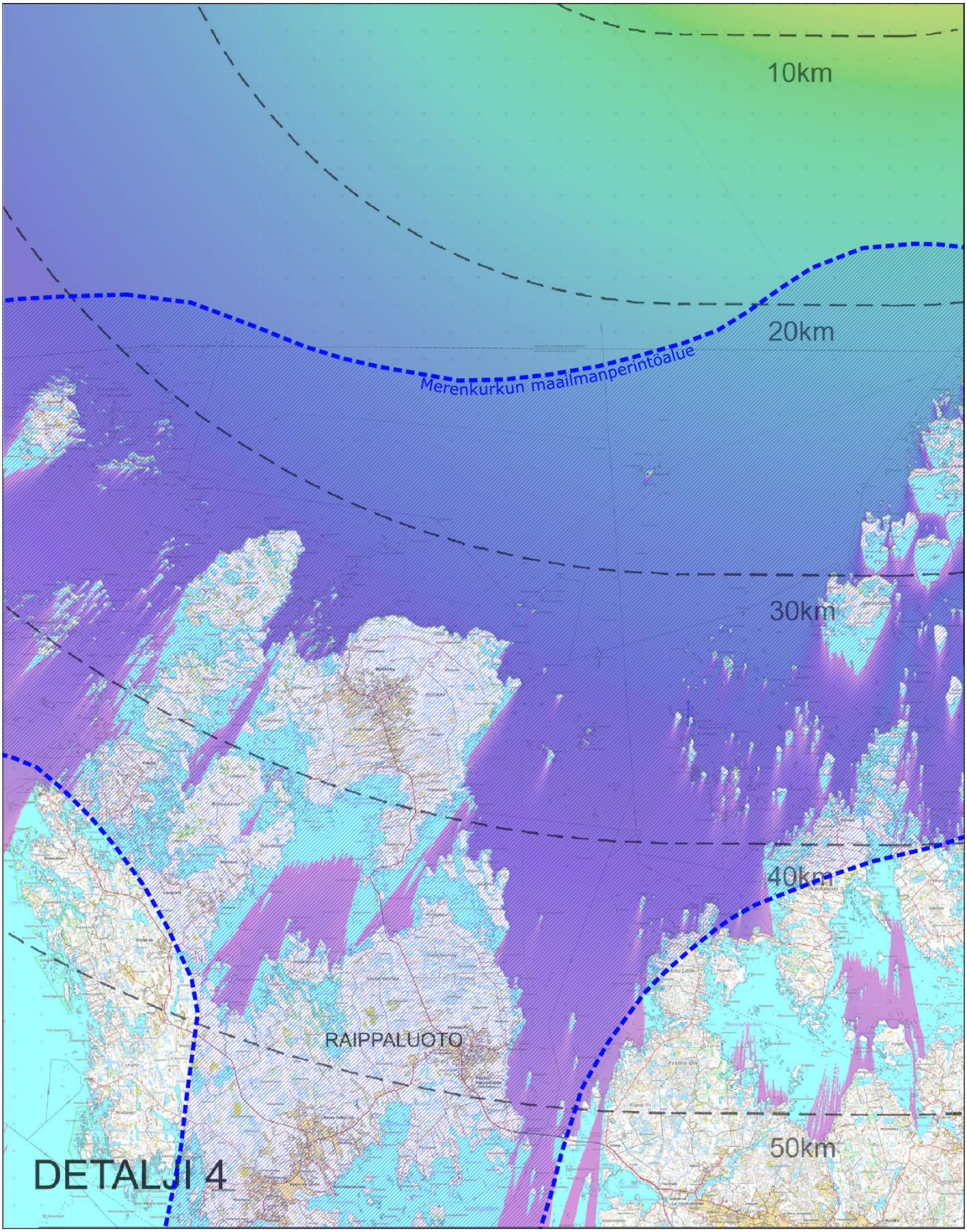
Kuva 4-8. Yksityiskohta Detalji 2 vaihtoehdon VE1 näkymäalueanalyysistä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 4-9. Yksityiskohta Detalji 3 vaihtoehdon VE1 näkymäalueanalyysistä. Merenkurkun maailmanperintöalue (sininen katkoviiva) sijoittuu osin Detalji 3 kuvan rajauksen sisälle.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 4-10. Yksityiskohta Detalji 4 vaihtoehdon VE1 näkymäalueanalyysistä. Merenkurkun maailmanperintöalue (sininen katkoviiva) sijoittuu osin Detalji 4 kuvan rajauksen sisälle.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

4.3.3.3 Havainnekuvat

Havainnekuvat on laadittu keskenään samoilla objektiivin polttoväleillä, jotta eri kohteiden maisemalliset erot näkyvät havainnekuvia keskenään vertailemalla. Lisäksi havainnekuvissa on pyritty havainnollisuuteen ja realistisuuteen. Tämä on toteutettu olettamalla, että olosuhteet ovat kaikissa kuvissa tarpeeksi hyvät, jotta lähimmät voimalat näkyvät havainnekuvissa selvästi ja etäisyyden myötä kauimmaiset näkyvät heikommin ilmakehän vaikutuksesta. Havainnekuvista erottuu myös maapallon kaarevuuden vaikutukset voimaloiden näkyvyyteen.

Havainnekuvat on tehty paikan päältä otettuihin valokuviin. Ne perustuvat tuulivoimaloiden ja niiden tarkastelualueen 3D-mallinnukseen, joiden pohjalta havainteet on tehty. Havainnekuvien ottopaikat on valittu niiden monipuolisen edustavuuden, kohteen merkityksen ja maisemallisten vaikutusten kohdistumisen mukaisesti. Havainnekuvapaikkojen valinnassa on huomioitu myös YVA-ohjelmasta saatu palaute ja hankkeen seurantaryhmän näkemykset. Selvityksessä käytetty valokuvamateriaali on otettu 15.06.2023, 6.10.2023 ja 8.10.2023. Kuviin 4-11-4-13 on merkitty kuvanottopaikat nuolen kärjellä ja kuvanottosuunta nuolen suunnalla.

Tuulivoimalan suuren koon ja suurten etäisyyksien takia havainnekuvat on tehty objektiivien eri polttovälillä, jotka on osoitettu 35 mm kinofilmin vastaavuudella. Kuvasovitteissa 16 mm objektiivi vastaa koettua ympäristöä sekä kuinka kohde asettuu maisemaan ja 50 mm objektiivilla otettu kuva vastaa kohdistettua katsetta ja kohteen näkyvyyttä. Polttoväliä 50 mm pidetään normaalina kuvakulmana. Sitä pienemmät polttovälit kuten 16 mm ja 28 mm ovat laajakulmaisia objektiiveja. Vastaavasti isommat polttovälit kuten 100 mm tai 400 mm ovat teleobjektiiveja.

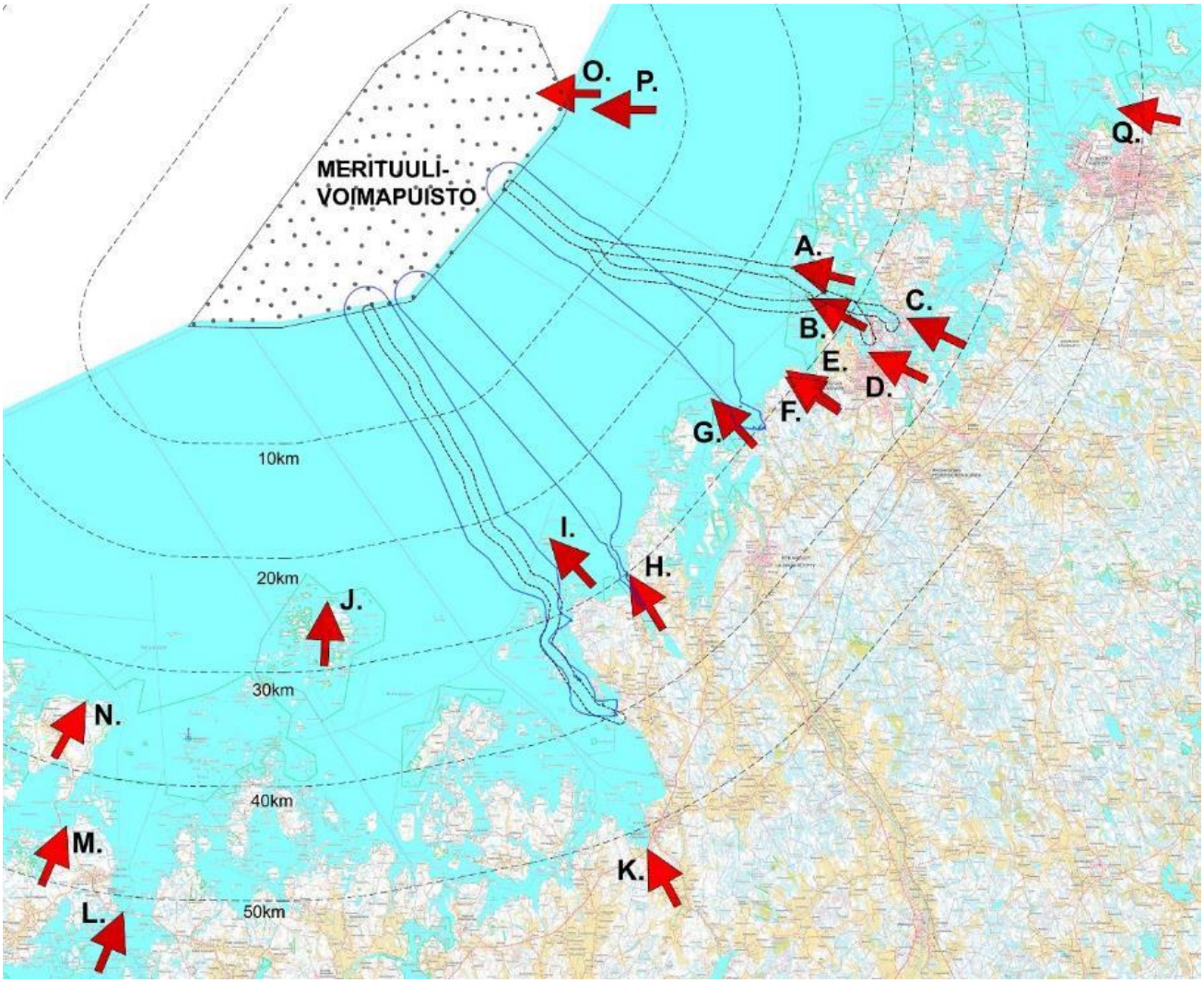
Kuvanottopaikat on valittu pääosin tuulivoimapuiston näkyvyyden mukaan. Valinnoissa on myös huomioitu otosten edustavuus, kohteen merkittävyys ja YVA-ohjelmasta saatu palaute (YVA-ohjelman lausunto, hankkeen yhteydessä teetetty asukaskysely sekä keskustelut viranomaisten kanssa). Voimalat on mallinnettu tietokoneella mittatarkasti valokuvasovitteisiin ja voimalat on usein sijoitettu yleisimmän tuulensuunnan mukaisesti, kohti lounasta. Mikäli kuvakulma on ollut sivusta, on havainnekuviin muutettu voimaloiden suunta tarpeen mukaisesti.

Merenkurkun maailmanperintöalueelle ei ole erikseen määritelty olennaisimpia näkymiä ja havainnekuvien kuvanottopaikat on valittu yhteistyössä YVA-työryhmän sekä saadun viranomaispalautteen ja erikseen käytyjen keskustelujen pohjalta. Kuvanottopaikkojen valinnassa on kiinnitetty huomioita avoimiin näkymiin ja etäisyyksiin lähimmistä kiinteistä kohteista Merenkurkun maailmanperintöalueelle. Kuvanottopaikat J, L, M ja N on valittu edustamaan näkymiä Merenkurkun maailmanperintöalueelta Laineen merituulivoimapuiston suuntaan.

Kuvissa usein taivas näyttäytyy kirkkaana ja on väritykseltään vaalea, mikäli aurinko tai kirkkaat pilvet ovat voimaloiden takana, jolloin voimalat tulevat tummina esille vaaleata taustaa vasten. Kesällä tummansinistä taivasta vasten tuulivoimalat näyttävät usein vastaavasti vaaleilta. Ilmiö näkyy esimerkiksi koivunrungoissa, jotka ovat usein vaaleita tummaa metsää vasten, mutta vaikuttavat tummilta kirkasta taivasta vasten. Voimaloiden ja taustan väliseen kirkkauseroon vaikuttaa myös valon suunta. Voimakas valo tuulivoimalan takaa saa ne näyttämään tummilta ja vastaavasti voimakas valo edestä saa ne näyttämään vaaleammilta. Mallinnuksessa on huomioitu myös valokuvan ottohetkellä ollut valaistus.

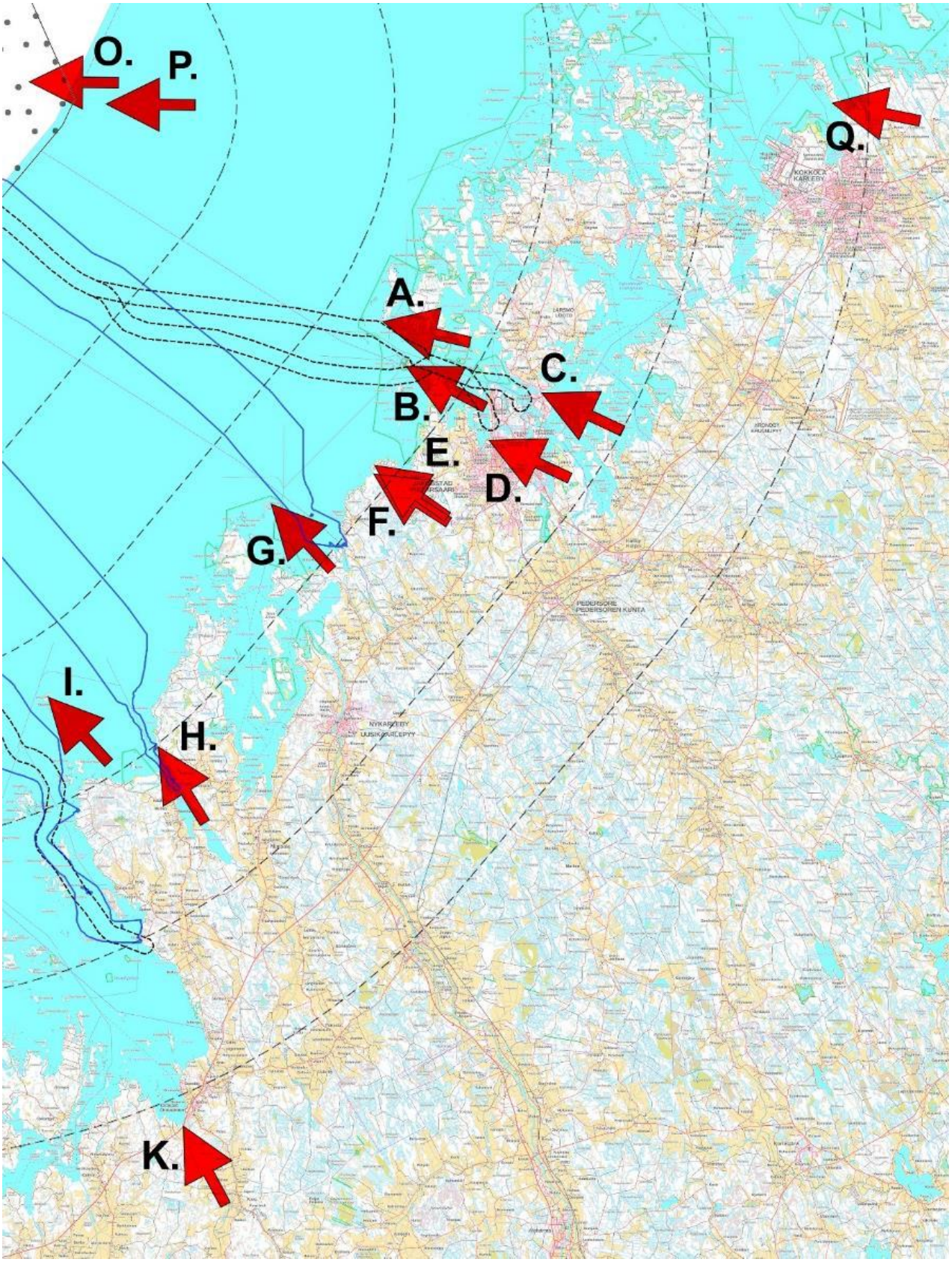
Viidenkymmenen kilometrin etäisyydeltä tai kauempaa otettuihin havainnekuviin on laajakulmaisen 16 mm ja normaalin 50 mm lisäksi mallinnettu 100 mm ja 400 mm objektiivien kuviin laaditut havainnekuvat. Näistä 100 mm objektiivi vastaa suurin piirtein silmän erottelutarkkuutta ja 400 mm objektiivi vastaa kahdeksan kertaa suurentavilla kiikareilla katsomista.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



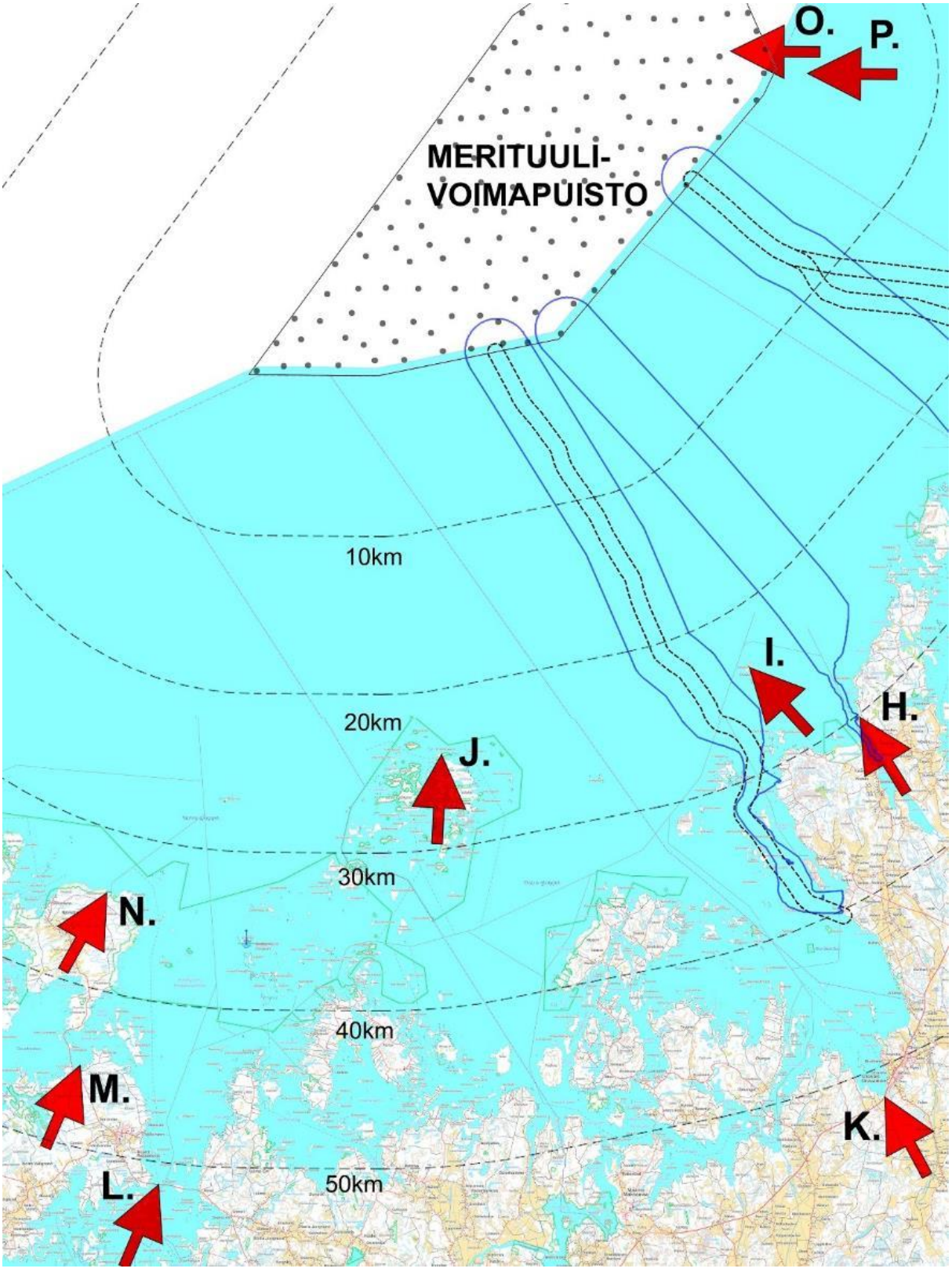
Kuva 4-11. Havainnekuvien kuvanottopaikat. Nuolen kärki osoittaa kuvanottopaikan ja nuolen suunta kuvaussuunnan. Kirjain nuolen vieressä viittaa havainnekuvaan. Kuvanottopaikat J, L, M ja N on valittu edustamaan näkymiä Merenkurkun maailmanperintöalueelta Laineen merituulivoimapuiston suuntaan.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 4-12. Yksityiskohta havainnekuvien kuvanottopaikoista. Nuolen kärki osoittaa kuvanottopaikan ja nuolen suunta kuvaussuunnan. Kirjain nuolen vieressä viittaa havainnekuvaan.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 4-13. Yksityiskohta *havainnekuvien kuvanottopaikoista. Nuolen kärki osoittaa kuvanottopaikan ja nuolen suunta kuvaussuunnan. Kirjain nuolen vieressä viittaa havainnekuvaan. Kuvanottopaikat J, L, M ja N on valittu edustamaan näkymiä Merenkurkun maailmanperintöalueelta Laineen merituulivoimapuiston suuntaan.*

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merikaapeli ja vetyputki

Merikaapeli ja vetyputki sijaitsevat merenpohjassa ja ranta-alueella ne asennetaan maan sisään. Ranta-alueen hiekkapinta ja ruohokasvillisuus palautuvat rakentamisen jälkeen ennalleen suhteellisen lyhyessä ajassa (viimeistään muutaman kasvukauden aikana). Tämän takia merikaapelista ja vetyputkesta ei muodostu merkittäviä maisemallisia vaikutuksia rantautumisessakaan.

Maisemalliset vaikutukset alle 20 kilometrin etäisyydelle

Alle 20 kilometrin etäisyydellä ei sijaitse saaristoa vaan maisemalliset vaikutukset kohdistuvatkin veneilijöihin ja muuhun merenkulkuun. Maisemalliset vaikutukset ovat voimakkaimmillaan tuulivoimapuiston sisällä tai sen välittömässä läheisyydessä, jolloin tuulivoimalat hallitsevat maisemaa. Tuulivoimapuiston sisällä on tuulivoimaloiden lisäksi myös sedimenttien läjitystä, sähkön ja vedyn siirtoon ja varastointiin tarvittavaa infrastruktuuria.

Havainnekuvassa O., joka on näkymä merituulivoimapuiston sisältä, näkyy alemmassa kuvassa keltaisena merisähköasema kolmen kilometrin etäisyydeltä oikeassa reunassa. Kuvassa P. on näkymä tuulivoimapuistoon sen ulkopuolelta kolmen kilometrin etäisyydeltä lähimmästä voimalasta. Kuvassa erottuvat tuulivoimaloiden lisäksi heikosti myös merisähköasemat keltaisina rakennelmina.

Tuulivoimapuiston sisällä tuulivoimalat ovat yli kilometrin etäisyydellä toisistaan, joten tuulivoimapuisto ei vaikuta tiheältä. Lähimmät voimalat hallitsevat aina suuren kokonsa johdosta maisemaa tuulivoimapuiston sisällä (Kuva 4-14 (O.)). Merisähköasema on merkittävästi pienempi rakennus tuulivoimaloihin verrattuna, jolloin niiden maisemallinen vaikutus rajoittuu niiden lähiympäristöön. Tuulivoimapuiston ulkopuolelta katsottuna niiden maisemallinen vaikutus on vähäinen. Vedyn tuotantoasema on saman tyyppinen rakennelma kuin merisähköasema, jolloin senkin maisemalliset vaikutukset ovat myös saman tyyppiset. Vedyn tuotannolla tuulivoimalan tornin keltaisessa alaosassa on edellä mainittuja vaihtoehtoja vieläkin pienemmät maisemalliset vaikutukset.

Mantereen suuntaan merituulivoimapuisto näyttää suurin piirtein samalta kaikkialta mantereelta katsottuna ja yhtä laajalta. Koillisesta ja lounaasta Valassaarten suunnasta merituulivoimapuisto näyttäytyy pienempänä, koska pitkittäisestä suunnasta puisto näyttää kapeammalta ja samalta pienemmältä kuin poikittaisesta. Valassaarten suunnasta lähestyttäessä voi erottaa myös tuulivoimapuiston terävän eteläkärjen ja sen eteläisimmän tuulivoimalan.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 4-14. (O.) Havainnekuva tuulivoimapuiston sisältä. Yläkuvan objektiivi 16 mm ja alakuvan 50 mm. Etäisyys lähimmästä näkyvästä tuulivoimalasta on 800 metriä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Maisemalliset vaikutukset alle 30 kilometrin etäisyydelle

Maisemallisia vaikutuksia kohdistuu 30 kilometrin etäisyydellä avomerelle, saaristoon ja mantereen ranta-alueille olosuhteiden mukaisesti. Näkyvyyden pitää olla riittävän hyvä tuulivoimaloiden havaitsemiseksi. Tuulivoimapuiston näkymiseen 30 kilometrin etäisyydelle vaikuttaa keskeisesti valaistus ja kosteusolosuhteet. Tuulivoimapuisto näkyy pääosin merialueelle ja tuulivoimapuiston puoleisille rannoille. Saarten ja rannikon vastakkaiset rannat ovat yleensä puuston muodostamia katvealueita.

Lähimmät saaret ovat noin 25 kilometrin etäisyydellä merituulivoimapuistosta. Saaristossa maisemalliset vaikutukset kohdistuvat pääosin tuulivoimapuiston puoleiselle ranta-alueelle. Perinteisesti satamat ja rakennukset ovat sijoitettu saaren suojaiselle puolelle, jolloin ne ovat enemmän katveessa merituulivoimapuistoon. Nykyisin satamat rakennuksineen voidaan vapaammin sijoittaa isompien aallonmurtajan suojaan, jolloin niistä avautuu myös enemmän näkymiä avomerelle tuulivoimapuiston suuntaan. Ranta-alueille on myös nykyisin rakennettu loma-asuntoja, joihin merituulivoimapuisto voi näkyä. Lähimmille saarille maisemalliset vaikutukset kohdistuvat merituulivoimapuiston puoleisille ranta-alueille, joista avautuu esteetön näkymä tuulivoimaloihin. Saarten rakennuskanta sijoittuu kuitenkin yleensä näkymisen katveen puolelle, joka on samalla paremmin suojassa tuulelta. Vastaavia tilanteita on Öörarnassa, Stubbenissa, Torsössä ja Mikkelinsaarilla (Kuva 4-15 (A.) ja Kuva 4-16(J) sekä kuva I., liite 1) Näissä kohteissa hankkeen maisemalliset vaikutukset asutukselle ja loma-asutukselle ovat vähäisemmät.

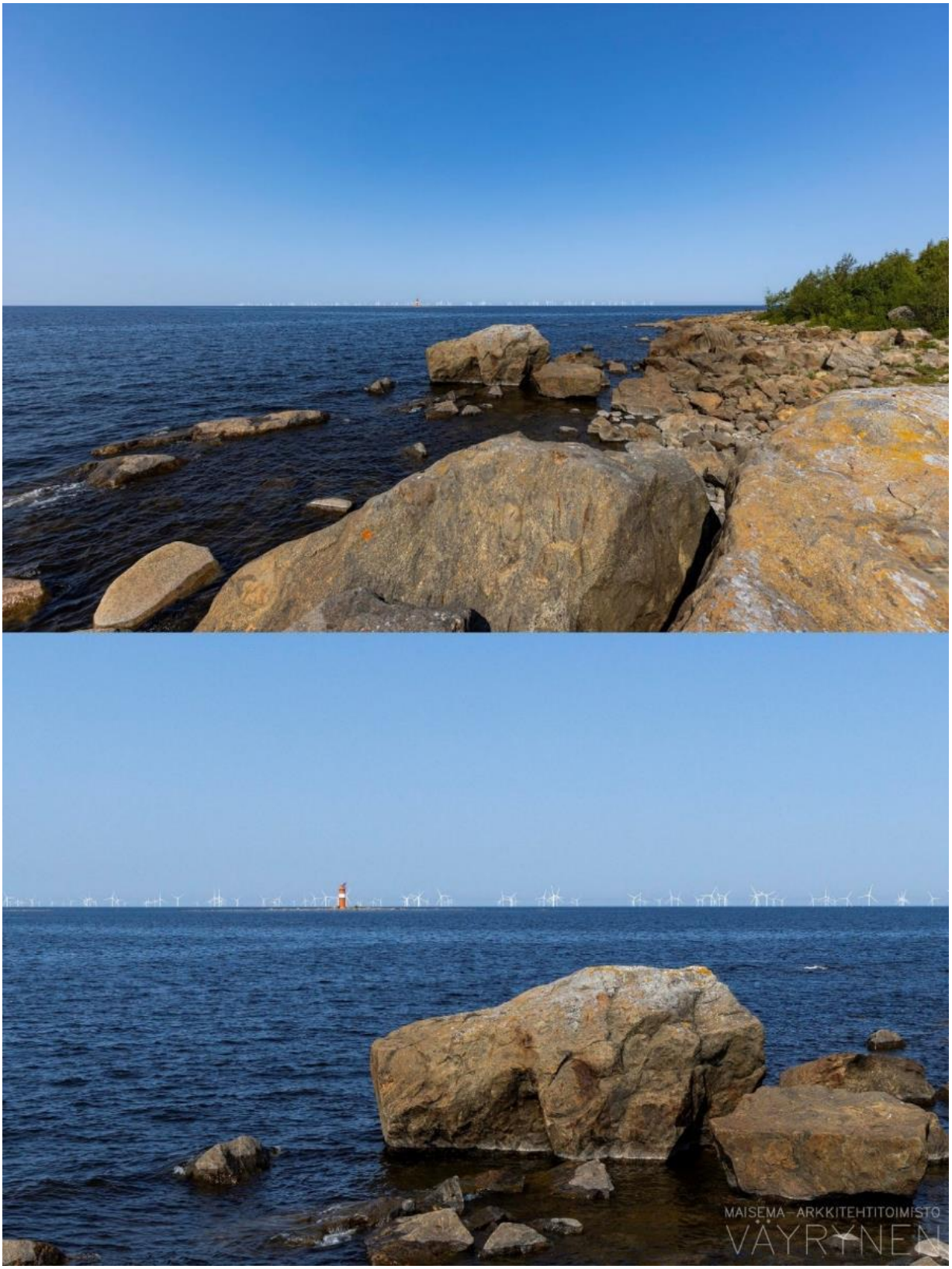
Yttre Bergskärin saaren loma-asuntopaikoilta avautuu näkymäyhteys länteen tuulivoimapuiston suuntaan noin 28 kilometrin päästä. Hälsingön saaren luoteisosan rannan loma-asutuksesta noin 25 kilometrin etäisyydeltä on myös näkymäyhteys tuulivoimapuiston pohjoisosaan Öörarnan saaren pohjoispuolelta. Mässkärin saaren lahti ja sen sisäsatama avautuvat tuulivoimapuiston suuntaan ja saaren luoteeseen avautuvista loma-asunnoista on myös näkymäyhteys merituulivoimapuistoon kuvan B. (liite 1) mukaisesti. Svartörarnan pohjoispuoleisilta loma-asutuspaikoilta on myös avoin näkymäyhteys tuulivoimapuiston suuntaa pohjoiseen. Mikkelinsaarten loma-asutus sijoittuu hajanaisesti yleensä saarten etelärannoille, jotka ovat näin ollen pääosin tuulivoimapuiston katveessa. Näille kohteille maisemalliset vaikutukset ovat pääosin vähäisiä.

Mantereelle maisemallisia vaikutuksia muodostuu alle kolmenkymmenen kilometrin etäisyydelle tuulivoimapuiston itäpuolelle Luodon kunnan pohjoisosassa sijaitsevalle Krokon alueelle Båthamnin sataman ja Svartvikören lähiympäristön mökeille, joista on avoin näkymäyhteys lännen suuntaan. Luodon kunnan länsireunalla sijaitsevasta Skabbskäretin mökeistä avautuu näkymä tuulivoimapuistoon Hälsingönsaaren yli. Maisemalliset vaikutukset ovat kuitenkin vähäiset heikon näkyvyyden takia, koska näkyvyyttä tuulivoimaloihin peittävät välissä olevat saaret, jolloin tuulivoimaloista yleensä näkyvät vain sen yläosan roottorin lapojen kärjet.

Pietarsaaren edustalla sijaitsevan Ådön länsirannan lomamökeistä avautuu edessä olevien saarten välistä näkymäyhteys tuulivoimapuistoon noin 30 kilometrin etäisyydelle. Tuulivoimapuisto on näkyvissä niille rakennuspaikoille, joista avautuu avoin meri luoteeseen. Mantereen ranta-alueille muodostuu näkymäyhteys tuulivoimapuistosta myös Fäbodan uimarannoille ja loma-asutukselle, jotka sijaitsevat myös noin 30 kilometrin etäisyydellä lähimmistä tuulivoimaloista. Tuulivoimapuisto näkyy Ådön sandin uimarannalta Lillsandin ja Storsandin arvostetuille uimarannoille asti. Kuvassa E. (liite 1) on näkymä Stugan pohjoispuolelta kalliorannan kohdalta kohti tuulivoimapuistoa. Kuvassa F. (Kuva 4-17) on vastaava näkymä Lillsandin hiekkarannalta tuulivoimapuistoon. Näille kohteille maisemalliset vaikutukset ovat kohtalaisia.

Uudenkaarlepyyn edustalla olevalle Frösön niemen länsirannalta on myös näkymäyhteys tuulivoimaloihin. Loma-asuntojen piha-alueilta ja rakennuksista näkyy tuulivoimapuisto, mikäli kasvillisuus ei peitä näkymiä. Avoimilta hiekkaisilta tai kallioisilta ranta-alueilta tuulivoimapuisto näkyy sääolosuhteiden mukaisesti. Kuvassa H. on näkymä Brännskatagrunden kalasataman pohjoispuolelta kohti tuulivoimaloita. Kuvausolosuhteet todennäköisesti olisivat estäneet tuulivoimaloiden näkymisen, mutta havainnollisuuden takia lähtöolettamuksena on ollut lähimpien voimaloiden näkyminen havainnekuvassa. Näille kohteille maisemalliset vaikutukset ovat kohtalaisia.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 4-15. (A.) Havainnekuva Söderskatanista Öuranin kalasataman vierestä kohti tuulivoima-puistoa. Yläkuvan objektiivi 16 mm ja alakuvan 50 mm. Etäisyys lähimmästä tuulivoimalasta on 25 kilometriä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 4-16. (J.) Havainnekuva Mikkelinsaarten luontoasemalta kohti tuulivoimapuistoa. Yläkuvan objektiivi 16 mm ja alakuvan 50 mm. Etäisyys lähimmästä tuulivoimalasta on 25 kilometriä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 4-17. (F.) Havainnekuva Lillsandin rannasta kohti tuulivoimapuistoa. Yläkuvan objektiivi 16 mm ja alakuvan 50 mm. Etäisyys lähimmästä tuulivoimalasta on 29 kilometriä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Maisemalliset vaikutukset alle 40 kilometrin etäisyydelle

Merituulivoimapuisto näkyy Kokkolan ja Pietarsaaren välillä laajempien selänteiden yhteydessä, kuten Börsskärsfjärdeniin, Vartgholmsfjärdeniin, Luodonjärvelle ja Gloskärsfjärdeniin. Näillä vesistöillä voimalat näkyvät selänteelle ja joillekin saaristojen ja mantereen lännenpuoleisille vastarannoille. Tuulivoimalat näkyvät välissä olevien saarten yli, kun saariin on riittävästi etäisyyttä. Voimaloista näkyy yleensä vain ylimmät osat eli todennäköisimmin roottorin lapa ylävaiheessa. Näille kohteille maisemalliset vaikutukset ovat yleensä vähäisiä.

Pietarsaareen keskustan suuntaan tuulivoimapuisto näkyy pohjoispuolella sijaitsevan teollisuusalueen Alholman niemen länsirannalle, Risön lounaisrannalle ja Lilla Furuholmen länsirannalle. Kuvassa C. (Kuva 4-18) on havainnekuva Risön ja Lilla Furuholman välissä sijaitsevasta satamasta. Havainnekuvasta erottuu, kuinka tuulivoimapuisto näkyy avointa selännettä pitkin välissä olevien saarten yli. Alholman niemelle voimalat erottuvat länsipuolen ranta-alueille mahdollisesti venesatamaan asti. Uimarannalta ei ole näkymä yhteyttä tuulivoimapuistoon kuvan D. (liite 1) mukaisesti. Havainnekuvasta näkyy kuinka tuulivoimapuiston jää vastarannan taakse peittoon. Näille kohteille maisemalliset vaikutukset ovat pääosin vähäisiä.

Etelämpänä avautuu laajempia näkymisen alueita Torsön ja Fröson takana sijaitseville vesistöille kuten Klubbfjärdenille. Näiltä alueilta sekä selänteiltä ja vastarannoilta voi muodostua näkymäyhteys tuulivoimapuistoon. Tuulivoimapuisto näkyy välissä olevien saarten yläpuolella, jos välissä on tarpeeksi tilaa. Tuulivoimapuisto näkyy myös eteläpuolella sijaitsevaa kapeata Monassundetia pitkin sisämaan suuntaan.

Laajempia näkymisen alueita muodostuu myös näiden eteläpuolelle Monåfjärdenin lahden alueelle sekä saaristolle ja rannoille, jotka rajoittuvat Östra Glöppetin aluelle. Österön ja Vesterön pohjoisrannoilta on esteetön näkymäyhteys noin 35 kilometrin etäisyydellä sijaitsevaan tuulivoimapuistoon. Näiden länsipuoleisille Värlaxin ja Kaukoluodon alueet ovat osittain Mikkelinsaarten katveessa. Voimalat näkyvät saarten takana oleville selänteille ja vastarannoille, mutta saaret peittävät kuitenkin osan voimaloista.

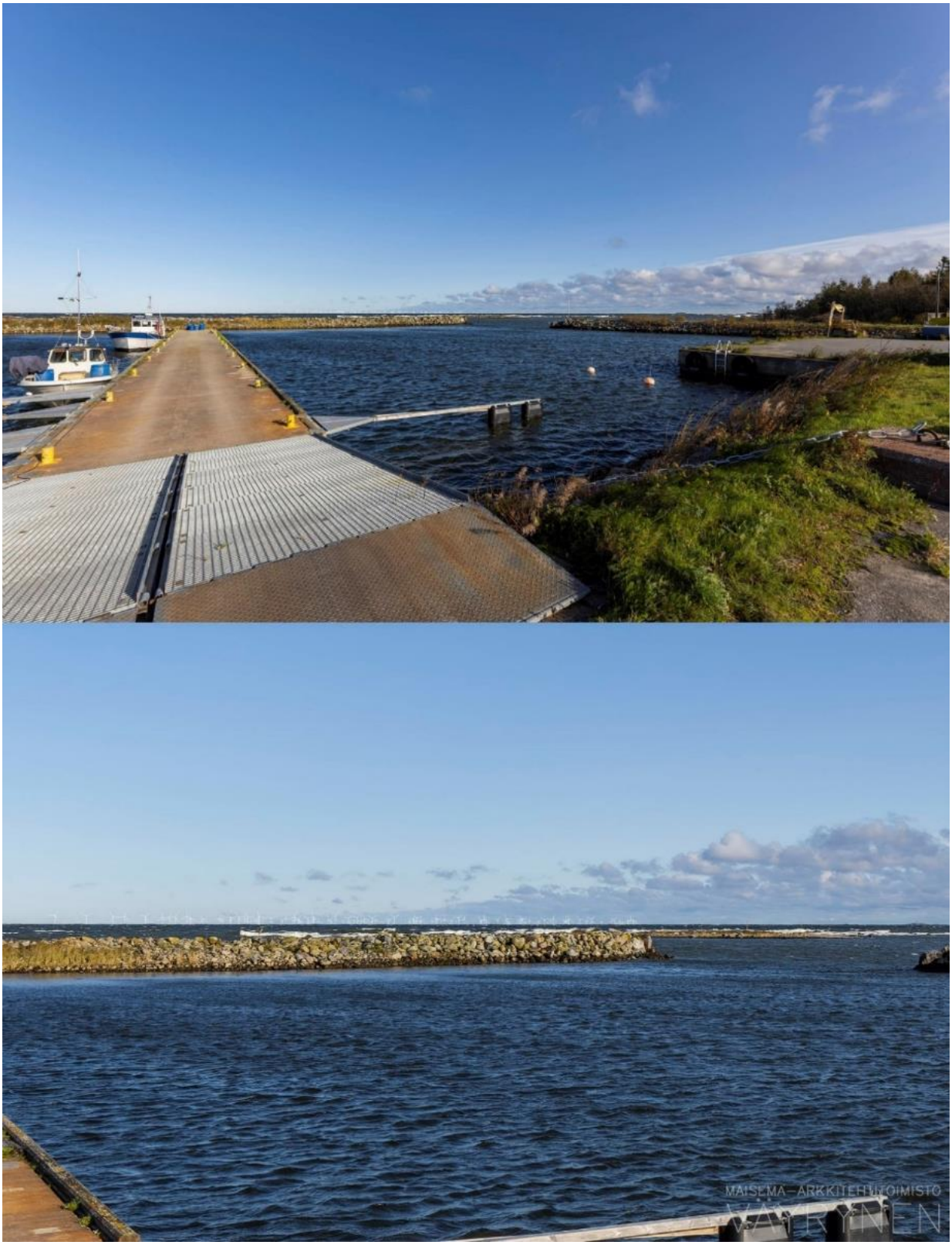
Mikkelinsaarten länsipuolelta avautuu jälleen avoin näkymäyhteys voimaloihin Björkbyn alueen saaristosta ja rannikosta. Björkbyn pohjoisrannalta laaditussa havainnekuvassa N. (Kuva 4-19) näkyy, kuinka tuulivoimapuisto voi erottua sataman yli aurinkoisena päivänä 34 kilometrin etäisyydeltä. Vastaavasti pohjoisimpien valassaarten pohjoisrannasta on vastaavanlainen näkymä kohti tuulivoimapuistoa. Valassaarten itäosien pitkien ja kapeiden saarten kasvillisuus on vaatimattomampaa, jolloin tuulivoimalat näkyvät osittain eteläisille saarille. Länsiosien pääsaari Storskär on puustoinen, jolloin se muodostaa tehokkaasti näkymisen katvealueita. Tuulivoimapuisto näkyy Storskäriin vain pohjoisosiin.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 4-18. (C.) Havainnekuva Lilla Furuholmen venesatamasta kohti tuulivoimapuistoa. Yläkuvan objektiivi 16 mm ja alakuvan 50 mm. Etäisyys lähimmästä tuulivoimalasta on yli 34 kilometriä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 4-19. (N.) Havainnekuva Björkbyn kalasatamasta rannasta kohti tuulivoimapuistoa. Yläkuvan objektiivi 16 mm ja alakuvan 50 mm. Etäisyys lähimmästä tuulivoimalasta on 34 kilometriä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Maisemalliset vaikutukset yli 40 kilometrin etäisyydelle

Yli 40 kilometrin etäisyydelle maisemallisia vaikutuksia muodostuu laajojen vesistöjen yhteyteen tai merenlahtiin kuten, Kokkolan pohjoispuolelle, Luodonjärvelle, Monåfjärdeniin tai Raippaluodonselälle. Näillä alueilla tuulivoimapuisto on havaittavissa selänteellä veneiltäessä tai vastakkaiselta rannalta.

Kuvassa Q. on näkymä 48 kilometrin etäisyydeltä Kokkolan pohjoispuolella sijaitsevalta Punakallioilta kohti tuulivoimapuistoa neljällä eri objektiivin polttovälillä. Havainnekuvista erottuu noin kahdeksan kilometrin etäisyydellä olevan vastarannan takana olevien tuulivoimaloiden roottoreiden lavat, jotka sijaitsevat noin kuusi kertaa kauempana.

Tuulivoimapuisto näkyy myös kauemmaksi Monåfjärdenin lahtea pitkin aina Oravaisten taistelukentälle asti yli 50 kilometrin etäisyydelle kuvan K. mukaisesti (Liite 1). Pitkän etäisyyden takia tuulivoimapuisto erottuu heikosti lähinnä kiikareilla katsottaessa sopivalla säällä ja valaistuksella.

Lähes samalla etäisyydellä yli 50 kilometrin päässä sijaitsee myös Raippaluodon silta, jonka ylittävä tie nousee lähes 30 metrin korkeudelle merenpinnasta. Se on tällä hetkellä Suomen pisin silta. Katselupisteen korkeuden ansiosta tuulivoimalat näkyvät paremmin eikä maapallon kaarevuus tai saariston puusto peitä yhtä voimakkaasti voimaloita maisemassa. Maisemalliset vaikutukset ovat vähäiset suuren etäisyyden takia. Silta on maisemassa voimakkaasti näkyvä rakenne, joka sietää myös vastaavasti suuria rakenteita, kuten tuulivoimaloita. Oheisissa kuvissa Kuva 4-20 (L.) ja Kuva 4-21 (L.) on näkymä Raippaluodon sillalta kohti tuulivoimapuistoa neljällä eri objektiivin polttovälillä. Ensimmäisessä kuvaparissa on 16 mm ja 50 mm objektiivit ja toisessa kuvaparissa 100 mm ja 400 mm objektiivit. Toisen kuvaparin 100 mm vastaa suurin piirtein silmän erottelutarkkuutta ja 400 mm objektiivi vastaa kahdeksan kertaa suurentavilla kiikareilla katsomista.

Kauempana saariston keskelle muodostuu myös näkymisen alueita yli 40 kilometrin etäisyydelle, mutta yleensä niissä voimaloista näkyy heikosti vain roottorin lapa ylimmässä kohdassa eikä maisemalliset vaikutukset näin kaukana ole merkittäviä. Jotta tuulivoimalat näkyisivät kokonaan niiden suuntaan tulisi näkyä horisontti. Kuvassa M (Liite 1) tuulivoimaloiden lapojen kärjet voivat näkyä heikosti puiden yläpuolella, mutta maisemallinen vaikutus on vähäinen.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 4-20. (L.) Havainnekuva Raippaluodon sillalta kohti tuulivoimapuistoa. Yläkuvan objektiivi 16 mm ja alakuvan 50 mm. Etäisyys lähimmästä tuulivoimalasta on 52 kilometriä. Nuolella on osoitettu hankkeen tuulivoimapuiston sijainti kuvassa.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 4-21. (L.) Havainnekuva Raippaluodon sillalta kohti tuulivoimapuistoa edellisen kuvan kohdalta. Yläkuvan objektiivi 100 mm ja alakuvan 400 mm. Etäisyys lähimmästä tuulivoimalasta on 52 kilometriä. Yläkuvan objektiivi vastaa suurin piirtein silmän erottelukykyä ja alakuvan objektiivi kahdeksan kertaa suurentavilla kiikareilla katsomista.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Virkistys ja matkailu

Maisemallisia vaikutuksia kohdistuu lähinnä avomerelle, saaristoon ja mantereen ranta-alueille ja niiden virkistykselle ja matkailulle. Avomeren ja saariston kalastukselle maisemalliset vaikutukset ovat vähäiset toiminnan luonteen takia. Veneilylle maisemalliset vaikutukset ovat vähäiset saaristossa, rannikolla kohtalaiset, mutta avomerellä maisemalliset vaikutukset ovat voimakkaat tuulivoimapuiston sisällä tai sen lähettyvillä kuvien O. (Kuva 4-14) ja P. (liitteessä 1) mukaisesti. Saariston luontomatkailun kannalta luonnonmaisema muuttuu tuulivoimapuiston puoleisilla rannoilla nykyistä rakennetummaksi. Saariston luontomatkailulle maisemalliset vaikutukset ovat kuitenkin vähäiset etäisyyden ja kasvillisuuden peittävän vaikutuksen takia.

Rantojen yleiselle virkistyskäytölle uimarannoilla ja nuotiopaikoilla maisemalliset vaikutukset muodostuvat pääosin näkymäyhteyden etäisyyden mukaisesti. Pietarsaaren edustalla olevalle Lillsandin ja Storsandin uimarannoille 29 kilometrin etäisyydeltä maisemalliset vaikutukset ovat kohtalaiset (kuvat E. (liitteessä 1) ja F. (Kuva 4-17). Kokkolan Punakallion alueelle maisemalliset vaikutukset ovat vähäiset 48 kilometrin etäisyydellä kuvan Q. (liite 1) mukaisesti. Uimarantojen virkistyskäytön maisemallisia vaikutuksia voimistaa niiden käyttöön liittyvä selkeä ja aurinkoinen sää.

Yhteenveto

Maisemalliset vaikutukset ovat voimakkaimmat merituulivoimapuiston sisällä tai sen lähettyvillä. Maisemalliset vaikutukset vähenevät etäisyyden kasvaessa. Maisemalliset vaikutukset ovat kohtalaisia lähimpien saarten merituulivoimapuiston puoleisille rannoille ja niiden rakennuspaikoille noin 25 kilometrin etäisyydelle. Kohtalaisia maisemallisia vaikutuksia kohdistuu myös mantereen länsirannoille ja siellä oleville lähimmille asuin ja loma-asuinpaikoille sekä uimarannoille, joista avautuu esteetön näkymä tuulivoimapuistoon alle 30 kilometrin etäisyydeltä. Muille kohteille maisemalliset vaikutukset ovat vähäiset.

Maisemalliset vaikutukset arvokohteisiin

Merituulivoimapuistoa lähimpänä sijaitsee **valtakunnallisesti arvokas maisema-alue** Merenkurkun saaristomaisemat. Näistä Jöusanin, Svartörarnan ja Stubbenin alueeseen sekä Mikkelinsaariin on 22 kilometriä. Alue kuvastaa monipuolisesti Merenkurkun saariston maankohoamismaisemaa ainutlaatuisine luontokohteineen, kalastuselinkeinon maisemineen sekä merenkulun historiaan liittyvine rakenteineen.

Tuulivoimapuisto näkyy näistä kohteista pohjoisen suuntaan katsottaessa. Tuulivoimapuistosta on näkymäyhteys saarten pohjoisrannoille ja alueen avoimille selänteille. Saarten kasvillisuus peittää tehokkaasti näkymäyhteyden tuulivoimapuistoon saarten sisäosista ja etelärannoilta sekä saarten eteläpuolisilta vesialueilta.

Björköbyn saariston kulttuurimaiseman Valassaariin ja Märaskäretin saariin Mustasaaressa on lähimmillään etäisyyttä 31 kilometriä. Björköby on ehyenä säilynyt Merenkurkun saaristokylä, jonka arvotekijöitä ovat Merenkurkun saariston geomorfologia, Björköbyn aktiivinen maatalous- ja kalastajakylä hyvin säilyneine rakennettuine kulttuuriympäristöineen sekä Valassaarten majakka ympäristöineen.

Tuulivoimapuistosta ei ole näkymäyhteyttä Björköbyn kylälle, joka sijaitsee saaren keskiosissa. Tuulivoimapuisto näkyy saarten pohjoisrannalle sekä Lappörarnan länsipuoleisille selänteille. Suurin osa Valassaarten pienistä saarista ja luodoista on puuttomia, jolloin tuulivoimapuiston näkymiselle ei muodostu katvealueita. Valassaarten majakan alue on sen sijaan Storkärin saaren metsikön aiheuttaman näkymisen katvealueella. Valassaarten majakka on 36 metriä korkea, joten sen huipulta on esteetön näkymä metsän yli kohti merituulivoimapuistoa. Majakka on suojeltu ja yleisöllä ei ole pääsyä majakan huipulle.

Tuulivoimapuiston rajattu näkyminen ja suuri etäisyys vähentävät sen maisemallista vaikutusta Merenkurkun saaristomaisemiin ja Björköbyn kulttuurimaisemaan. Samalla alueen inventoidut maisemalliset ja kulttuurihistorialliset arvot osaltaan lisäävät kuitenkin alueen maiseman

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

muutosherkkyyttä. Tämän takia tuulivoimapuiston maisemalliset vaikutukset ovat kohtalaiset näille kohteille.

Valtakunnallisesti arvokasta rakennusperintöä on lähimpänä noin 23 kilometrin päässä merituulivoimapuistosta sijaitsevat Öuranin kalasatama ja Stubbenin majakkayhdyskunta. Öuranin kalasatama rakennuksineen sijaitsee saaren suojaisemmalla itäpuolella, joka on samalla pääosin tuulivoimapuiston näkymisen katvealuetta. Muutamasta eteläisimmästä rakennuksesta on näkymäyhteys tuulivoimapuistoon. Tuulivoimapuisto näkyy saaren länsipuolelle kuvan A. (Kuva 4-25) mukaisesti. Stubbenin majakkayhdyskunta sijaitsee pohjoisemman Lillskäretin saaren suojaisella etelään avautuvan sataman yhteydessä. Satamasta tai yhdyskunnan rakennuksista ei näy tuulivoimapuistoa. Majakan ympärillä on avonaista maisemaa, josta muodostuu myös näkymäyhteys tuulivoimapuistoon (kuva I., liite 1). Vähäisen näkyvyyden ja pitkän etäisyyden takia maisemalliset vaikutukset ovat näihin kohteisiin vähäiset.

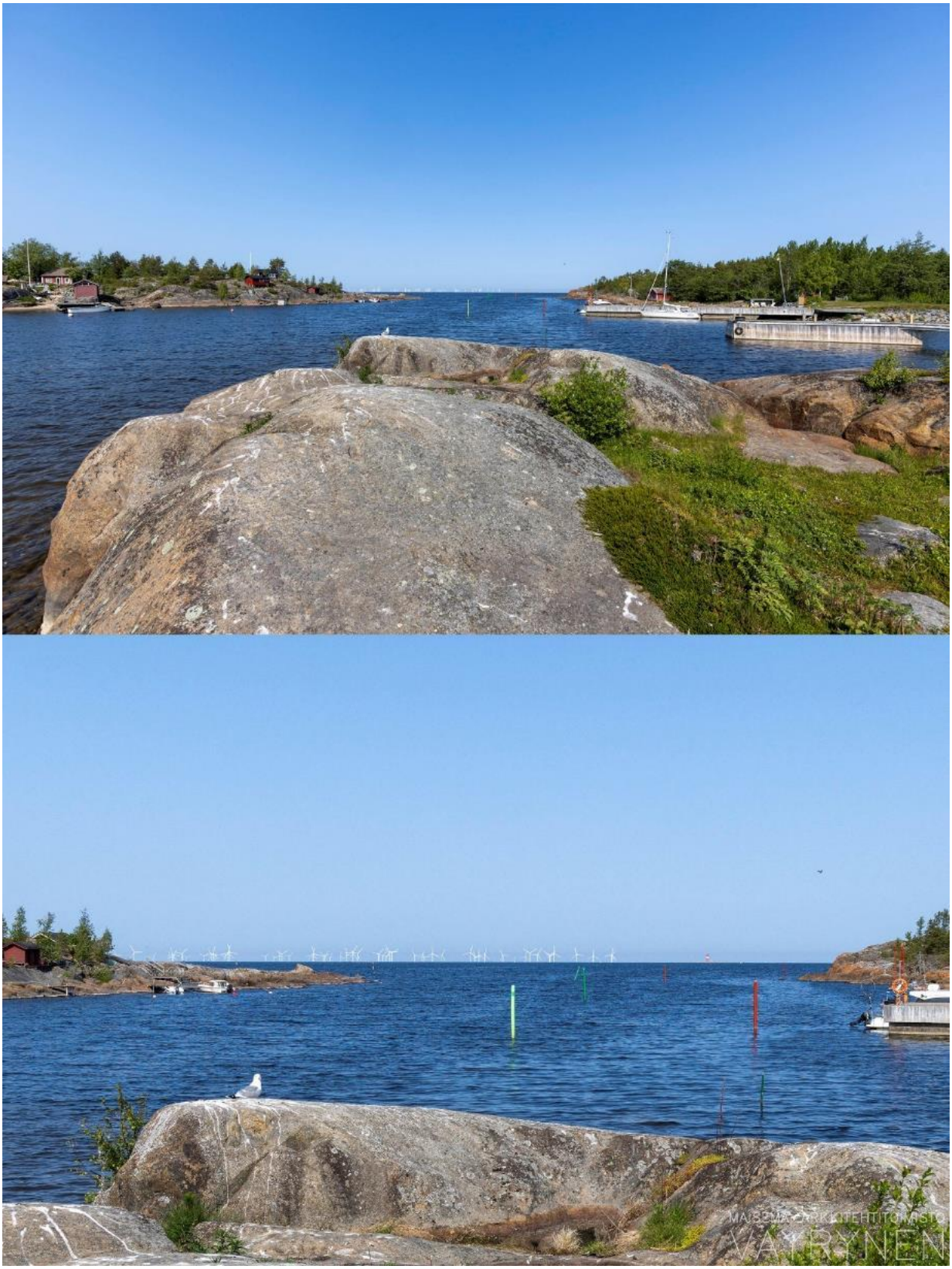
Seuraavaksi lähimpänä on Socklothällanin majakka- ja luotsiyhdyskunta noin 25 kilometrin etäisyydellä merituulivoimapuistosta. Avonaisesta kalliosaaresta näkyy laajasti tuulivoimapuisto ja lähes kaikista rakennuksista on myös näkymäyhteys merituulivoimapuistoon. Saaren pohjoisosassa oleva metsäsaareke ei muodosta katvealueitta yhdyskunnan suuntaan (kuva G., liite 1). Pitkän etäisyyden johdosta maisemalliset vaikutukset ovat kohtalaiset

Mässkärin majakka- ja luotsiyhdyskunta sijaitsee 27 kilometrin etäisyydellä merituulivoimapuistosta. Mässkarin kallioinen saari on pyöreä, jonka keskellä sijaitsee suojainen satama-allas, minkä ympärille yhdyskunta sijoittuu. Tuulivoimapuisto näkyy Mässkärin länsirannalla sijaitseviin rakennuksiin sekä avointa sataman saapumisväylää pitkin saaren keskiosan laaksomuodostelmaan kuvan B. (Kuva 4-22) mukaisesti. Pitkän etäisyyden johdosta maisemalliset vaikutukset ovat kohtalaiset

Tuulivoimapuisto näkyy Tankarin majakka- ja luotsiyhdyskunnan alueelle noin 36 kilometrin etäisyydelle. Yhdyskunta sijoittuu pääosin näkymisen katvealueelle saaren itäpuolelle. Voimalat näkyvät myös Oravaisten taistelutantereelle 52 kilometrin etäisyydeltä kapeilta sektoreilta saarten välistä (kuva K., liite 1). Raippaluodon satamasta voi koillisen suuntaan avautua kahdesta kohtaa näkymäsektori voimaloiden suuntaan 48 kilometrin etäisyydeltä. Vähäisen näkyvyyden ja pitkän etäisyyden takia maisemalliset vaikutukset ovat vähäiset näille kohteille. Muille valtakunnallisesti arvokkaille kohteille maisemalliset vaikutukset ovat vähäiset pitkän etäisyyden tai vähäisen näkyvyyden takia.

Rakennusperintörekisteriin merkityille suojelluille kohteille ei muodostu maisemallisia vaikutuksia hankkeesta.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 4-22. (B.) Havainnekuva Mässkarista kohti tuulivoimapuistoa. Yläkuvan objektiivi 16 mm ja alakuvan 50 mm. Etäisyys lähimmästä tuulivoimalasta on 27 kilometriä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Maakuntakaavoihin merkittyä arvokasta maisemaa tai kulttuuriympäristöä on lähimpänä Västerbyn 28 kilometrin etäisyydellä sekä Finnas ja Grisselörenin kalasatama ja mökkiasutus 29 kilometrin etäisyydellä merituulivoimapuistosta. Näistä Grisselörenin kalasataman satama-altaaseen ja laitureille hankkeen tuulivoimalat näkyvät. Pitkän etäisyyden ja heikon näkemäyhteyden takia maisemalliset vaikutukset ovat vähäiset.

Fäbodaan yli 30 kilometrin etäisyydelle tuulivoimapuiston pohjoisosasta on näkymäyhteys Fäbovikenin itäpuolella olevalle ranta-alueelle sekä siellä avonaisilla kallioilla sijaitseville loma-asuinpaikoille. Muualle merituulivoimapuistosta ei ole näkymäyhteyttä. Maisemalliset vaikutukset ovat kohtalaiset ranta-alueella, mutta kokonaisuudessaan vähäiset.

Valassarten aluerajauksen koillisosan merialueelta ja avoimilta luodoilta on näkymäyhteys yli 32 kilometrin etäisyydeltä tuulivoimapuistoon sen eteläkärjen suunnasta, jolloin tuulivoimapuisto näyttää kapeammalta. Pitkän etäisyyden ja rajatun näkyvyyden takia maisemalliset vaikutukset ovat vähäiset.

Kokkolan-Kälviän ulkosaaristoon tuulivoimapuisto näkyy lähimmillään 32 kilometrin etäisyydeltä. Maisemalliset vaikutukset painottuvat alueen länsiosiin, joissa näkyvyyttä peittää länsipuoleinen saaristo. Kokkolan pohjoispuolella olevan selänteen yli voimalat näkyvät laajasti ranta-alueille kuvan Q (liite 1) mukaisesti. Tuulivoimaloista näkyy kuitenkin vain lapojen yläosa ja etäisyyttä tulee lähes 50 kilometriä. Tämän takia maisemalliset vaikutukset ovat vähäiset.

Yhteenveto

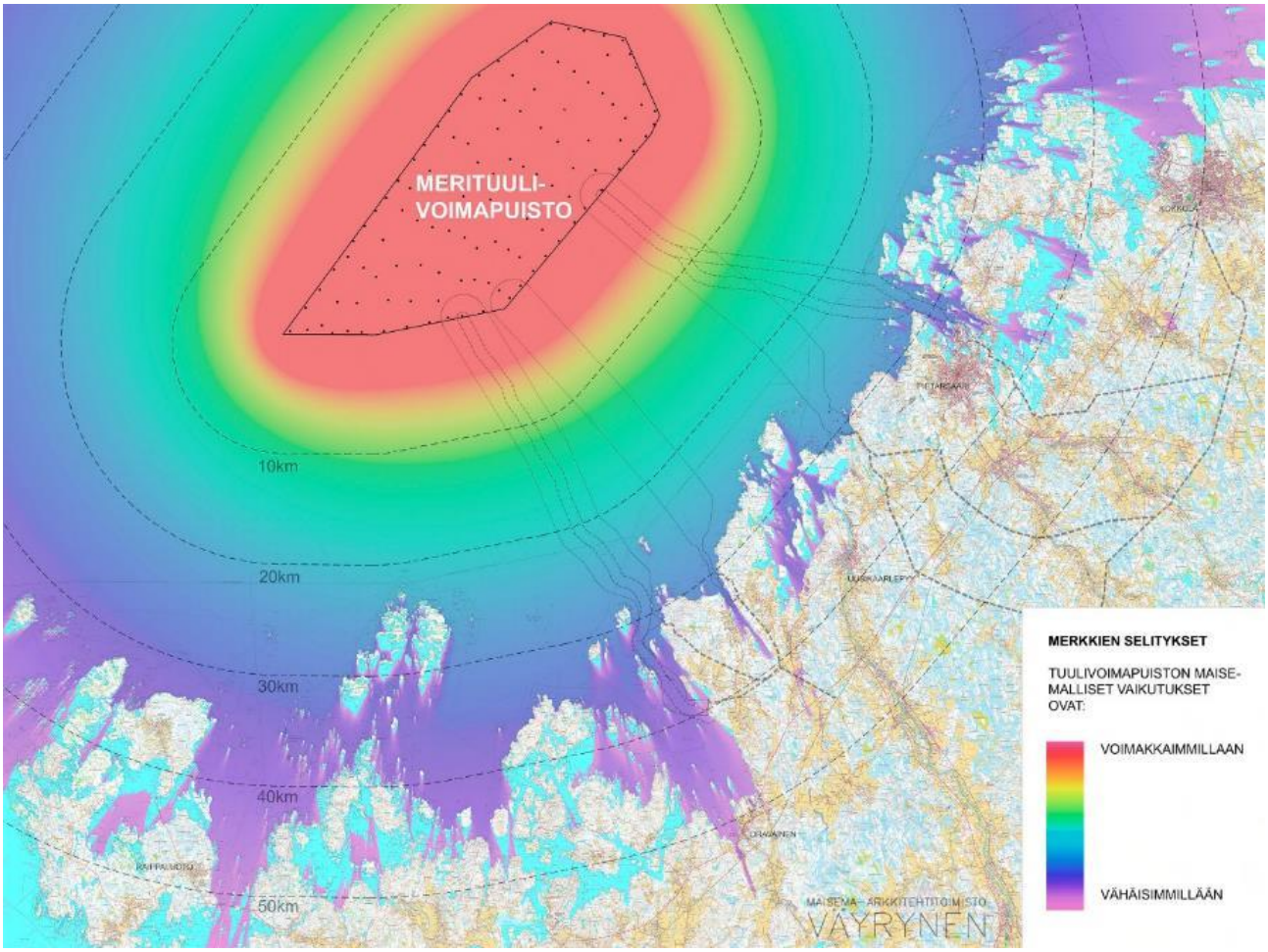
Valtakunnallisesti arvokkaille maisema-alueille Merenkurkun saaristomaisemiin ja Björköbyn kulttuurimaisemaan merituulivoimapuiston maisemalliset vaikutukset ovat kohtalaisia. Valtakunnallisesti arvokkaalle rakennusperinnöille Socklothällanin ja Mässkärin majakka- ja luotsiyhdyskunnille merituulivoimapuiston maisemalliset vaikutukset ovat myös kohtalaisia. Muille inventoiduille arvokohteille maisemalliset vaikutukset ovat vähäiset.

Vaihtoehtotarkastelu

Hankevaihtoehdoissa tuulivoimaloiden maksimimitat ovat samat, mutta niiden lukumäärä ja sijainti tuulivoimapuiston sisällä poikkeaa toisistaan. Vaihtoehdossa VE1 on 150 tuulivoimalaa ja vaihtoehdossa VE2 113 tuulivoimalaa, jolloin lukumääräinen suhde on neljän suhde kolmeen. Vaihtoehdossa VE2 tuulivoimalat ovat aavistuksen enemmän jonossa mantereen suhteen kuin vaihtoehdossa VE1.

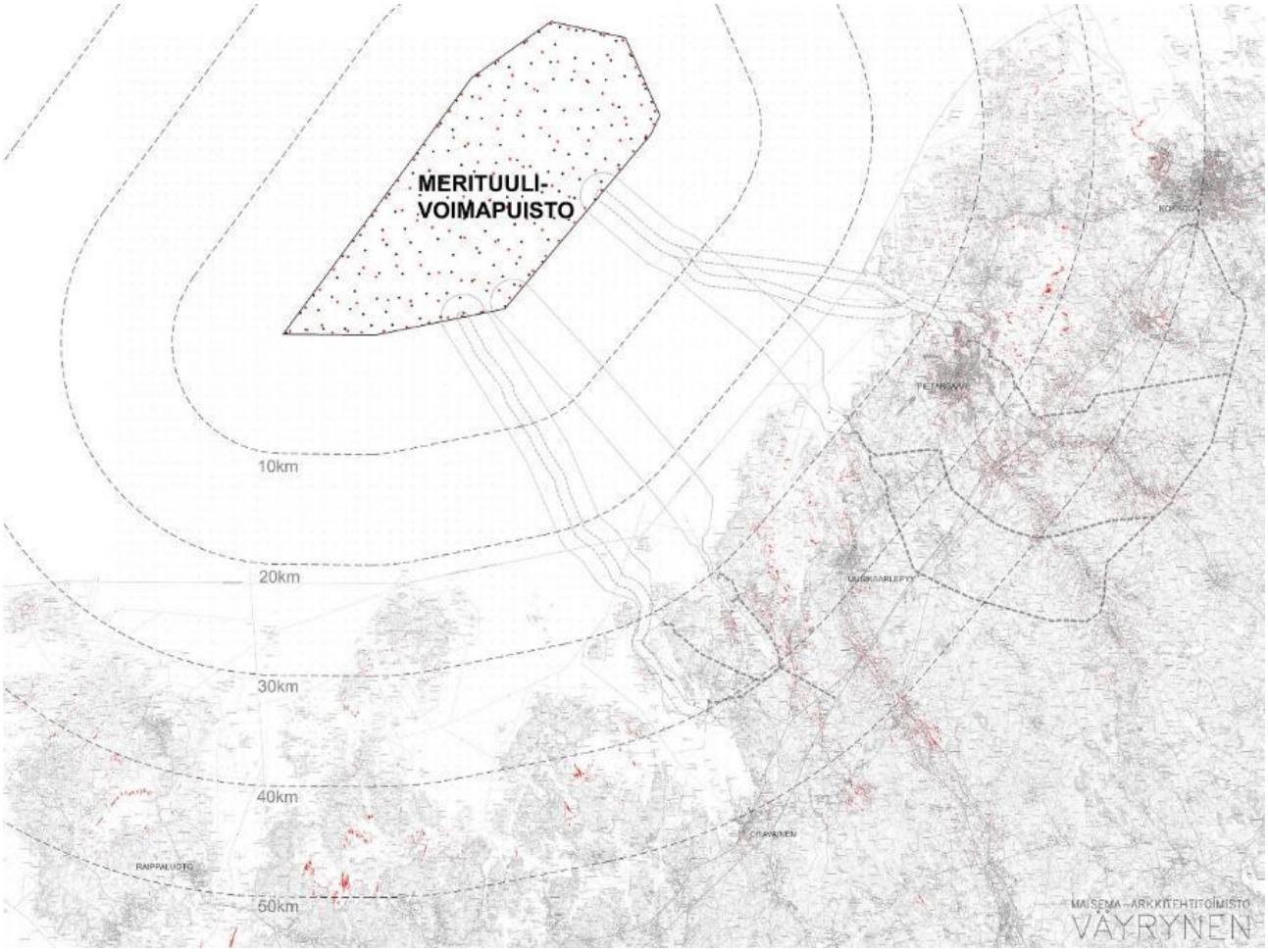
Näkymäalueanalyysissä pienempi tuulivoimaloiden lukumäärä vaihtoehdossa VE2 heijastuu jonkin verran tuulivoimalan lähiympäristöön vähäisenä laskennallisena intensiteetin vähentymisenä verrattuna vaihtoehtoon VE1 (Kuva 4-23). Näkymäalueissa on vain vähäisiä eroja lähinnä reunimmaisten tuulivoimaloiden erilaisen sijoittumisen takia. Eroja muodostuu lähinnä näkymisen katvealueiden reunoille, joissa vaihtoehtojen välillä on pieniä eroja liittyen voimaloiden eri sijainteihin kuvan *(*Kuva 4-24*)* mukaisesti.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 4-23. Näkymäalueanalyysi *vaihtoehdosta VE2. Voimalat näkyvät väreillä merkityille alueille. Voimaloiden maisemallinen vaikutus on suurin punaisella merkityllä alueilla ja vähenee kohti violettia väriä spektrin värijärjestyksessä. Analyysissä on huomioitu etäisyys tuulivoimaloista ja näkyvien tuulivoimaloiden lukumäärä.*

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 4-24. Kuvassa on punaisella osoitettu VE1 ja VE2 näkymäalueanalyysien näkymisen alueiden välinen eroavaisuus.

Merituulivoimapuiston alueraja on kummassakin vaihtoehdossa sama, joten vaihtoehtojen tuulivoimapuistot näyttävät kummatkin samankokoisilta ulkopuolelta katsottaessa. Keskenään havainnekuvia vertailtaessa voi olla heikosti havaittavissa lukumäärällinen ero neljän suhde kolmeen, mutta käytännössä näin pienellä erolla ei ole merkittäviä maisemallisia vaikutuksia.

Vaihtoehdossa VE2 voimalat ovat enemmän jonossa rannikon suuntaan, mikä voi aiheuttaa voimaloiden selvempää ryhmittymistä rannalla olevan katsojan suuntaan. Eri suunnista laadituissa havainnekuvissa A., (Kuva 4-25) G. (Kuva 4-26) ja J. (Kuva 4-27) ei kuitenkaan ole havaittavissa selkeitä eroja vaihtoehtojen kesken. Tuulivoimalat sijoittuvat sattumanvaraisesti, jolloin voi muodostuu myös tiiviimpiä rykelmiä ja vastaavasti aukkokohtia. Ainoastaan Stoklothällenin kohdalta tehdystä havainnekuvasta voi erottaa voimaloiden lievää jonomaista ryhmittymistä vaihtoehdossa VE2. Havainnekuvasta erottuu selvemmin yksi jonomuodostelma ja sen vieressä vastaava aukko. Katsojaa kohti suuntautuva jono voi olla havaittavissa, mutta perspektiivin takia muita jonomuodostelmia on vaikeampi havaita yhdestä katsomispisteestä niiden suuntautuessa sivulle kuvan G. (Kuva 4-26) mukaisesti.

Vaihtoehtojen VE1 ja VE2 maisemallisten vaikutusten erot ovat vähäiset. Merikaapeleista tai vedyn siirtoon rakennetuista vetyputkista ei merellisissä osuuksissa muodostu maisemallisia vaikutuksia, koske ne kulkevat merenpohjaa pitkin eivätkä ne ole maisemassa havaittavissa. Rantautumiskohdassa maisemallisia vaikutuksia muodostuu pääosin maakaapelin/vetyputken tarvitsemasta puuttomasta vyöhykkeestä. Kaapeleista ilmajohtoihin siirtyminen tarvitsee laajan sähköaseman muuntamoineen. Ne ovat kuitenkin rakenteina matalia, jolloin niiden maisemalliset

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

vaikutukset ovat paikallisia ja rajoittuvat usein sähköaseman alueelle. Vetyputki päättyy vetyvarastoon, jonka korkeus on alle 20 metriä, jolloin se ei nouse metsänrajan yläpuolelle ja maisemalliset vaikutukset ovat yleensä paikalliset. Maiseman kannalta vaihtoehdoissa ei ole eroja.



Kuva 4-25. (A.) Havainnekuva Söderskatanista Ouranin kalasataman vierestä kohti tuulivoimapuistoa. Kuvien objektiivi on 50 mm. Etäisyys lähimmästä tuulivoimalasta on 25 kilometriä. Yläkuvassa vaihtoehto VE1 ja alakuvassa VE2.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 4-26. (G.) Havainnekuva Stoklothällenin vierestä kohti tuulivoimapuistoa. Kuvien objektiivi on 50 mm. Etäisyys lähimmästä tuulivoimalasta on 26 kilometriä. Yläkuvassa vaihtoehto VE1 ja alakuvassa VE2.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 4-27. (J.) Havainnekuva Mikkelinsaarten luontoasemalta kohti tuulivoimapuistoa. Kuvien objektiivi on 50 mm. Etäisyys lähimmästä tuulivoimalasta on 25 kilometriä. Yläkuvassa vaihtoehto VE1 ja alakuvassa VE2.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

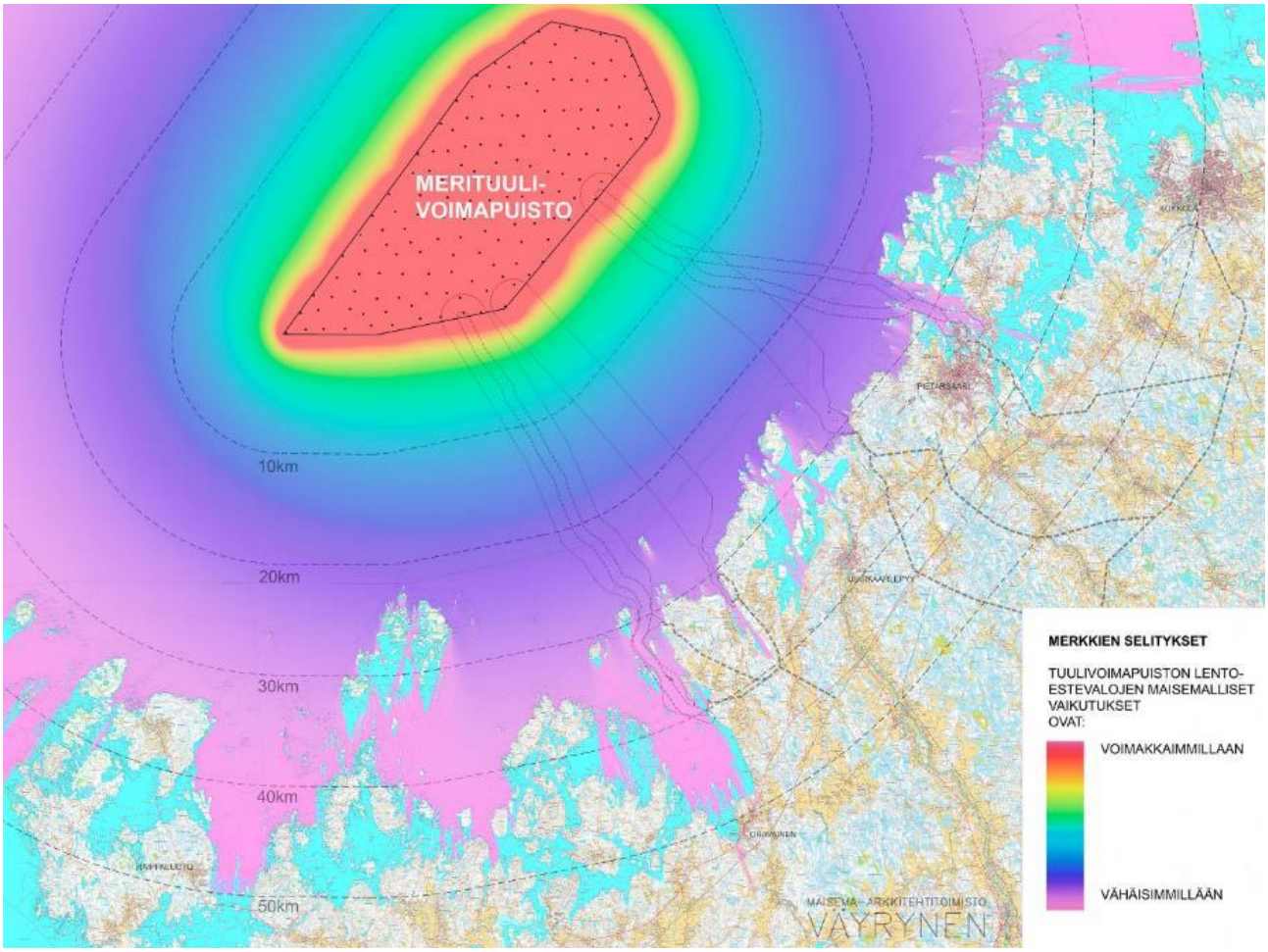
Lentoestevalot

Pimeällä vuorokauden- ja vuodenajalla maisemalliset vaikutukset muodostuvat tuulivoimaloiden lentoestevaloista. Niiden lopullisen määrän, asennuskorkeuden, toiminnan ja voimakkuuden määrittää Liikenne- ja viestintävirasto Traficom. Todennäköisesti voimalan napakorkeudelle asetetaan päiväsaikaan vilkkuva valkoinen tai punainen valo ja yöllä tasaisesti palava himmeämpi punainen valo. Talvella valot näkyvät kauaksi, koska näkyvyyttä rajoittava ilmankosteus on pakkasten aikaan alhainen. Päivänvalossa käytettävät valot erottuvat kauempaa katsottuna heikosti. Ympäröivän valon vähentyessä valot erottuvat yhä selvemmin. Pimeässä voimaloista ei ole havaittavissa muuta kuin valot. Voimaloiden läheisyydessä valojen näkyvyysalue on pääosin samanlainen kuin roottoreilla, mutta alemman korkeuden takia näkyvyys kauemmaksi vähenee voimakkaammin saariston ja mantereen puuston peitteisyyden takia. Lentoestevalot voivat myös heijastua lähialueille matalalla olevasta pilviverhosta. Valojen havaittuun vilkkumiseen vaikuttaa myös vähäisessä määrin roottorinlapojen aiheuttama hetkellinen valon himmeneminen tai sammuminen, kun lapa kulkee valon edestä.

Pimeimpään vuoden- ja vuorokaudenaikaan lentoestevalojen havainnointiin vaikuttaa myös lähialueiden valaistus, johon vaikuttavat mm. taajamien, asutuspaikkojen ja teiden valaistus. Hankkeen tuulivoimapuiston valot näkyvät tuulivoimaloiden tavoin lähialueiden avoimen meren ja merenlahtien yli kuvan (Kuva 4-28) mukaisesti. Hankkeen lentoestevalojen maisemalliset vaikutukset ovat samansuuntaiset kuin tuulivoimaloilla. Valot näkyvät parhaimmillaan noin 50 kilometrin etäisyydelle merellä maapallon kaarevuuden takia. Havainnekuvissa Kuva 4-29(F.) ja Kuva 4-30(J.) erottuu lentoestevalojen näkyminen Lillsandin uimarannalle ja Mikkelinsaarelle pimeän aikaan. Merituulivoimapuisto näyttää pimeän aikaan valojen osalta samanlaiselta saaristoon ja ranta-alueille riippumatta havaintosuunnasta, koska etäisyyden ovat samankaltaisia. Yleisesti lentoestevalojen maisemalliset vaikutukset ovat vähäisemmät kuin päivisin erottuva roottorin lapojen pyörivä liike.

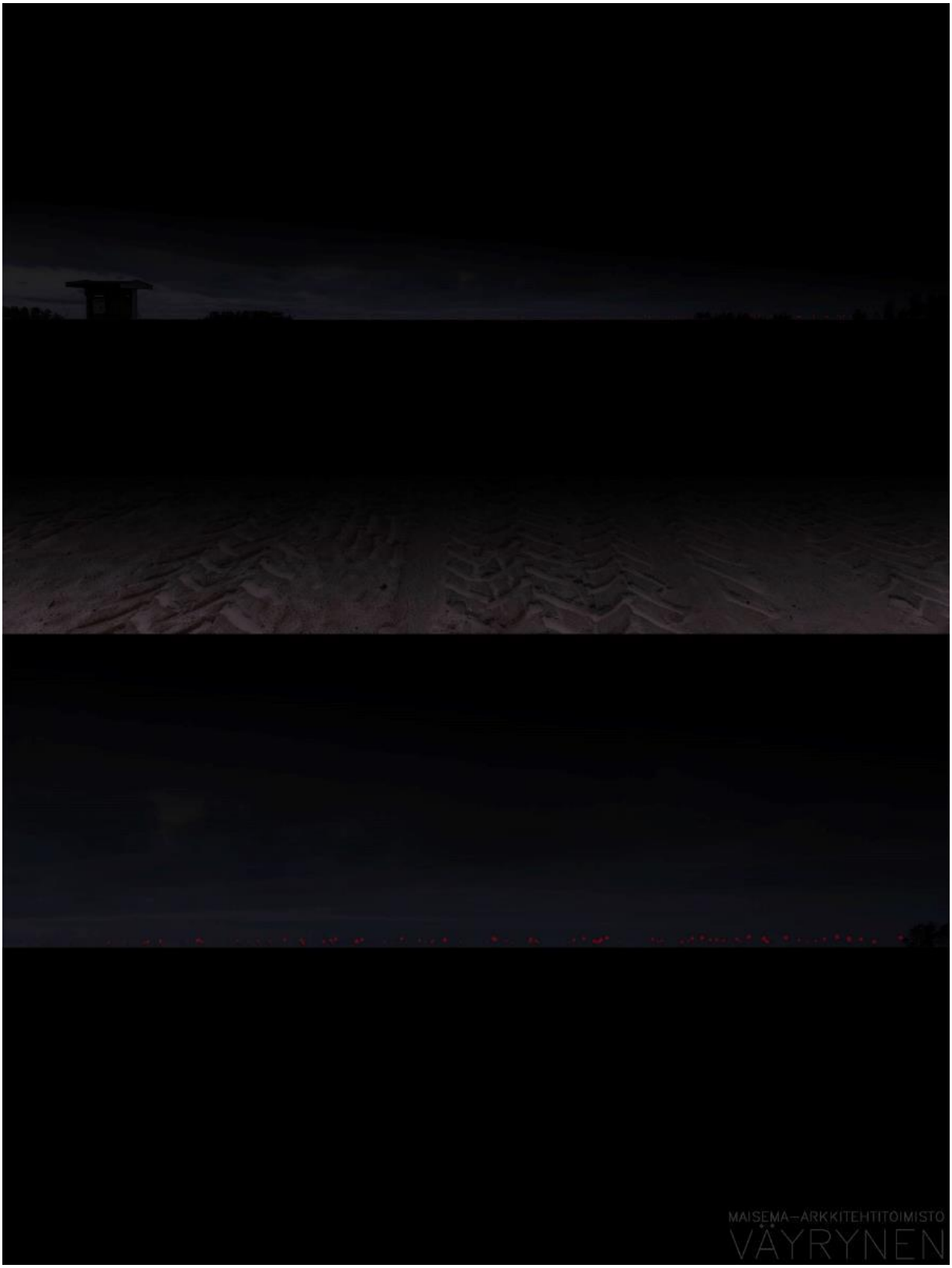
Ilmailulaki (864/2014) on 1.1.2025 voimaan tulleella lakimuutoksella laajennettu koskevan myös Suomen talousvyöhykkeelle rakennettavia merituulivoimaloita. Tarkat merkitsemiskäytännöt varmistetaan jatkosuunnittelussa ja luvituksessa yhteistyössä viranomaisen kanssa sekä noudattaen sen hetkistä lainsäädäntöä sekä kansainvälisiä standardeja.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



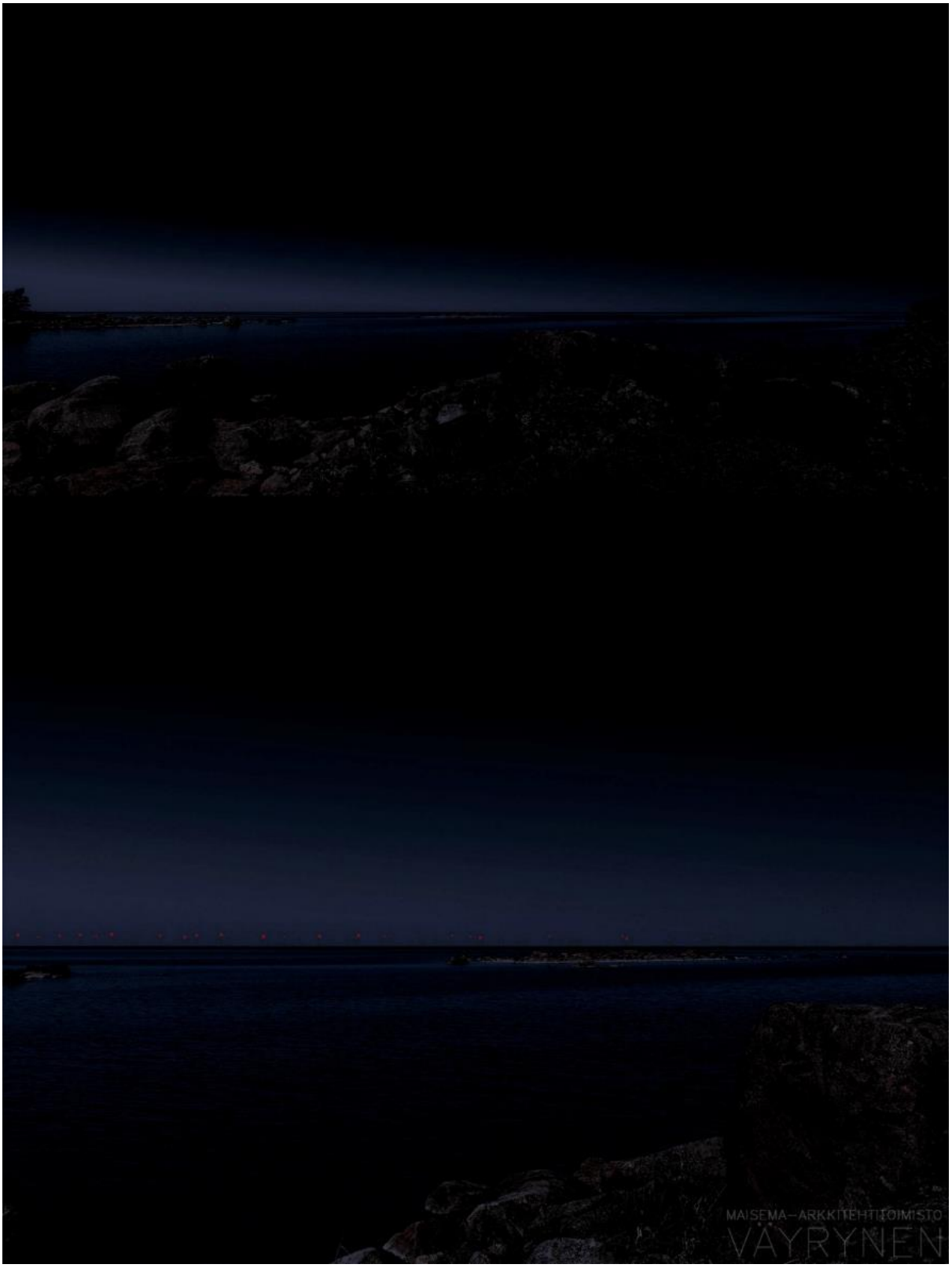
Kuva 4-28. Näkymäalueanalyysi vaihtoehdon VE1 lentoestevaloista. Valot näkyvät väreillä merkityille alueille. Lentoestevalojen maisemallinen vaikutus on suurin punaisella merkityllä alueilla ja vähenee kohti violettia väriä spektrin värijärjestyksessä. Analyysissä on huomioitu etäisyys tuulivoimaloista ja näkyvien lentoestevalojen lukumäärä. Analyysin maisemallisten vaikutusten voimakkuus ei ole verrannollinen tuulivoimapuiston tuulivoimaloiden analyysiin.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 4-29. (F.) Havainnekuva Lillsandin rannasta kohti tuulivoimapuistoa pimeän aikaan. Yläkuvan objektiivi 16 mm ja alakuvan 50 mm. Etäisyys lähimmästä tuulivoimalasta on 29 kilometriä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 4-30. (J.) Havainnekuva Mikkelinsaarten luontoasemalta kohti tuulivoimapuistoa pimeän aikaan. Yläkuvan objektiivi 16 mm ja alakuvan 50 mm. Etäisyys lähimmästä tuulivoimalasta on 25 kilometriä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

4.3.3.4 Muinaisjäännökset ja vedenalainen kulttuuriperintö

Tunnetut hylyt sekä merituulivoimapuiston sisällä että energiansiirtoreittien varrella pyritään suunnittelussa huomioimaan siten, ettei niiden alueelle sijoiteta hankkeen toimintoja ja näin ollen hankkeen toimintavaiheella ei arvioitu olevan suoria tai välillisiä vaikutuksia kohteisiin. Merituulivoimala ei aiheuta toimintavaiheessa merenpohjan häiriötä, kuten ei myöskään merikaapeli tai vetyputki. Huoltotöiden yhteydessä hylkykohteet huomioidaan siten, ettei niihin kajota.

4.3.3.5 IUCN oppaan mukainen arviointi Merenkurkun maailmanperintöalueesta

Seuraavassa on arvioitu hankkeen vaikutuksia ”Guidance and Toolkit for Impact Assessment in a World Heritage Context” (*2022*) -oppaan mukaisesti huomioimalla 6 pääkysymystä sekä lisäksi Laineen hankkeelle relevantit kysymykset, jotka on esitetty luvussa 4.1.3.

Merenkurkun maailmanperintökohteen alue sijaitsee lähimmillään 18 kilometrin etäisyydellä merituulivoimapuistosta. UNESCO:n maailmanperintökohteeksi valitun Merenkurkun saariston laakean maiseman perustan muodostavat 1 880–1 270 miljoonaa vuotta vanhan vuorijonon juuret, jotka eroosio ja sedimentaatio ovat kuluttaneet esiin.

Merenkurkun saaristo on suojeltu harvinaisen luontonsa takia, mikä mahdollistaa luonnon ainutlaatuisten elinympäristöjen ja tärkeimpien ekosysteemien säilyttämisen. Saaristossa on nopean maankohoamisen, matalien ja karikkoisten merenlahtien ja De Geer-moreenikenttien vuoksi omaleimainen ympäristö. Merenkurkun saaristossa on vakinaista asutusta, kesäasutusta, matkailua, kalasatamia ja nähtävyyksiä. Ulkosaarille ei kulje säännöllistä lauttaliikennettä, mutta alueella on muutamia yrittäjiä, jotka tarjoavat kesäristeilyjä maailmanperintöalueelle.

Suomessa Pohjanmaalla maisema on matala ja tasainen, kun Ruotsissa taas maisema on korkea ja teräväpiirteinen. Maastonmuotojen ollessa matalia maisema on yleensä pienimuotoisempi ja peitteisempi. Korkeilla maastonmuodoilla avautuu laajoja maisemia ympäröivien elementtien yli. Esimerkiksi Raippaluodon korkealta sillalta avautuu moneen ilmansuuntaan laaja maisema horisonttiin asti, kun taas sen kohdalta merenpinnasta tai rannalta avautuu vain kapeita sektoreita, joista näkyy avomerelle horisonttiin asti (Kuva 4-20 (L.) ja Kuva 4-21 (L.).

Hankkeella on vaikutusta alueen pohjoisosien maisemaan, jossa tuulivoimapuisto erottuu sopivalla säällä koillisen suuntaan katsottaessa. Ihmisen kokema avoin merimaisema muuttuu tuulivoimapuiston suuntaan rakennetummaksi. Etäisyyden kasvaessa väliin jäävät puustoiset saaret katkaisevat tai heikentävät näkymäyhteyttä tehokkaasti kuvan M. (liite 1) mukaisesti. Myös pelkkä etäisyyden kasvattaminen vähentää maisemallisia vaikutuksia kuvien Kuva 4-20 (L.) ja Kuva 4-21 (L.) mukaisesti, vaikka näkymäyhteys muuten olisi esteetön.

Maisemalliset vaikutukset kohdistuvatkin pääosin Mikkelinsaarten alueelle, joka sijaitsee lähimpänä tuulivoimapuistoa. Tuulivoimalat erottuvat saarten pohjoisrannoilta ja avomereltä pohjoisen suuntaan kuvan Kuva 4-16 (J.) mukaisesti. Suurin osa saaristoa on kasvillisuuden aiheuttaman näkymisen katvealueella. Saarten itä- ja länsipuoleisilta merialueilta on esteetön näkymä tuulivoimapuistoon. Merituulivoimapuisto näkyykin hyvin Björkbyn, Lappörarnan ja Valassaarten pohjoispuoleisilta merialueilta hyvissä olosuhteissa (Kuva 4-19 (N.)). Maisemalliset vaikutukset ovatkin kohtalaiset maailmanperintökohteen avoimilla pohjoisosan merialueilla ja Mikkelinsaarten pohjoisimpien saarten pohjoisrannoilla. Näillä alueilla luonnonmaisema muuttuu pohjoisen suuntaan rakennetummaksi.

Maankohoamisrannikko on Merenkurkussa pienipiirteistä pääosin paikallisten, matalien ja karikkoisten merenlahtien ja De Geer-moreenikenttien luomaa omaleimaista ympäristöä. Avoimet laajat merenselänteet maisemineen eivät edusta maailmanperintökohteen omaleimaisia arvoja. Tämän takia hankkeella on kohtalaisia maisemallisia vaikutuksia Merenkurkun maailmanperintöalueen pohjoisosan avomeren luonnonmaisemalle, mutta vähäisiä maisemallisia vaikutuksia maailmanperintöalueen suojelluille arvoille. Avoin maisema ei ole osa yleismaailmallisia arvoja, mutta se on taas merelliselle maisemalle luonteenomainen, minkä vuoksi sitä voidaan pitää yhtenä

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

arvona merellisessä maailmanperintökohteessa; hankkeen ei arvioida heikentävän yleismaailmallisia arvoja merkittävästi, mutta hankkeella on merkittävä vaikutus laajempaan maisemaan.

Alueen erityiset yleismaailmalliset arvot (ns. OUV) liittyvät ensisijaisesti huomattavan nopeaan jääkauden jälkeiseen maankohoamisen ilmiöön ja lisäksi monipuoliseen luonnonmaisemaan. Laineen merituulivoimapuiston hankkeen etäisyys Merenkurkun maailmanperintöalueeseen on noin 18 km ja suhteellisen pitkän etäisyyden vuoksi hanke näkyy vain kaukomaisemassa, eikä hankkeen arvioida merkittävästi heikentävän UNESCO-alueen erityisiä yleismaailmallisia arvoja. On kuitenkin otettava huomioon, että lyhimmillään etäisyys ei ole pitkä, kun näkyvyys alueella on 39 km. Siksi voidaankin arvioida, että paikallisesti hankkeella on vaikutusta niissä katselukohdissa, joissa maailmanperintöalue on lähimpänä tuulivoimaloiden sijaintialuetta.

Laineen merituulivoimahanke tai siihen liittyvät toiminnot eivät esimerkiksi heikennä maankohoamisen ilmiötä suoraan tai välillisesti, eikä vaikuta merkittävästi heikentävästi luonnonmaisemaan pitkän etäisyyden ansiosta. Myöskään toisinpäin ei vaikutusta ole havaittavissa, eli maankohoaminen ei tule vaikuttamaan merituulivoimaloiden tai muiden hankkeen rakenteiden toimintaan, sillä sekä merenpinnan vaihtelut että alueen erityispiirre, eli maankohoaminen, tullaan huomioimaan suunnittelussa ja perustusten korkeusasemat suunnitellaan kestämään ympäristössä tapahtuvia luontaisia ilmiöitä koko hankkeen elinkaaren ajan.

Merituulivoimapuistolla voidaan edistää siirtymää vihreän energian käyttöön ja siten se osaltaan ehkäisee ilmastomuutosta. Ilmastonmuutoksen ehkäisy edelleen vaikuttaa merenpinnan kohoamisen hidastumiseen. Ilmaston muutoksen myötä merenpinnan nousu vaikuttaisi maan kohoamisen näkyviin vaikutuksiin rannikkomaisemassa vähentämällä joka vuosi merestä nousevan uuden maan pinta-alaa. Näin ollen hankkeella voidaan arvioida olevan osaltaan myönteisiä välillisiä vaikutuksia ilmastonmuutoksen torjunnan kautta UNESCO-alueen arvojen säilymiselle, kuten maankohoamisen ilmiölle.

Valassaarten majakan alue, joka sijoittuu Merenkurkun maailmanperintöalueen sisälle, on Storkärin saaren metsikön aiheuttaman näkymisen katvealueella. Valassaarten majakka on 36 metriä korkea, joten sen huipulta on esteetön näkymä metsän yli kohti merituulivoimapuistoa. Majakka on suojeltu ja yleisöllä ei ole pääsyä majakan huipulle. Majakasta koillisen suuntaan katsottaessa rajoittavat Laineen merituulivoimalat jonkin verran näkymiä, mutta eivät estä niitä kaukomaisemassa.

Vaihtoehtojen VE1 ja VE2 välillä ei ole merkittäviä eroja niiden vaikutuksissa maisemaan. Vaihtoehtojen maisemallisia vaikutuksia vähentävät pitkät etäisyydet saaristoon ja rannikkoon sekä merellisiin arvokohteisiin, kuten maailmanperintöalueeseen. Mikäli jatkosuunnitteluun valitaan isomman voimalamäärän hankevaihtoehto VE1, voidaan sillä arvioida olevan suurimmat myönteiset vaikutukset ilmastonmuutokseen ja sitä kautta myös välillisesti merenpinnan kohoamisen ehkäisylle ja edelleen maailmanperintöarvojen säilymiselle ja ylläpidolle.

Tuulivoimalat ovat kooltaan suuria, minkä takia haitallisten maisemallisten vaikutusten vähentämisen keinovalikoima on rajallinen. Istuttamalla suojapuustoa saadaan vähennettyä paikallisesti maisemallisia vaikutuksia muodostamalla näkymisen katvealueita esimerkiksi saaristokohteissa, mikäli puiden istuttaminen on mahdollista. Lentoestevalot ja niiden toiminta voidaan pitää säännösten sallimassa minimissä, ja lupamääräysten salliessa pyrkiä suuntaamaan valot niin, että niiden näkyvyys alaspäin olisi mahdollisimman pieni. Lentoestevalojen tarkempi suunnittelu tehdään yhteistyössä Traficomin kanssa.

Hankeen ei arvioida vaikuttavan heikentävästi alueella harjoitettavaan matkailuun tai maankohoamisen liittyvän opetuksen ja tutkimuksen järjestämiseen. Matkailua voi edelleen harjoittaa hankealueella sekä sen vaikutusalueella. Hanke ei vaikuta kielteisesti maankohoamisen ilmiöön, joten se ei heikennä alaan liittyvän opetuksen edellytyksiä tulevaisuudessa. Edellä mainitun lisäksi hankkeella ei arvioida olevan kielteisiä vaikutuksia sosiaalisten vaikutusten kautta ihmisten kokemukseen maailmanperintöalueen yleismaailmallisten arvojen säilymisestä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Laineen merituulivoimahankkeessa on tarjottu laajasti tietoa viranomaisille ja sidosryhmille sekä YVA-menettelyyn liittyvän virallisen että epävirallisen osallistamisen kautta. Hankkeen osallistamista on kuvattu tarkemmin Yleistiedot osan luvussa 3.5. Hankkeen YVA-menettelyn yhteydessä on järjestetty mm. ennakkoneuvotteluita ja seurantaryhmän kokouksia, joihin on kutsuttu mm. Museovirasto, Metsähallituksen UNESCO-edustaja sekä maailmanperintöneuvottelukunnan edustaja. Virallisen YVA-menettelyn kuulemiseen liittyy mm. lausuntopyynnöt kansallisilta UNESCO-viranomaisilta (kuten Museovirastolta sekä Metsähallitukselta). Hankkeesta vastaava jatkaa vuoropuhelua avainviranomaisten kanssa tulevien lupavaiheiden yhteydessä ja saatu palaute otetaan huomioon suunnittelussa.

Yhteisvaikutuksia muiden merialueen hankkeiden kanssa Merenkurkun maailmanperintöalueelle on arvioitu osana maisemallisten yhteisvaikutusten arviointia luvussa 4.4.

4.3.4 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset

Toiminnan loputtua merenpinnan yläpuoliset rakenteet puretaan, jolloin maisemalliset vaikutukset päättyvät. Merenpinnan alle jäävien rakenteiden osalta on mahdollista, ettei niitä kokonaisuudessaan pureta, jolloin myös vedenalaisen kulttuuriperinnön kohteille aiheutuvat vaikutukset jäisivät pienemmiksi, kuin tilanteessa, jossa kaikki vedenalaiset rakenteet täysimääräisesti purettaisiin ja aiheutuisi enemmän kiintoaineen leviämistä ympäristöön. Rakenteiden purkamisessa noudatetaan voimassa olevia lakeja sekä määräyksiä ja niiden soveltamisesta sovitaan yhteistyössä viranomaisten kanssa.

4.3.5 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

Vaihtoehdossa VE0 ei merituulivoimapuistoa rakenneta, joten muutosta nykytilaan ei muodostu, eikä sillä näin ollen ole maisemallisia vaikutuksia tai vaikutuksia muinaisjäännöksiin.

4.4 Yhteisvaikutukset

Merkittävimmät yhteisvaikutukset muodostuvat lähellä Ruotsin puolella sijaitsevan Kappan merituulivoimahankkeen kanssa sekä vähäisemmässä määrin Aurumin merituulivoimapuiston hankkeen kanssa. Kappan merituulivoimapuisto (*Njordr Offshore Wind AB 2022*) sijoittuu Laineen viereen sen länsipuolelle lähimmillään noin kilometrin etäisyydelle (Kuva 21-2). Kappan kapean merituulivoimapuiston eteläreuna sijoittuu samalla tasolle Laineen kanssa ja pohjoiskärki ulottuu muutaman tuulivoimalan verran Lainetta pohjoisemmaksi. Kappan merituulivoimapuisto sijoittuu mantereelta katsottuna Laineen taakse, jolloin lähimmät Kappan voimalat ovat keskimäärin noin 15 kilometriä kauempana Suomen rannikolta, kuin Laineen lähimmät voimalat ovat. Kappan hankealuetta on viimeisimmän tiedon mukaan muutettu siten, että se on kiinni talousvyöhykkeen rajassa, ollen nyt noin 100 metrin etäisyydellä Laineen hankealueesta, mutta uutta voimalasijoittelua ei ole saatavilla. Hankealueen muutoksen ei kuitenkaan arvioida aiheuttavan muutosta vaikutusarviointiin (*Statkraft Offshore Wind AB 2024*).

Laineen ja Kappan merituulivoimapuistot muodostavat yhdessä laajemman merituulivoimapuiston kokonaisuuden kuin vain Laine yksistään, jossa Kappa näyttää maisemallisesti noin kaksi kertaa suuremman Laineen laajennukselta länteen. Yhteisvaikutuksia muodostuu pääosin läheisille merialueille Ruotsin puolelle sekä lisäksi Suomen puolelle. Etelästä katsottuna Kappan merituulivoimapuisto laajentaa Laineen merituulivoimapuistoa maisemallisesti noin kahden tuulivoimalan tarvitseman alueen verran. Lähimmistä Kappan tuulivoimaloista on noin 26 kilometriä lähimpiin eteläpuoleisiin Suomen puolen saariin. Suomen mantereen suunnasta katsottuna Kappan merituulivoimapuiston voimalat voivat näkyä sopivissa olosuhteissa (kirkas sää) Laineen kaukaisimpien voimaloiden takana, jolloin kauempaa katsottaessa kokonaisuudessa vaikuttaa olevan jonkin verran tiheämmin voimaloita.

Etelän suunnasta laaditussa havainnekuvassa N (Kuva 4-31) Laineen merituulivoimapuiston voimalat on merkitty sinisellä ja Kappan sekä Aurumin voimalat punaisella. Havainnekuvassa on

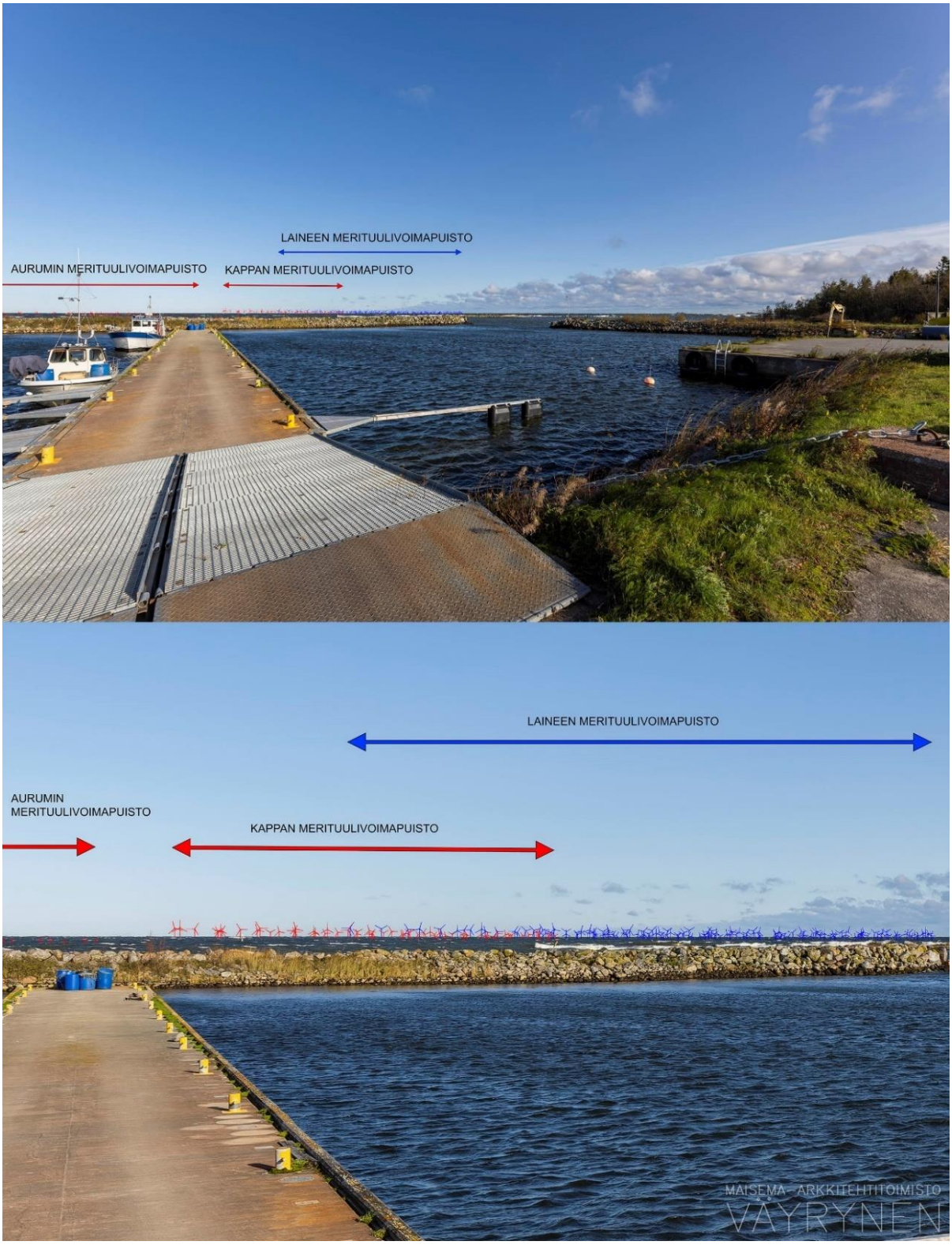
Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

käytetty värejä heikon näkyvyyden takia, sekä osoittamaan eri puistojen voimalat. Kuvasta näkyy Kappan merituulivoimapuiston liittyminen Laineen merituulivoimapuistoon niin, että ne yhdessä muodostavat maisemallisesti laajemman merituulivoimapuiston kokonaisuuden. Laajempi kokonaisuus on havaittavissa parhaiten etelän suuntaan.

Aurumin merituulivoimapuisto sijaitsee erillään Lainetta ja Kappaa kauempana. Havainnekuvan N suunnasta yhteisvaikutukset näkyvät parhaiten. Havainnekuvassa näkyy kuinka Aurumin lähimmät voimalat sijoittuvat noin kaksi kertaa kauemmaksi Lainetta, minkä takia sen maisemalliset yhteisvaikutukset Laineen ja Kappan kanssa ovat vähäiset.

Ruotsin puolella sijaitsevan Kappan ja Aurumin merituulivoimapuistojen yhteisvaikutukset Laineen merituulivoimapuiston kanssa kohdistuvat voimakkaina niiden läheisille merialueille, mutta Suomen mantereelle ja saaristolle, erityisesti maailmanperintökohteen Björkbyn kalasataman saaristolle ne ovat kokonaisuudessaan vähäiset.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 4-31. (N.) Havainnekuva Björkbyn kalasatamasta rannasta kohti tuulivoimapuistoa. Yläkuvan objektiivi 16 mm ja alakuvan 50 mm. Etäisyys Laineen ja Kappan tuulivoimapuistoista on noin 30 kilometriä ja Aurumin tuulivoimapuistosta noin 60 kilometriä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

4.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys

Vaihtoehdossa VE0 ei muodostu maisemallisia vaikutuksia tai vaikutuksia muinaismuistoihin.

Merituulivoimapuiston vaihtoehtojen VE1 ja VE2 välillä ei ole merkittäviä eroja. Vaihtoehtojen maisemallisia vaikutuksia vähentävät pitkät etäisyydet saaristoon ja rannikkoon sekä arvokohteisiin. Maiseman herkkyys muutokselle voidaan arvioida kohtalaiseksi, merituulivoimapuisto sijaitsee suhteellisen kaukana rannikosta, mutta toisaalta avoimessa maisemassa, jolloin tuulivoimalat näkyvät maisemassa kauas. Suurin maisemallinen muutos on rakentamattoman alueen muuttuminen rakennetuksi alueeksi. Maisemalliset vaikutukset levittäytyvät kuitenkin laajalle alueelle, minkä takia vaikutukset ovat kokonaisuudessaan kohtalaisen negatiivisia.

Merituulivoimapuistolla arvioidaan olevan kohtalaisia kielteisiä maisemallisia vaikutuksia Merenkurkun maailmanperintöalueen pohjoisosan avomeren luonnonmaisemalle, mutta vähäisiä maisemallisia vaikutuksia maailmanperintöalueen suojelluille arvoille (ns. OUV).

Ruotsin puolella sijaitsevan Kappan ja Aurumin merituulivoimapuistojen **yhteisvaikutukset** Laineen merituulivoimapuiston kanssa kohdistuvat voimakkaina niiden läheisille merialueille, mutta Suomen mantereelle ja saaristolle, erityisesti **maailmanperintöalueen** Björkbyn kalasataman saaristolle ne ovat kokonaisuudessaan vähäiset.

Merikaapeli- tai vetyputkivaihtoehdoista ei muodostu maisemallisia vaikutuksia merellisillä osuuksilla, mutta rantautumiskohdissa muodostuu vähäisiä negatiivisia vaikutuksia maakaapelin/ vetyputken tarvitsemasta puuttomasta vyöhykkeestä.

Taulukko 4-3. Maisemallisten vaikutusten merkittävyys eri hankevaihtoehdoissa rakentamisen aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		**Negatiivinen**			**Muutoksen suuruus**					**Positiivinen**
		Erittäin suuri	**Suuri**	**Kohtalainen**	**Vähäinen**	**Ei muutosta**	**Vähäinen**	**Kohtalainen**	**Suuri**	**Erittäin suuri**
Kohteen herkkyys	**Vähäinen**									
	Kohtalainen				**VE1 VE2 MVE1-5 VVE1-3**	**VE0**				
	Suuri									
	Erittäin suuri									

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 4-4. Maisemallisten vaikutusten merkittävyys eri hankevaihtoehdoissa käytön aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus					Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohta-lainen	Vähäi-nen	Ei muutosta	Vähäi-nen	Kohta-lainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäi-nen									
	Kohta-lainen			VE1 VE2	MVE1-5 VVE1-3	VE0				
	Suuri									
	Erittäin suuri									

Tunnettuja kulttuuriperintökohteita on merituulivoimapuiston alueella yksi, hylky Najaden (ei rekisterinumeroa). Hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 välillä ei ole eroa liittyen merituulivoimapuiston sisällä sijaitsevaan muinaismuistoon kohdistuviin vaikutuksiin, koska hylky huomioidaan tarvittaessa molemmissa voimaloiden sijoitteluvaihtoehdoissa. Hankkeella ei arvioitu olevan suoria vaikutuksia kohteeseen. Välillisiä kielteisiä vaikutuksia voi aiheutua mahdollisten ruoppausten aiheuttaman kiintoaineen leviämisen kautta, jotka arvioitiin suuruudeltaan vähäisiksi. Energiansiirron osalta vaikutukset muinaismuistoihin voidaan arvioida hiukan suuremmiksi (vähäinen kielteinen), mikäli valitaan MVE4/VVE2 tai MVE5/VVE3 reitit, kuin jos energiansiirto hoidettaisiin reiteillä MVE1/VVE1, MVE2 tai MVE3 (ei vaikutusta, sillä lähellä ei ole kohteita).

Taulukko 4-5. Muinaismuistoihin kohdistuvien vaikutusten merkittävyys eri hankevaihtoehdoissa rakentamisen aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus					Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohta-lainen	Vähäi-nen	Ei muutosta	Vähäi-nen	Kohta-lainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäi-nen									
	Kohta-lainen				VE1 VE2 MVE4 MVE5 VVE2 VVE3	VE0 MVE1 MVE2 MVE3 VVE1				
	Suuri									
	Erittäin suuri									

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 4-6. Muinaismuistoihin kohdistuvien vaikutusten merkittävyys eri hankevaihtoehdoissa käytön aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus					Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohta-lainen	Vähäi-nen	Ei muutosta	Vähäi-nen	Kohta-lainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäi-nen									
	Kohta-lainen				MVE4 MVE5 VVE2 VVE3	VE0 VE1 VE2 MVE1 MVE2 MVE3 VVE1				
	Suuri									
	Erittäin suuri									

4.6 Arvioinnin epävarmuudet

Maisemallisten vaikutusten kannalta maiseman paikallinen peitteisyys havainnoitsijan lähettyvillä on keskeisessä osassa. Epävarmuus maiseman paikallisesta peitteisyydestä liittyy metsätaloudellisiin toimenpiteisiin, puulajeihin ja kasvillisuudessa oleviin pienipiirteisiin näkymäsektoreihin ja niissä tapahtuviin muutoksiin.

Kulttuuriarvojen vaikutustenarviointiin liittyen merituulivoimapuiston alueella tehdystä luotausdatasta on tehty tulkinnat ja pyritty havaitsemaan mahdolliset vedenalaisen kulttuuriperinnön kohteet (ns. anomaliat). Joissakin tapauksissa hylyt voivat kuitenkin olla piilossa sedimenttikerrosten alla, mikä tekee niistä näkymättömiä luotausaineistoa tulkittaessa. Tämä koskee yleensä varsinkin vanhoja hylkyjä. On lisäksi otettava huomioon, että vain noin kolmasosa merituulivoimapuiston alueesta on ollut geofysikaalisen tutkimuksen kohteena tähän mennessä, jonka vuoksi lisää mahdollisia hylkyjä voidaan löytää, kun aluetta luodataan myöhemmissä tutkimusvaiheissa lisää. Jotta havaitaan ajoissa kaikki mahdolliset hylyt, on suositeltavaa tehdä magneettisia luotaustutkimuksia.

4.7 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen

Tuulivoimalat ovat kooltaan suuria, minkä takia haitallisten maisemallisten vaikutusten vähentämisen keinovalikoima on rajallinen. Istuttamalla suojapuustoa saadaan vähennettyä paikallisesti maisemallisia vaikutuksia muodostamalla näkymisen katvealueita. Lentoestevalot ja niiden toiminta voidaan pitää säännösten sallimassa minimissä, ja lupamääräysten salliessa pyrkiä suuntaamaan valot niin, että niiden näkyvyys alaspäin olisi mahdollisimman pieni. Lentoestevalojen tarkempi suunnittelu tehdään yhteistyössä Traficomin kanssa. Kokonaisvaikutuksiin nämä lieventämistoimet eivät juurikaan vaikuta.

Mikäli hankkeen myöhemmässä vaiheessa toteutettavassa meriarkeologisessa inventoinnissa löydetään lisää huomioon otettavia kohteita, voidaan vaikutuksia niihin lieventää huomioimalla kohteet yksityiskohtaisemmassa suunnittelussa niin, että kohteen ja rakennettavan alueen väliin jää riittävä suojavyöhyke.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

5 VESIYMPÄRISTÖ

YHTEENVETO

- Merelle sijoittuvien toimien hankealueella (merituulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien alue) tehtiin vedenlaadun, lämpötilan, suolaisuuden, happipitoisuuden ja virtauksen mittauksia sekä kartoitettiin sedimenttiä, pohjaeläimiä ja vedenalaisia luontotyyppejä.
- Vedenlaatuun ja vesiympäristöön kohdistuvien vaikutusten arvioinnin tueksi tehtiin 3D-vesistömallinnus, missä huomioitiin hankkeen rakenteiden (merituulivoimaloiden perustukset, sisäinen energiansiirto sekä energiansiirto mantereelle ja meriläjitys) rakentamisen aiheuttama kiintoaineen ja sameuden leviäminen meriympäristössä.
- Laaditun vesistömallinnuksen perusteella merituulivoimaloiden perustusten rakentamisesta sekä merituulivoimapuiston sisäisten merikaapeleiden ja/tai vetyputkien asentamisesta aiheutuva kiintoainekuormitus veteen eli samentumisvaikutus jää pääosin merituulivoimapuistoalueen sisälle. Läjitys aiheuttaa voimakkaimmat vaikutukset ja samentumaa voi levitä muutamien kilometrien etäisyydelle puistoalueesta, etenkin pohjan läheisessä vesikerroksessa. Vaihtoehtojen VE1 ja VE2 välillä ei ole merkittävää eroa rakentamisvaiheen sameusvaikutusten suhteen. On kuitenkin otettava huomioon, että rakennusvaiheen vesistömallinnus on tehty yliarviona maksimivaikutusperiaatteella siten, että koko tuulivoimapuiston rakentaminen tapahtuu yhtenä avovesikautena.
- Merikaapelien asentamisesta aiheutuu myös sameusvaikutusta lähialueelle lyhytaikaisesti. Tason 100 mg/l kiintoainepitoisuuden nousua havaitaan mallinnuksen mukaan melko suppealla alueella muutaman sadan metrin säteellä työkohteesta. Asennettaessa vetyputkia, jäävät rakentamisaikaiset vaikutukset reiteillä MVE1, MVE4 ja MVE5 vähäisemmiksi. Myös asennusmenetelmä vaikuttaa vaikutusalueeseen, sillä ruoppauksesta ja läjityksestä arvioitiin aiheutuvan laajemmat vaikutukset kuin esimerkiksi vesipainepuhallusmenetelmällä.
- Pohjasedimentistä voi rakennusvaiheessa vapautua veteen myös ravinteita, lähinnä fosforia lisäten paikallisesti rehevyyttä. Hankealueen sedimenteissä on todettu myös haittaaineita, ja niiden vaikutukset pyritään minimoimaan voimaloiden ja energiansiirtoreittien rakentamisen sekä ruoppausmassojen läjityksen tarkemmassa suunnittelussa.
- Tuulivoimaloiden ja energiansiirtoreittien pohjan kaivu- ja läjitystöiden yhteydessä liikkeelle lähteneen sedimentin laskeutuessa takaisin pohjaan uusille alueille, aiheutuu sedimentaation lisääntymistä verrattuna luonnolliseen sedimentaatioon. Mallinnuksen perusteella sedimentaation kasvun arvioitiin olevan enimmillään muutamia senttejä työkohteiden ja erityisesti läjitysalueiden läheisyydessä.
- Toimintavaiheen aikaiset vaikutukset liittyvät sekä tuulivoimalan pohjan muokkausten ja voimalarakenteiden aiheuttamiin muutoksiin virtauksissa, aallonmuodostuksessa ja jääpeitteessä tuulivoimapuistoalueen sisällä. Vedyntuotannosta aiheutuu myös vähäistä paikallista lämpö- ja suolakuormitusta tuulivoimaloiden läheisyyteen. Tuulivoimaloiden aiheuttamalla pintatuulihäviöllä on laajempia, tuulivoimapuiston alueen ulkopuolelle ulottuvia vaikutuksia merialueen virtauksiin, kerrostumiseen, lämpötilaan ja aineiden kulkeutumiseen. Pääosin hydrodynaamiset muutokset arvioitiin mallinnuksen perusteella lieviksi, joskin kerrostuneisuuden osalta voi olla selkeää paikallista vaikutusta tuulivoimapuiston lähellä.
- Merikaapeli- ja/tai vetyputkireittien toiminnan aikaiset vaikutukset vedenlaatuun ovat hyvin vähäisiä liittyen lähinnä mahdollisiin korjaustöihin.
- Merituulivoimapuiston rakentamisen aikaiset vaikutukset vedenalaisiin luontotyyppeihin, vesikasvillisuuteen ja pohjaeläimistöön ovat vähäiset.
- Merituulivoimahankkeen vedenalaisten meluvaikutustuen arvioinnin tueksi tehtiin 3D vedenalaisen melun mallinnus.
- Mallinnuksen mukaan rakentamisen aikaisella melulla (kuten paalutuksella) on suurempi vaikutus merinisäkkäisiin kuin toiminnan aikaisella melulla. Rakentamisen aikainen vaikutus merinisäkkäisiin arvioitiin vähäiseksi negatiiviseksi, jota voidaan edelleen alentaa,

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

mikäli käytetään melua vaimentavia kuplaverhoja. Laineen merituulivoimapuisto sijaitsee ulkomerialueella, jossa ei ole hylkeiden käyttämiä levähtämis- ruokailu- tai pesimispaikkoja, kuten luotoja tai saaria. Alueella tai sen lähistöllä liikkuvien hylkeiden arvioitiin pääasiassa olevan satunnaisesti ohikulkevia yksilöitä. Talviaikaan paalutusta ei ole suunniteltu tehtävän, jolloin jäätalvina hylkeitä voi alueella esiintyä lisääntymiseen liittyen.
- Samentuminen on pitkäkestoisinta läjitysalueilla, joista eteläisimmällä esiintyy riutta- ja särkkämallin mukaan riuttoja. Lisäksi MVE4/VVE2 ja MVE5/VVE3 rantautumisalueella samentuminen on runsasta johtuen eroosioherkästä sedimentistä ja alhaisesta veden syvyydestä. Reittien varrella sijaitsee luonnonsuojelualueita, EMMA-alue ja uhanalaisia kasvilajeja. Sedimentaatio on suurinta läjitysalueilla, joissa pääasiassa on alhaiset luontoarvot.
- Merituulivoimapuiston ja kaapeli-/vetyputkireittien käytönaikaiset vaikutukset vedenalaisiin luontotyyppeihin, vesikasvillisuuteen ja pohjaeläimistöön ovat vähäiset.
- Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset ovat samanlaisia kuin rakentamisen aikaiset vaikutukset.

5.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

5.1.1 Veden ja sedimentin laatu sekä veden virtaukset ja aallonmuodostus

Tuulivoimapuiston rakentamisen aikana vedenlaatuun ja sedimenttiin kohdistuvia vaikutuksia aiheutuu voimaloiden perustamisen ja kaapelien tai vetyputkien asentamisen aikaisista rakentamistöistä, kuten ruoppauksista ja läjityksistä sekä mahdolliseen louhintaan liittyvistä räjähdyksistä.

Merituulivoimapuiston rakentaminen tapahtuu vaiheittain ja rakentamisajaksi arvioidaan kaikkiaan 3 vuotta, josta pohjarakentamisen osuus on kaksi vuotta. Pohjarakentaminen suunnitellaan niin, että yhden avovesikauden aikana rakennetaan yksi alue hankkeesta, jolloin samalle alueelle ei kohdistu rakentamisen aikana vaikutuksia ja muodostu kumulatiivisia vaikutuksia pohjan muokkaamisesta ja näin ollen esim. sedimenttien leviämisestä. Hankkeen tarkka rakentamisaikataulu varmistuu tarkemmassa suunnittelussa. Merikaapeleiden osalta rakennetaan ensin tarvittavat viisi merikaapelia yhdelle reitille yhden avovesikauden aikana ja mahdolliset toiset viisi merikaapelia seuraavan avovesikauden aikana toiselle reitille. Merikaapelien rakentamisen aikana ruopattavat sedimentit läjitetään eri läjitysalueille kuin voimaloiden asentamisesta syntyvät sedimentit pitkien kuljetusmatkojen takia.

Merituulivoimapuiston rakentamisen aikana vedenlaatuun ja sedimenttiin kohdistuvia vaikutuksia aiheutuu voimaloiden ja merisähköasemien perustamisen (sekä voimaloiden torniin asennettavien vedyntuotantolaitosten) ja kaapelien/vetyputkien asentamisen aikaisista rakentamistöistä, esim. ruoppauksista, läjityksistä sekä mahdollisista räjäytyksistä. Rakentamistyöt aiheuttavat veden samentumista, kiintoaine- ja ravinnepitoisuuksien kasvua vedessä sekä pohjasta irronneen aineksen uudelleensedimentoitumista. Pohjaa muutetaan tai siihen kohdistuu häiriintymistä. Sedimenttiin mahdollisesti sitoutuneita haitallisia aineita saattaa myös vapautua veteen rakennustöiden yhteydessä. Myös roskaantumista voi tapahtua, mutta haitat pyritään minimoimaan ennakkoon tehtävällä suunnittelulla.

Merituulivoimapuiston ja siihen liittyvien toimintojen rakenteet sekä muut rakentamisen aiheuttamat muutokset veden syvyyssuhteissa ja pohjan topografiassa aiheuttavat muutoksia paikallisiin virtausolosuhteisiin. Merituulivoimaloiden ja merisähköasemien rakenteet myös estävät paikallisesti virtauksia, mikä aiheuttaa lähialueella turbulenssia. Lisäksi merituulivoimalat aiheuttavat pintatuulen häviötä tuulen alapuoliselle alueelle, mikä vähentää vesimassan sekoittumista. Merituulivoimapuiston ympärille muodostuvien pystysuuntaisten virtausten muutoksia kutsutaan ns. kumpuamis-/painumis-dipoliksi (*Floeter ym. 2022*). Muutokset sekoittumisessa vaikuttavat

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

vesimassojen kerrostumiseen ja edelleen mm. ravinteiden kulkeutumiseen vesipatsaassa ja mahdollisesti myös laajempaan ravintoverkkoon.

Mahdolliseen vedyn tuotantoon liittyen sähkön muuntamisesta vedyksi aiheutuu paikallista lämpö- ja suolakuormitusta voimaloiden läheisyyteen sekä ilmakehään johdetaan happea.

Vedenlaatuun, sedimenttiin sekä merialueen hydrodynamiikkaan kohdistuvia vaikutuksia on arvioitu asiantuntijatyönä perustuen hankkeen suunnittelutietoon, laadittuun vesistömallinnukseen sekä alueelta saatavilla olevaan tarkkailu- ja tutkimustietoon. Lisäksi on käytetty muista vastaavista hankkeista saatavilla olevaa tietoa. Hankkeen suunnittelu on arviointi tehty maksimivaikutusperiaatteella. Rakentamisenaikaiset maksimivaikutukset muodostuvat, kun tuotetaan 100 % sähköä eli asennetaan maksimimäärä sähkönsiirtokaapeleita merituulivoimapuistosta mantereelle. Toiminnan aikaiset maksimivaikutukset aiheutuvat vedyn tuotannosta, sen aiheuttaman lämpö- ja suolakuormituksen vuoksi. Koska vedyntuotanto ei toteudu erillisenä hankkeena, aiheutuu vedyntuotannon toteutuessa myös samaan aikaan vaikutuksia merituulivoiman tuotannosta (mm. vedenalainen melu, virtausmuutokset).

5.1.1.1 Vedenlaatumallinnus

Vesistövaikutusten arvioinnin keskeiseksi tueksi on laadittu Niras konsulttiyhtiön toimesta virtaus- ja vedenlaatumallinnuksia (*Niras 2023a, täydennetty 2024*), jotka on esitetty kokonaisuudessaan erillisessä liitteessä 2. Mallinnus käsitti sekä rakentamisesta aiheutuvan kiintoainekuormituksen ja sen leviämisen ja laskeutumisen, että käytön aikaiset hydrodynaamiset muutokset mm. veden lämpötilassa, kerrostumisessa ja virtauksissa. Lisäksi mallinnettiin vedyn tuotantoon liittyvän lämpökuorman ja suolaisen veden leviämistä ja vaikutuksia hankkeen toiminnan aikana.

Mallin kalibroinnissa huomioitiin tuulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien alueella tehdyt virtaus- ja vedenlaatumittaukset (*Lindfors ym. 2023 ja 2024, liite 4 ja 5*). Rakentamisaikaisen mallinnuksen lähtötietoina hyödynnettiin myös sedimenttitutkimusten tulokset, sillä erityisesti raekoko vaikuttaa sedimenttipartikkelien laskeutumisnopeuksiin. Mallinnus kuvaa nimenomaan sedimentin hienoaineksen (raekoko <0,25 mm eli hieno hiekka, siltti, savi) leviämistä ja laskeutumista.

Rakentamisaikainen mallinnus on tehty myös aikataulun suhteen maksimivaikutusperiaatteella, jolloin rakennustöiden on oletettu kestävän vain yhden avovesikauden, kun edellä kuvatusti todellisuudessa näin suuren merituulivoimapuiston rakentaminen voi kestää kaikkiaan kolmekin avovesikautta ja pohjan muokkauksiin liittyvät työt todennäköisesti ajoittuvat kahdelle avovesikaudelle. Mallinnus tehtiin molemmille hankevaihtoehdoille ja kaikille merikaapelireiteille. Vetyputkivaihtoehtoja VVE1, VVE2 ja VVE3 ei erikseen mallinnettu, mutta ne kulkevat samoja reittejä kuin merikaapelit. Kaapelireitit mallinnettiin tässä vaiheessa kahdella eri työmenetelmällä: vesipainepuhaltamalla sekä niin, että 15 metriä matalammat alueet ruopataan ja massat läjitetään kaapelireittien läheisille läjitysalueille. Työmenetelmät tarkentuvat vielä suunnittelun ja pohjatutkimusten edetessä. Vesipainepuhalluksessa ei tule tarvetta läjittää massoja merenpohjaan toisin kuin ruoppauksessa.

Käytönaikaisessa hydrodynaamisessa mallinnuksessa huomioitiin vedyntuotanto, voimalarakenteet sekä tuulivoimapuiston aiheuttaman tuulihäviön vaikutus vesien virtauksiin ja sekoittumiseen. Vetyä tuotettaisiin joko tuulivoimalatornien alaosassa tai keskitetysti sähköasemien yhteyteen tulevilla vedyntuotantoasemilla (enintään 8 kpl). Keskitetyn vedyntuotannon tapauksessa simuloitiin mallinnuksella myös erilaisia kerrostumisolosuhteita (sekoittunut ja kerrostunut tilanne). Mallinnuksessa on huomioitu elektrolyysiin tarvittava vedenotto sekä prosessiveden puhdistuksessa syntyvä selvästi merivettä suolaisempi prosessijätevesi. Vedyntuotantoon tarvittavan veden määräksi on arvioitu 230–460 m^3/h. Todellisuudessa veden tarve vaihtelee tuotannon mukaan. Korkeamman suolapitoisuuden omaava prosessijätevesi johdetaan takaisin mereen. (ks. luku 2). Jäteveden suolaisuudeksi on arvioitu hajautetun vedyntuotannon tapauksessa 5 PSU ja keskitetyssä vedyntuotannossa 10 PSU, mitä on käytetty myös mallinnuksessa. Elektrolyysissä syntyy myös hukkalämpöä, ja enimmillään jäähdytykseen tarvitaan merivettä 200 000 000 m^3 vuosittain. Jäähdytyksen aikana jäähdytysveden lämpötila nousee arviolta noin 15 °C

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

ottolämpötilaan verrattuna. Vedyntuotannosta syntyväksi vuosittaiseksi suolakuormaksi on arvioitu noin 6 600–11 000 t ja lämpökuormaksi noin 12 000 TJ. Jäähdytyksen määrää pyritään vähentämään teknisillä ratkaisuilla suunnittelun edetessä.

5.1.2 Jääolosuhteet

Tuulivoimalat voivat vaikuttaa alueen jäätymisolosuhteisiin ja esim. kiintojään muodostumiseen, sillä voimalat sitovat jäämassaa. Toisaalta voimaloiden tärinä myös rikkoo jäätä voimaloiden ympärillä ja jäävoimien vaikutusta voimaloihin pyritään vähentämään erityisillä rakenteilla.

Vaikutuksia jääolosuhteisiin on arvioitu suunnittelu- ja nykytilatiedon sekä aiheeseen liittyvän kirjallisuuden perusteella. Yleisesti tutkimusta merituulivoimapuistoalueen kaltaisista olosuhteista ei kuitenkaan juuri ole (*Valtioneuvosto 2024*) Merituulivoimapuiston jääolosuhteista on tehty erillinen selvitys VTT:n toimesta (*2022*) (vain viranomaiskäyttöön) ja aihetta on käsitelty myöhemmin myös liikenteen yhteydessä (ks. luku 14).

Itämeren jääolosuhteiden vaikutuksista merituulivoimaan tai toisinpäin ei ole kuitenkaan riittävästi tietoa, mutta parhaillaan on meneillään Suomen Akatemian rahoittama Aalto yliopiston, VTT:n ja Ilmatieteen laitoksen hanke, jossa on tavoitteena kiihdyttää vihreää siirtymää optimoimalla kylmien merialueiden merituulivoimapuistoja ja tarkastelemalla niiden vuorovaikutusta meriympäristön kanssa. (*Suomen Akatemia 2023*).

5.1.3 Vedenalaiset luontotyypit, vesikasvillisuus ja pohjaeläimet

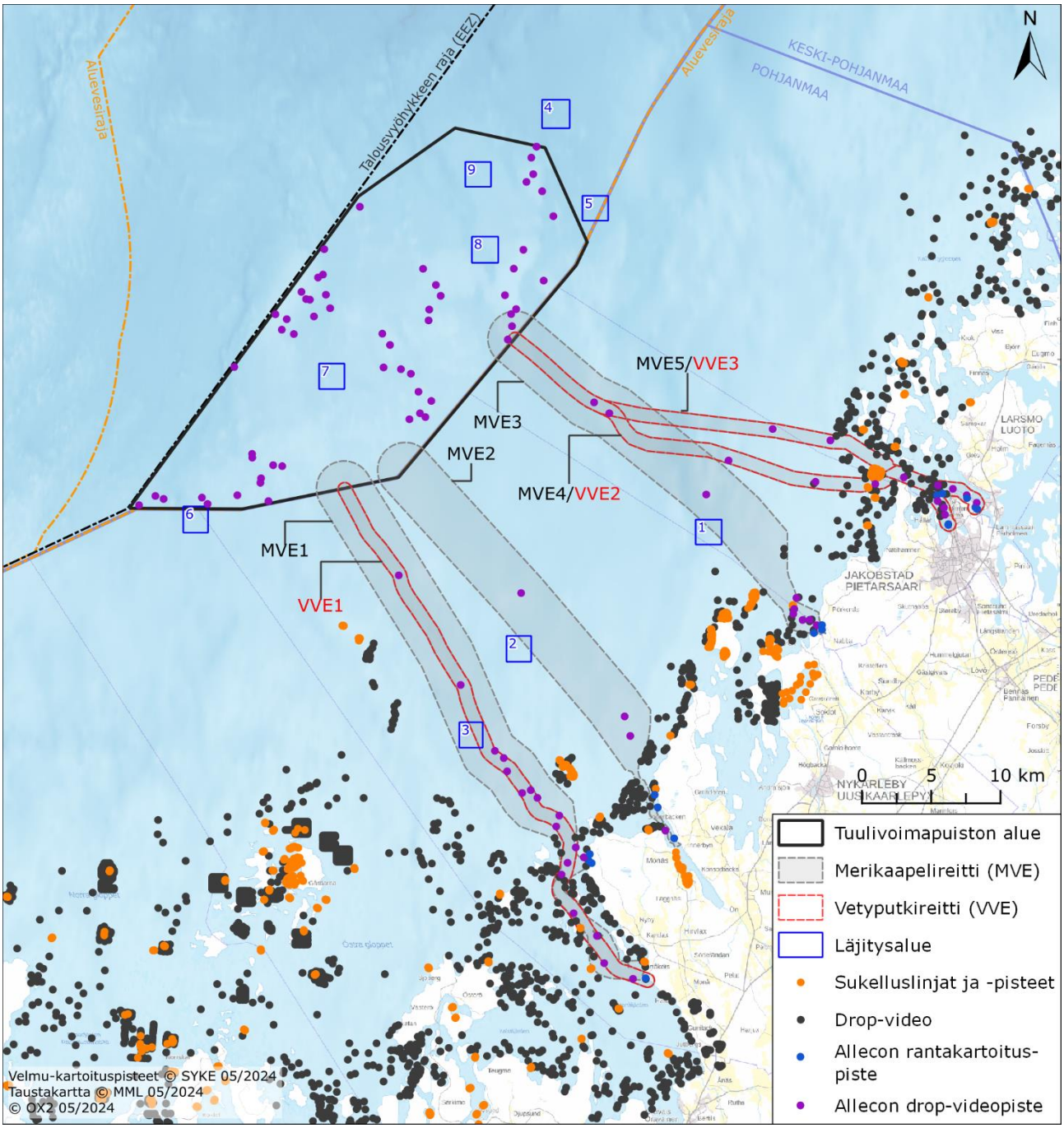
Vesikasvillisuuteen, kasviplanktoniin ja pohjaeläimistöön kohdistuvia vaikutuksia arvioitiin asiantuntijatyönä vesistövaikutusarvioon perustuen. Merenpohjan kasvi- ja pohjaeläinyhteisöihin kohdistuvia suoria vaikutuksia aiheuttavat mm. pohjan ruoppaus ja mahdolliset täytöt, rakennustyöt sekä mahdollisten ruoppausmassojen läjitys, jotka muuttavat pohjan elinympäristöjä. Lisäksi veden samentuminen voi väliaikaisesti heikentää elinympäristöjen laatua paikallisesti.

Lähtöaineistona vaikutusarvioinnissa käytettiin luvussa 5.2.7 ja taulukossa (Taulukko 5-1) esitettyjä aineistoja merialueen ympäristön ominaisuuksista ja tilasta sekä mallinnusta sameuden, sedimentaation, lämpötilan, suolapitoisuuden ja virtausten muutoksista (*Niras 2023a, täydennetty 2024,* liite 2). VELMU-hankkeessa rannikkoalueiden vedenalaista luontoa on kartoitettu kattavasti, joten merikaapeli-/vetyputkireittien rannikon läheisiltä alueilta on olemassa varsin paljon tietoa alueella esiintyvistä vesikasvi-, levä- sekä pohjaeläinlajistosta (Kuva 5-1). Merituulivoimapuiston ja syviltä merikaapeli-/vetyputkireittien alueelta aiempaa kartoitustietoa ei ole. Alueen vesikasvillisuutta, pohjaeläimiä ja luontotyyppejä selvitettiin YVA-menettelyn aikana koostamalla mm. VELMU-hankkeen rekisteriaineistoja ja analysoimalla niitä. Kaapeli-/vetyputkireittien alueella drop-videopisteitä (vedenalainen videokuvaus) on kuvattu ja pohjia tutkittu sukeltamalla tai kahlaamalla jo vuodesta 2011 viranomaisvetoisesti, minkä jälkeen aineistoa on täydennetty vuoteen 2022 saakka. VELMU-hankkeessa on luotu kartoitusaineistojen avulla malleja lajien ja luontotyyppien esiintymiselle suotuisista ympäristöolosuhteista (*Suomen ympäristökeskus & Metsähallitus 2022*).

Hanketta varten tehdyt tarkemmat vedenalaisen luonnon sukellus- ja vedenalaisvideointiselvitykset kohdennettiin arvokkaimmille ja monimuotoisimmille alueille (Kuva 5-1, liite 3). Selvitykset sisälsivät kaapelien ja vetyputkien vaihtoehtoisilla rantautumispaikoilla kahlaamalla tehtävät uhanalaisten kasvilajien kartoitukset, kaapeli- ja vetyputkireittien sekä niiden potentiaalisten meriläjitysalueiden alueella matalien alueiden vedenalaisten luontotyyppien kartoittamisen drop-videomenetelmällä sekä merituulivoimapuiston alueella drop-videomenetelmällä tehtävät kovien pohjien luontotyyppien kartoitukset. Kartoituksissa noudatettiin viimeisintä voimassa olevaa VELMU-menetelmäohjeistusta (*Suomen ympäristökeskus & Metsähallitus 2022*). Luontotyyppiluokittelussa noudatettiin kansainvälistä IUCN Red List of Ecosystems -menetelmää. Selvityksistä vastasi vedenalaisen luonnon kartoituksiin erikoistunut yritys Alleco Oy ja ne toteutettiin vuosina 2022 ja 2023. Selvityksen tekijät on nimetty erillisenä liitteenä olevissa raporteissa.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Seuraavassa on tiivis kuvaus kartoitustöiden toteuttamisesta, jonka kattavampi kuvaus löytyy liitteestä. Kaapelireittien ja vetyputkien vaikutusalueella sijaitsevat riuttamaiset ja särkkämäiset kohteet sekä koviksi pohjiksi luokitellut kohteet tunnistettiin luotausaineiston avulla ja ne kartoitettiin drop-videokameran avulla. Drop-videointipisteitä oli merituulivoimapuiston alueella 60 kappaletta ja kaapelireittien varrella 38 kappaletta (Kuva 5-1). Kukin videotallenne sisälsi tiedot noin kahden neliömetrin alueelta. Videoilta analysoitiin pohjan sedimentin määrä, pohjanlaatu, lajisto, kasvillisuuden peittävyysprosentti, eläinten yksilömäärä sekä sessiilien, eli paikallaan pysyvien, eläinten peittävyysprosentti. (*Vasama & Leinikki 2024,* liite 3)



Kuva 5-1. VELMU-hankkeessa rannikkoalueiden vedenalaista luontoa on kartoitettu kattavasti, joten merikaapeli-/vetyputkireittien rannikon läheisiltä alueilta on olemassa varsin paljon tietoa alueella esiintyvistä vesikasvi-, levä- sekä pohjaeläinlajistosta (kartan oranssit ja mustat pisteet).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merituulivoimapuiston ja syviltä merikaapeli-/vetyputkireittien alueelta aiempaa kartoitustietoa ei ole. Hanketta varten tehdyt tarkemmat vedenalaisen luonnon sukellus- ja vedenalaisvideointiselvitykset kohdennettiin merituulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien arvokkaimmille ja monimuotoisimmille alueille (siniset ja violetit pisteet).

Kaapelireittien ja vetyputkireittien vaihtoehtoisia rantautumisalueita on Laineen hankkeessa kahdeksan. Kunkin rantautumispaikan ympäristöstä kartoitettiin vesikasvillisuus käyttäen kahluumenetelmää (*Suomen ympäristökeskus & Metsähallitus 2022*). Kartoitettavat alueet ulottuivat vähintään 100 metrin päähän rannan suuntaisesti molempiin suuntiin aiotuista rantautumispaikoista. Kartoituksen yhteydessä hieman kauempanakin havaitut herkät luontotyypit otettiin myös mukaan tuloksiin.

Pehmeiden pohjien pohjaeläinnäytteitä otettiin kahtena vuonna 2022 ja 2023 niin merituulivoimapuiston kuin kaapeli-/vetyputkireittien alueilta pohjaeläinnäytteenottoon erikoistuneiden yritysten Luode Consulting Oy:n ja Kala- ja vesitutkimus Oy:n yhteistyönä. Pohjaeläinkartoituksen raportti on liitteenä 4. Seuraavassa on tiivis kuvaus kartoituksen toteuttamisesta ja kattavampi kuvaus puolestaan liitteessä.

Näytteet pohjaeläinanalyysejä varten otettiin Van Veen -kahmarinäytteenottimella. Näytteitä otettiin yhteensä 57 asemalta vuonna 2022 (*Lindfors ym. 2023*, liite 4) ja 37 asemalta vuonna 2023 (*Lindfors ym. 2024,* liite 5) ja yhteensä otettiin 168 näytettä. Näytteenotto, näytteiden käsittely ja määritykset toteutettiin HELCOM COMBINE -ohjeistuksen mukaisesti. Vuoden 2022 näytteenotossa rinnakkaisia näytteitä otettiin 1 per asema, vuonna 2023 3 per asema.

Seulottujen ja etanoliin säilöttyjen näytteiden laji- ja biomassamäärityksen toteutti alan asiantuntija. Pohjaeläimet määritettiin lajilleen ja niiden yksilötiheys sekä biomassa laskettiin.

Pohjaeläintutkimusaineistosta laskettiin molemmille vuosille BBI (Brackish Water Benthic Index) ja BBI-ELS (ekologinen laatusuhde), jotka on kehitetty kuvaamaan Itämeren rannikon pehmeiden pohjien pohjaeläinyhteisöjen ekologista tilaa. Avomeren halokliinin yläpuolisten pohjaeläinyhteisöjen arviointiin on kehitetty BQI-indeksi (Benthic Quality Index) (*Korpinen ym. 2018*), joka laskettiin molemmille vuosille. BQI-indeksit laskettiin myös syvältä otetuista näytteistä, sillä alueella ei CTD-mittausten perusteella havaittu selvää kerrostuneisuutta aiheuttavaa halokliinia. Lisäksi arvioitiin valkokatka-merivalkokatkapohjien esiintyvyyttä. Aineiston pohjalta tehtiin johtopäätökset pohjaeläimistön nykytilasta. Arvioinnissa on hyödynnetty myös muuta alueelta kertynyttä pohjaeläinseurantojen aineistoja.

Koska Laineen merituulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien alueelta löytyi sedimenttikartoituksissa haitta-aineita, tehtiin erillinen sedimentin ruoppauksen ja läjityksen ekologisen riskin arviointi, joka on esitetty YVA-selostuksen liitteenä 6. Raportissa arvioidaan mahdollisia ekologisia riskejä, joita haitta-aineita sisältävän sedimentin käsittely voisi meriympäristössä eliöstölle aiheuttaa. Ekologisen riskin arviointia on käytetty YVA-selostuksen vaikutusarvioinnissa asiantuntija-arvion tukena.

Pohjaeläimistön kartoituksissa on huomioitu merenhoidon seurantaohjelman ohjeistukset ja menetelmät ovat linjassa mm. Helcom ohjeistuksen (kansainvälinen standardin ISO 16665 sekä *HELCOM COMBINE ohjelman suosituksia*) sekä Nygård *2018* ohjeistuksien kanssa.

YVA-selostuksen vesistöosion vaikutusarvioinnissa on arvioitu, kuinka hanke vaikuttaa kasvi- ja pohjaeläinyhteisöjen ja edelleen luontotyyppien monimuotoisuuteen.

Meriympäristöön ja sen lajistoon kohdistuvien vaikutusten arvioinnin ovat tehneet vesistöasiantuntijat, joilla on laajaa kokemusta niin vedenlaadun kuin vedenalaisen luonnon osalta.

5.1.4 Merinisäkkäät

Vaikutusten arvioinnin aikana on selvitetty olemassa olevia tietoja suunnittelualueen ja sen lähiseudun merkityksestä harmaahylkeen ja itämerennorpan esiintymis- sekä lisääntymisalueena (mm. Luonnonvarakeskuksen ”LUKE” hyljelaskennat). Hylkeisiin kiinnitettiin huomiota myös

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

toteutettujen linnustoselvitysten yhteydessä ja kaikki havaitut hylkeet merkittiin paikkatieto-ohjelmaan. Hylkeistä olemassa olevia tietoja on täydennetty lisäksi olemalla yhteydessä LUKEn asiantuntijaan.

Vaikutusarvioinnin tueksi tehtiin vedenalaisen melun leviämisen 3D mallinnus (*Niras 2023b,* liite 7), jonka avulla on arvioitu merituulivoimapuiston rakentamisen aikaisia sekä merituulivoimapuiston rakentamiseen ja toimintaan (huolto) liittyvän laivaliikenteen meluvaikutuksia kaloihin ja merinisäkkäisiin. Melumallinnuksessa ei erikseen käsitelty energiansiirtoreittien rakentamisen meluvaikutuksia ja ne on arvioitu asiantuntija-arviona.

Merinisäkkäisiin kohdistuvien vaikutusten arvioinnista vastasi merinisäkkäisiin ja niiden elinoloihin sekä käyttäytymiseen perehtynyt asiantuntija.

5.1.5 Arvioitavat vaihtoehdot ja vaikutusarvioinneissa käytetyt aineistot

Edellä mainittujen arviointien ja selvitysten tulosten pohjalta on tehty yhteenveto, jossa arvioidaan eliöstön sopeutumista mahdollisesti muuttuneisiin olosuhteisiin sekä tilapäisiä että mahdollisia pysyviä vaikutuksia meriympäristöön. Vaikutusalueena tarkasteltiin merituulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien aluetta sekä arvioitua rakentamisvaiheen samentumien leviämisaluetta. Vaikutukset on arvioitu jokaiselle reittivaihtoehdolle erikseen, mutta kaapelit voidaan sijoittaa kahdelle eri reitille (5 kaapelia/reitti, reittiyhdistelmiä yhteensä 16 kpl) ja vastaavasti vetyputki sijoitetaan ainoastaan yhdelle reitille. Eri sähkönsiirtovaihtoehtojen yhdistelmiä merituulivoimapuistosta mantereen kantaverkon liityntäasemalle (merikaapelireitti+sähkönsiirtoreitti mantereella) on yhteensä 20 kappaletta, mutta tässä dokumentissa on huomioitu jokainen merikaapelireitti erikseen ja mantereen sähkönsiirtoreitit huomioitu YVA-selostuksen B osassa (sähkönsiirtovaihtoehtojen yhdistelmät ks. YVA-selostuksen Yleistiedot asiakirja, luku 2.3).

Taulukko 5-1. Vaikutusarvioinnissa käytetyt aineistot.

Vaikutusarvioinnissa käytetyt aineistot
Ympäristöhallinnon Hertta-tietokanta Vedenlaaturekisteri Vesla
Vesienhoito- ja vesimuodostumat
Hydrodynaaminen vesistömalli ja sedimentin leviäminen, 3D mallinnus, Niras 2023a, täydennetty 2024 (liite 2)
Sedimenttitutkimukset merituulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien alueella vuosina 2022 ja 2023, Luode Consulting Oy, Lindfors ym. 2023 ja 2024 (liite 4 ja 5)
Sedimenttien haitta-aineiden ekologinen riskinarviointi vuonna, AFRY Finland Oy 2024 (liite 6)
Virtaus ja vedenlaatumittaukset merituulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien alueella tai läheisyydessä vuosina 2022 ja 2023, Luode Consulting Oy, Lindfors ym. 2023 ja 2024 (liite 4 ja 5)
Hankealueen jääselvitys (vain viranomaiskäyttöön, jääoloista tarkemmin ks. luku 14)
VELMU-karttapalvelu
VELMU-lajihavainnot (2011–2022)
VELMU sukellus- ja drop-videoinventointipisteiden sijainnit
Mallinnetut uhanalaiset LuTu-luontotyypit

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Vaikutusarvioinnissa käytetyt aineistot
Luontodirektiivin luontotyypit
Mereiset suojelualueet ja Suomen ekologisesti merkittävät vedenalaiset meriluontoalueet (HELCOM MPA, Natura 2000 -alueet, EMMA)
Drop-video- ja kahluukartoitukset VELMU-menetelmällä merituulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien arvokkaimmille alueille vuosina 2022 ja 2023, Alleco Oy, Vasama & Leinikki 2024 (liite 3)
Drop-video- ja kahluukartoituksissa havaitut vesikasvi-, levä- ja pohjaeläinlajit
Drop-video- ja kahluukartoituksissa havaitut LuTu-luontotyypit
Pohjaeläinrekisteriin tallennetut tiedot alueen pohjaeläinseurannoista
Pohjaeläinnäytteenotto vuosina 2022 ja 2023, Luode Consulting Oy, Lindfors ym. 2023 ja 2024 (liite 4 ja 5)
Tutkimuskirjallisuus vaikutusmekanismeista
Lajitietokeskuksen havainnot uhanalaisista lajeista
Vedenalaisen melun mallinnus, Niras 2023b (liite 7)
Merinisäkkäät: LUKEn hyljeaineistot sekä linnustotarkkailun yhteydessä tehdyt havainnot merinisäkkäistä

5.2 Nykytila

Merituulivoimapuisto ja siihen liittyvät toiminnot, mahdollinen vedyn tuotanto, läjitysalueet ja merikaapeli-/vetyputkireitit sijaitsevat Perämeren eteläosassa Merenkurkun alueella Pietarsaaren ja Uudenkaarlepyyn edustalla noin 25 kilometrin etäisyydellä rannikosta. Merituulivoimapuiston alue on laajuudeltaan noin 450 km^2 ja sen syvyys vaihtelee 18–70 metrin välillä. Ruopattavat massat on tarkoitus läjittää puiston alueella ja sen läheisyydessä sekä energiansiirtoreittien lähellä sijaitseville meriläjitysalueille. Merituulivoimapuistoalueella ei ole saaria ja vesialueen yleiset hydrografiset olot vastaavat olosuhteita eteläisellä Perämerellä. Merikaapelireittivaihtoehdoista MVE1 ja MVE2 suuntautuvat merituulivoimapuistoalueelta Uusikaarlepyyhyn ja kaapelireitti MVE3 Pietarsaareen. Merituulivoimapuistoalueelta suunnitellaan lisäksi vetyputkireittiä Uusikaarlepyyhyn (VVE1), joka sijoittuu samaan käytävään kuin merikaapelireitti MVE1. Lisäksi suunnitellaan kahta vaihtoehtoista merikaapeli-/vetyputkireittiä MVE4/VVE2 ja MVE5/VVE3 merituulivoimapuistosta Pietarsaareen Alholman teollisuusalueelle.

Merenkurkku on suolaisuuden vaihettumisvyöhykettä ja suolaisuus vähenee nopeasti Perämerellä lisääntyvän valunnan myötä. Lapuanjoki laskee Perämereen Uudenkaarlepyyn kohdalla. Lisäksi Pietarsaaren edustalle tulee Luodonjärven kautta Ähtävän-, Purmon- ja Kovjoen sekä Kruunupyynjoen vesiä. Perämeren vesimassat vaihtuvat jokivirtaamien vuoksi nopeasti, noin kerran viidessä vuodessa (*Kronholm ym. 2005*).

5.2.1 Syvyysolosuhteet

Tarkastelussa käytetyt syvyysaineistot on kuvattu selostuksen alussa taulukossa (ks. sivu tekijänoikeudet). Merituulivoimapuiston alueella vesisyvyys vaihtelee 18–70 metrin välillä. Syvimmät alueet ovat pohjois- ja lounaisosalla. Valtaosa (86,7 %) alueesta kuuluu syvyysvyöhykkeisiin 20–50 metriä (Kuva 5-2 ja Taulukko 5-2).

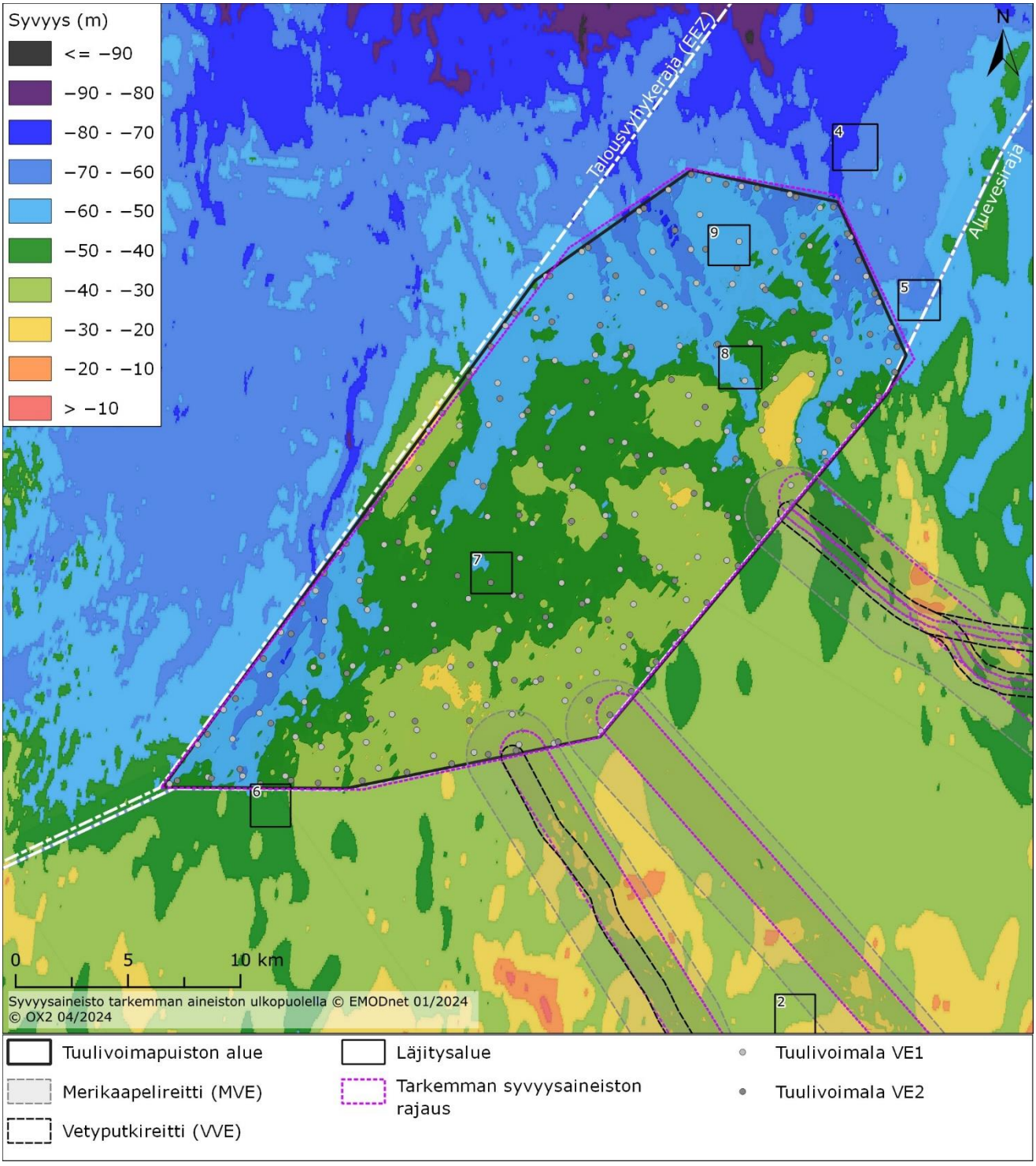
Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merikaapelireittien kattamasta pinta-alasta valtaosa on syvyydeltään yli 20 m, erityisesti reiteillä MVE1 ja MVE 2 yli 20 metrin syvyistä on alueesta 84–88 % (Kuva 5-3 ja Taulukko 5-2). Kaapelireiteillä MVE3, 4 ja 5 alle 20 metrin syvyistä aluetta on hieman enemmän, 37–39 %. Alle 10 metrin syvää vesialuetta on eniten, noin 20 % reiteillä MVE4 ja MVE5.

Taulukko 5-2. Eri syvyysvyöhykkeiden pinta-alat ja %-osuudet tuulivoimapuiston sekä kaapeli/vetyputkireittien alueilla.

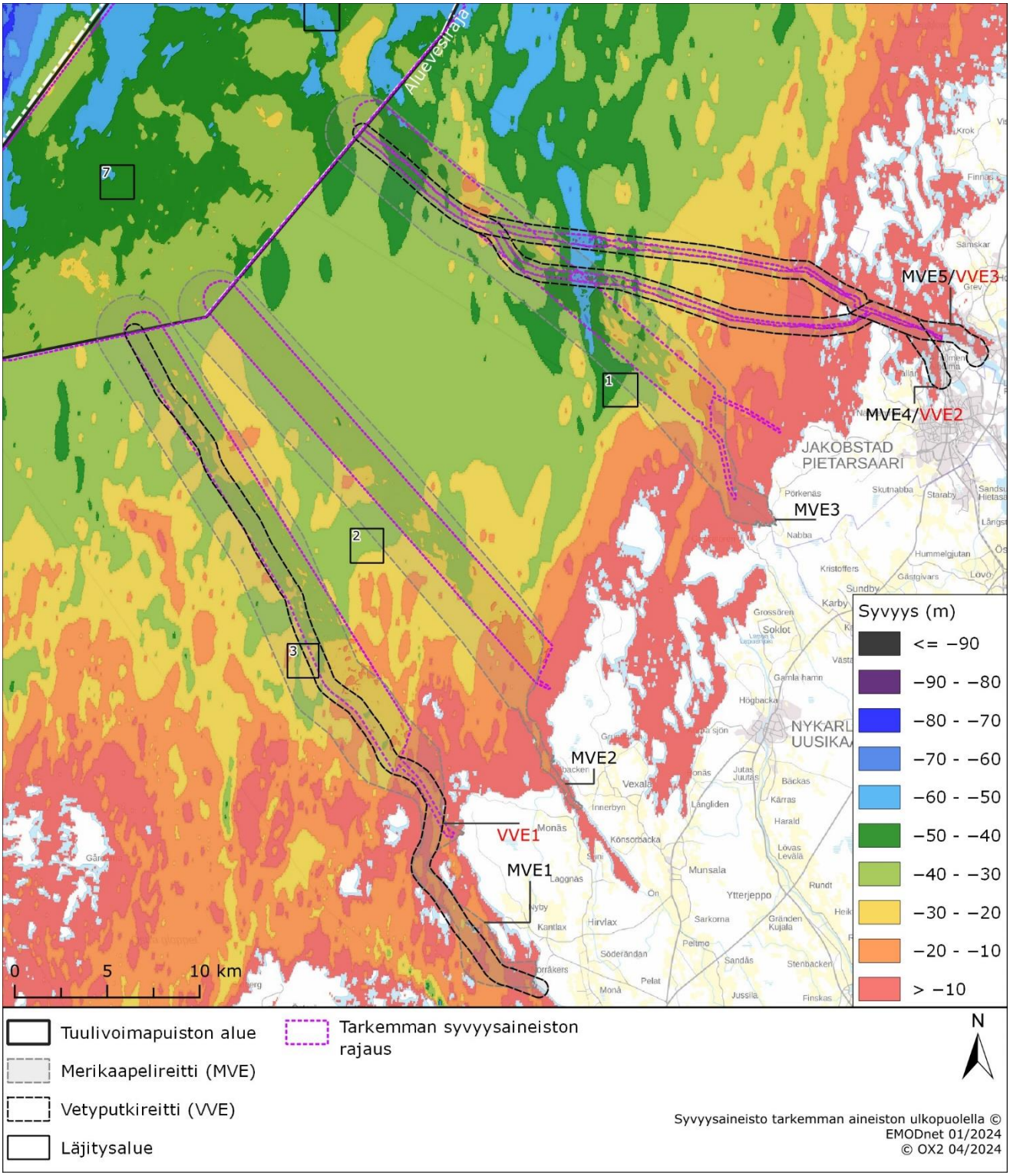
Syvyys	Tuulivoimapuisto	MVE1 VVE1	MVE2	MVE3	MVE4 VV2	MVE5 VV3	Tuulivoimapuisto	MVE1 VVE1	MVE2	MVE3	MVE4 VV2	MVE5 VV3
[m]	Pinta-ala [km²]						Osuus [%]					
<10	5,6	1,8	5,6	6,5	7,3	7,3	4,8	1,6	4,8	14,7	20,6	20,4
10–20	13,2	13,4	13,2	10,6	6,3	5,8	11,3	11,7	11,3	24,1	17,8	16,3
20–30	16,8	32,4	16,8	10,8	4,9	6,8	14,5	28,3	14,5	24,6	13,7	18,9
30–40	48,9	66,8	48,9	16,0	10,0	9,7	42,2	58,4	42,2	36,5	28,1	27,2
40–50	27,6	0,0	27,6		6,1	4,8	23,8	0,0	23,8	0,0	17,0	13,4
50–60	3,8		3,8		1,0	1,3	3,3		3,3	0,0	2,8	3,7
60–70	0,04						0,04					0,1

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-2. Syvyysolosuhteet merituulivoimapuiston alueella avomerellä. (EMODnet 01/2024, Cowi 2023)(käytetyt syvyysaineistot on kuvattu selostuksen alussa taulukossa, ks. sivu tekijänoikeudet)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-3. Syvyysolosuhteet energiansiirtoreittien alueella merituulivoimapuistosta rannikolle. (EMODnet 01/2024, Cowi 2023)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

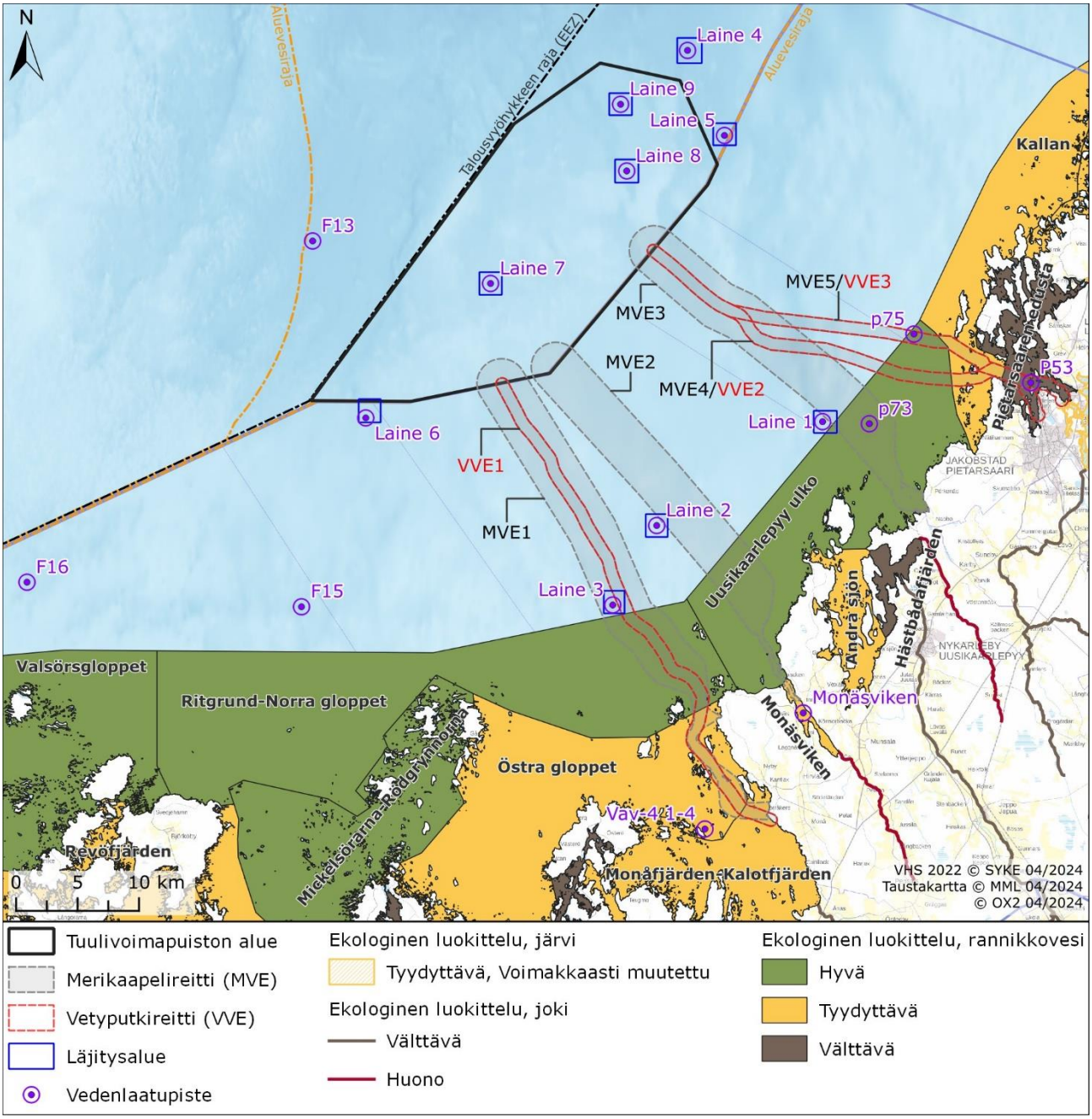
5.2.2 Vesien- ja merenhoito

Merituulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien alue kuuluu vesienhoidon suunnittelussa Kokemäenjoen-Saaristomeren-Selkämeren vesienhoitoalueeseen. Merituulivoimapuisto- ja läjitysalueet sekä alkuosa energiansiirron reiteistä sijoittuvat kuitenkin vesienhoidon suunnittelualueen ulkopuolelle ulkomerelle. Merenhoitosuunnitelmassa Perämerta ja Merenkurkkua käsitellään laajempina merialueina. Kokemäenjoen-Saaristomeren vesienhoitosuunnitelma vuosille 2022–2027 (*Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2021*) sekä merenhoitosuunnitelma vuosille 2022–2027 (*Ympäristöministeriö 2021a*) on hyväksytty 16.12.2021.

Reittivaihtoehto MVE1/VVE1 sijoittuu Merenkurkun ulkosaariston (Mu) vesimuodostumaan Ritgrund-Norra gloppet sekä Merenkurkun sisäsaaristoon (Ms) kuuluvien vesimuodostumien Östra Gloppet ja Monåfjärden-Kalotfjärden alueilla (Kuva 5-4, Taulukko 5-3). Kaapelireittivaihtoehdot MVE2 ja MVE3 sijoittuvat Perämeren ulompien rannikkovesien (Pu) vesimuodostumaan Uusikaarlepyy ulko (Kuva 5-4, Taulukko 5-3). MVE2 rantautuu lisäksi Perämeren sisempiin rannikkovesiin (Ps) kuuluvan Monäsvikenin alueella.

Reitit MVE4/VVE2 ja MVE5/VVE3 kulkevat myös ulkovesimuodostuman Uusikaarlepyy ulko -alueella sekä lähellä rannikkoa Kallan ja Pietarsaaren edustan vesimuodostumien alueella.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-4. Merituulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien alueen ympäristön vesimuodostumat, ekologinen tila ja vedenlaadun havaintopaikat. Kuvassa on esitetty myös hankkeen yhteydessä tehtyjen jatkuvatoimiset virtaus- ja vedenlaatumittauspisteet sekä potentiaaliset meriläjitysalueet. (Suomen ympäristökeskus 2024b, Lindfors ym. 2023 ja 2024, liite 4 ja 5).

Taulukko 5-3. Energiansiirtoreittien alueen rannikkovesimuodostumien ekologinen tila ja luokittelun eri tekijät (Suomen ympäristökeskus 2024b). Luokittelu perustuu pääosin vuosijakson 2012–2017 seuranta-aineistoihin.

	Lukuarvo	Laskennallinen	Arvio tilasta
Ritgrund-Norra gloppet 3_Mu_090 Rannikko			
Biologinen tila		Hyvä	**Hyvä**

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

	Lukuarvo	Laskennallinen	Arvio tilasta
Kasviplankton	0,8	Hyvä	
a-klorofylli (µg/l)	1,7	Hyvä	
Fysikaalis-kemialliset olosuhteet		Erinomainen	**Erinomainen**
Kokonaisfosfori (µg/l)	6,07	Erinomainen	
Kokonaistyppi (µg/l)	210	Erinomainen	
Näkösyvyys (m)	5,97	Erinomainen	
Fys.-kem. lisämuuttujat (ei luokkarajoja)			
Hapen kyllästysaste (%)	76		
Happi, liukoinen (mg/l)	8,4		
HyMo-muuttuja	2	Hyvä	**Hyvä**
Morfologia (vaikutuspisteet)	2	Hyvä	
Kokonaistilaluokitus:	**Hyvä**		
Östra gloppet 3_Mu_050 Rannikko			
Biologinen tila		Tyydyttävä	**Tyydyttävä**
Kasviplankton	0,64	Hyvä	
a-klorofylli (µg/l)	2,07	Hyvä	
kokonaisbiomassa (mg/l)	0,26	Hyvä	
Pohjaeläimet	0,54	Tyydyttävä	
BBI-indeksi (ELS)	0,26	Tyydyttävä	
Fysikaalis-kemialliset olosuhteet		Tyydyttävä	**Tyydyttävä**
Kokonaisfosfori (µg/l)	8,62	Erinomainen	
Kokonaistyppi (µg/l)	283	Tyydyttävä	
Näkösyvyys (m)	4,66	Hyvä	
Fys.-kem. lisämuuttujat (ei luokkarajoja)			
Hapen kyllästysaste (%)	86		
Happi, liukoinen (mg/l)	8,7		
HyMo-muuttuja	1		**Erinomainen**
Morfologia (vaikutuspisteet)	1	Hyvä	
Kokonaistilaluokitus:	**Tyydyttävä**		
Monåfjärden-Kalotfjärden 3_Ms_010 Rannikko			
Biologinen tila		Hyvä	**Hyvä**
Kasviplankton	0,68	Hyvä	
a-klorofylli (µg/l)	3,0	Hyvä	
Pohjaeläimet	0,6	Hyvä	
BBI-indeksi (ELS)	0,58	Hyvä	
Fysikaalis-kemialliset olosuhteet		Hyvä	**Tyydyttävä**
Kokonaisfosfori (µg/l)	8,5	Erinomainen	
Kokonaistyppi (µg/l)	307	Hyvä	
Näkösyvyys (m)	2,38	Hyvä	
Fys.-kem. lisämuuttujat (ei luokkarajoja)			
Hapen kyllästysaste (%)	68		
Happi, liukoinen (mg/l)	6,7		

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

	Lukuarvo	Laskennallinen	Arvio tilasta
HyMo-muuttuja	3	Hyvä	**Hyvä**
Morfologia (vaikutuspisteet)	3	Tyydyttävä	
Kokonaistilaluokitus:	**Tyydyttävä**		
Uusikaarlepyy ulko 3_Pu_080 Rannikko			
Biologinen tila		Hyvä	**Hyvä**
Kasviplankton	0,64	Hyvä	
a-klorofylli (µg/l)	2,08	Hyvä	
Fysikaalis-kemialliset olosuhteet		Hyvä	**Hyvä**
Kokonaisfosfori (µg/l)	12,07	Tyydyttävä	
Kokonaistyppi (µg/l)	309	Hyvä	
Näkösyvyys (m)	3,9	Hyvä	
Fys.-kem. lisämuuttujat (ei luokkarajoja)			
Hapen kyllästysaste (%)	84		
Happi, liukoinen (mg/l)	8,8		
HyMo-muuttuja	1	Hyvä	**Hyvä**
Morfologia (vaikutuspisteet)	1	Hyvä	
Kokonaistilaluokitus	**Hyvä**		
Monäsviken 3_Ps_031 Rannikko			
Biologinen tila		Tyydyttävä	**Tyydyttävä**
Kasviplankton	0,42	Tyydyttävä	
a-klorofylli (µg/l)	6,2	Tyydyttävä	
Pohjaeläimet	0,4	Tyydyttävä	
BBI-indeksi (ELS)	0,38	Tyydyttävä	
Fysikaalis-kemialliset olosuhteet		Tyydyttävä	**Tyydyttävä**
Kokonaisfosfori (µg/l)	17,2	Tyydyttävä	
Kokonaistyppi (µg/l)	346	Tyydyttävä	
Näkösyvyys (m)	2,07	Tyydyttävä	
Fys.-kem. lisämuuttujat (ei luokkarajoja)			
Hapen kyllästysaste (%)	89		
Happi, liukoinen (mg/l)	8,6		
HyMo-muuttuja	4	Tyydyttävä	**Tyydyttävä**
Morfologia (vaikutuspisteet)	4	Tyydyttävä	
Kokonaistilaluokitus:	**Tyydyttävä**		
Kallan 3_Pu_070 Rannikko			
Biologinen tila			**Hyvä**
Kasviplankton	0,58	Tyydyttävä	
a-klorofylli (µg/l)	2,4	Tyydyttävä	
Pohjaeläimet	1,0	Erinomainen	
BBI-indeksi (ELS)	1,06	Erinomainen	
Fysikaalis-kemialliset olosuhteet		Tyydyttävä	**Tyydyttävä**
Kokonaisfosfori (µg/l)	12,4	Tyydyttävä	
Kokonaistyppi (µg/l)	300	Hyvä	

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

	Lukuarvo	Laskennallinen	Arvio tilasta
Näkösyvyys (m)	3,1	Tyydyttävä	
Fys.-kem. lisämuuttujat (ei luokkarajoja)			
Hapen kyllästysaste (%)	77		
Happi, liukoinen (mg/l)	7,8		
HyMo-muuttuja		Erinomainen	**Erinomainen**
Morfologia (vaikutuspisteet)	0	Erinomainen	
Kokonaistilaluokitus:	**Tyydyttävä**		
Pietarsaaren edusta 3_Ps_028 Rannikko			
Biologinen tila		Tyydyttävä	**Tyydyttävä**
Kasviplankton	0,36	Välttävä	
a-klorofylli (µg/l)	8,3	Välttävä	
Pohjaeläimet	0,61	Hyvä	
BBI-indeksi (ELS)	0,59	Hyvä	
Fysikaalis-kemialliset olosuhteet		Huono	**Huono**
Kokonaisfosfori (µg/l)	32,5	Huono	
Kokonaistyppi (µg/l)	609	Huono	
Näkösyvyys (m)	1,33	Välttävä	
Fys.-kem. lisämuuttujat (ei luokkarajoja)			
Hapen kyllästysaste (%)	75		
Happi, liukoinen (mg/l)	7,3		
HyMo-muuttuja (vaikutuspisteet)		Tyydyttävä	**Tyydyttävä**
Morfologia (vaikutuspisteet)	5	Välttävä	
Kokonaistilaluokitus:	**Välttävä**		

Alueen vesimuodostumista Ritgrund-Norra gloppetin sekä Uudenkaarlepyyn ulkoalueiden ekologinen tila on määritelty vesienhoidon uusimmassa, kolmatta vesienhoitokautta 2022–2027 varten tehdyssä luokittelussa hyväksi. Muut alueen vesimuodostumat on luokiteltu pääosin tyydyttävään ekologiseen tilaan. Syynä tyydyttävään ekologiseen tilaan ovat pääosin korkeat ravinnepitoisuudet ja osin myös kasviplanktonin ja/tai pohjaeläimistön heikentynyt tila. Pietarsaaren edusta on tilaluokitukseltaan välttävä. Alueella vaikuttaa suojaisempi sijainti, pistekuormitus sekä Luodonjärvestä tulevat heikkolaatuisemmat vedet. Pietarsaaren sataman ja väylän alueella 2013 toteutettu ruoppaushanke on toimenpideohjelman mukaan myös voinut vaikuttaa vesimuodostuman tilaan ja sen heikentymiseen verrattuna edelliseen vesienhoitokauteen.

Haitta-aineiden vesipitoisuuksien perusteella määritettävä kemiallinen tila on arvioitu hyväksi sekä 2. että 3. luokittelukaudella kaikissa em. vesimuodostumissa. Asiantuntija-arviona bromattujen difenyylieetterien (PBDE) ympäristölaatunormin arvioidaan ylittyvän kaikissa vesimuodostumissa. PBDE määritellään ns. ubikvitaarisiksi eli UBI-aineeksi, jotka ovat kaikkialla esiintyviä, laajalle alkuperäisistä päästölähteistään levinneitä, pysyviä, kertyviä ja myrkyllisiä aineita. Näiden aineiden pitoisuuksiin ei voida vaikuttaa kansallisin toimenpitein ja siksi niiden osalta voidaan poiketa vesien hyvän tilan vaatimuksesta.

Merenkurkussa ja Perämerellä on yhteispinta-alaltaan yli 2 500 km^2 olevia laajoja rannikkovesimuodostumia, joiden hyvän tilan on arvioitu olevan riskissä heikentyä rehevöitymiskehityksen vuoksi.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Vesienhoitoalueella Etelä-Pohjanmaan rannikon keskeinen ongelma on rehevöityminen. Rehevyys näkyy erityisesti sisäsaaristossa kaupunkien ja jokien vaikutusalueella. Vesirakentaminen ja satamien, väylien ja veneilyreittien ruoppaukset ovat muuttaneet vesialueen luonnetta paikoittain. Alueen pienet joet virtaavat maatalousvaltaisten alueiden halki, minkä vuoksi maatalouden kuormituksen vaikutukset korostuvat. Jokien suurin ongelma on happamuus. Suurin osa alueen pelloista sijaitsee tehokkaasti kuivatuilla happamilla sulfaattimailla. Happamien jokivesien tuomat metallit jäävät jokisuistojen pohjasedimentteihin aiheuttaen haittoja muun muassa alueen pohjaeläimistölle. Rannikolla on myös tasaisesti pistekuormitusta kuten asutusjätevesipuhdistamoita, teollisuutta ja kalankasvatusta. Alueella on myös turkistarhoja. Hyvän ekologisen tilan saavuttaminen edellyttää rannikkovesimuodostumissa ravinnepitoisuuksien alentamista. Tavoitteena on myös lieventää alueelle laskevien jokien happamuuspiikkejä korkeiden metallipitoisuuksien pienentämiseksi. Rannikkovesien rakenteellisia muutoksia tulee vähentää lisäämällä ja säilyttämällä rantavyöhykkeen monimuotoisuutta. Vaelluskalojen (siian, meritaimenen) ja nahkiaisen liikkuminen tulee olla mahdollista jokien alueilla ja kaloilla tulee olla riittävästi lisääntymisalueita.

Vesien- ja merenhoidon suunnitelmien lähtökohdat ja tavoitteet ovat varsin yhteneväisiä. Molemmat tähtäävät meriympäristön hyvän tilan saavuttamiseen. Koska suurin osa kuormituksesta on peräisin maalta, parantavat vesienhoidon toimenpiteet myös meren tilaa. Yhtymäkohtia on erityisesti rehevöitymisen ja haitallisten aineiden vähentämisessä. Kaikki valuma-alueita koskevat toimenpiteet esitetään vesienhoitosuunnitelmissa, mutta merenhoidon tavoitteet on otettu huomioon toimenpiteiden kohdentamisessa ja mitoituksessa. Merenhoitosuunnitelmaan sisältyy useita teemoja, joita ei käsitellä vesienhoitosuunnitelmissa (Taulukko 5-12). Näistä esimerkkejä ovat vedenalaisen melun vähentäminen ja luonnon monimuotoisuuden parantaminen. Vesienhoitosuunnitelman toteuttaminen edistää merenhoidon tavoitteiden saavuttamista Perämerellä yhdessä ympäröivien vesienhoitoalueiden suunnitelmien kanssa. Merenhoidon toimenpiteillä vähennetään etenkin ravinteiden ja haitallisten aineiden kuormitusta sekä roskaantumista. Monet kunnostustoimenpiteet edistävät lisäksi vaelluskalakantojen toipumista. Vesienhoidon toimenpiteillä on arvioitu olevan mahdollista saavuttaa merkittävä Perämeren tilaan vaikuttava kuormitusvähenemä yhdessä ympäröivien vesienhoitoalueiden suunnitelmien kanssa.

Laineen merituulivoimahanketta ei ole erikseen mainittu vesien- tai merenhoitosuunnitelmissa, vaikka toimialan kasvu on huomioitu.

Vesienhoitosuunnitelman toimenpiteet on jaoteltu sektoreittain. Tuulivoimalle ei ole esitetty varsinaisia sektorikohtaisia toimenpiteitä, mutta siihen suoraan liittyviä toimenpiteitä ovat maaperän happamuuden torjunta, vesistöjen kunnostuksen, säännöstelyn ja rakentamisen täydentävät toimenpiteet ja erityisesti vesirakentamisen haittojen vähentäminen.

Merenhoidon toimenpideohjelmassa merituulivoimarakentamista koskevia toimenpiteitä esitetään liittyen vedenalaisen melun vähentämiseen ja rajoittamiseen, merenpohjan fyysisten vahinkojen ja menettämisen vähentämiseen, merenpohjan biologisen monimuotoisuuden ylläpitämiseen, hydrografisten muutosten aiheuttamien häiriöiden estämiseen ja luontotyyppien ja elinympäristöjen suojeluun.

5.2.3 Veden laatu

Merenkurkun saaristo ulottuu Uudenkaarlepyyn eteläpuolelle muodostaen matalan saaristoisen rannikkoalueen Selkämeren ja Perämeren välissä. Merivesi virtaa suhteellisen voimakkaasti Merenkurkun muodostaman kynnyksen yli. Osa merivedestä, joka virtaa Selkämereltä, kääntyy länteen päin matalamman kynnyksen kohdalla. Merenkurkun etelä- ja pohjoisosan välillä myös veden suolapitoisuus laskee voimakkaasti.

Perämeren eteläosa alkaa olla järvimäisempää, suolapitoisuus on alhainen ja vesi on ruskeampaa ja humuspitoisempaa. Perämeren suolapitoisuus on enimmilläänkin vain noin 4 ‰, mikä johtuu maa-alueilta valuvan makean veden runsaasta määrästä. Jokisuilla suolapitoisuus voi olla hyvin alhainen. Perämeren happitilanne pysyy yleensä hyvänä johtuen heikosta kerrostuneisuudesta

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

sekä Selkämereltä virtaavasta vedestä. Merenkurkun kynnyksen vuoksi Selkämereltä pääsee ainoastaan hapekasta päällysvettä Perämereen. (*Kronholm ym. 2005*)

Perämeressä kerrostuneisuus suolapitoisuuden mukaan on heikkoa ja epäselvää varsinaiseen Itämereen verrattuna, eikä juuri estä pystysuunnassa tapahtuvaa veden sekoittumista. Säännöllinen jäätyminen ja runsaat jokivedet saavat kuitenkin aikaan talvisin toisenlaisen kerrostumisilmiön, missä merivettä kevyemmät jokivedet kasautuvat jokisuistoihin ja kerrostuvat laajalle alueelle meriveden päälle noin 1–5 metriä paksuna kerroksena jään alla. Pinta- ja alusveden suolapitoisuuden ero saattaa tällöin olla suuri, ja jokivesien mukanaan tuomat ainekset voivat kulkeutua kauas merelle. Avoveden aikana tuulet, meriveden korkeuden vaihtelut ja virtaukset sekoittavat vesimassat, eikä suolakerrostuneisuutta pääse syntymään yhtä voimakkaana kuin talvella. Matalilla alueilla vedet sekoittuvat pohjaan asti, mikä aiheuttaa ajoittain jonkin verran samennusta.

Merenhoidon rehevöitymistilan kokonaisarvion mukaan mikään Suomen rannikkovesi- tai avomerialueista ei ole hyvässä tilassa, vaikka joissain vesimuodostumissa yksittäiset indikaattorit voivatkin ilmentävät hyvää tilaa (*Korpinen ym. 2018*). Rannikkovesityyppitasolla Merenkurkun ja Perämeren ulommissa rannikkovesissä kokonaistyppi ja -fosfori tai molemmat täyttävät hyvän tilan tavoitearvot, mutta kasviplanktonin a-klorofyllin hyvän tilan tavoitearvo ei toteudu millään rannikkovesi- eikä avomerialueella. Perämeren avomerialueilla epäorgaaninen fosfori ilmentää kuitenkin hyvää tilaa. (*Korpinen ym. 2018*)

Perämerellä fosfori on kasviplanktontuotantoa rajoittava ravinne ulapalla ja usein myös rannikkovyöhykkeellä. Tilanne on päinvastainen kuin useimmilla muilla merialueilla, missä rajoittava ravinne on yleensä typpi. Veden suuret rauta- ja humuspitoisuudet aiheuttavat osaltaan pieniä fosfaattipitoisuuksia, sillä fosfori sitoutuu niihin ja sedimentoituu pohjaan. Runsashappinen alusvesi edistää fosforin sitoutumista pohjasedimenttiin. Typpeä on Perämeressä tyypillisesti enemmän kuin Itämeren eteläisemmissä altaissa, koska fosforirajoitteisuuden seurauksena kasviplankton ei kykene hyödyntämään koko typpivarastoa. Jokien vaikutusalueilla voi Perämerellä kuitenkin esiintyä ajoittain myös typpirajoitteisuutta.

Uudenkaarlepyyn edustalla merialueen vedenlaatuun ja kerrostumiseen vaikuttavat Vöyrinjoen, Lapuanjoen ja Kyrönjoen vedet ja alueelle tulee myös jonkin verran yhdyskuntajätevesien kuormitusta. Pietarsaaren merialueelle tulee teollisuuden ja asutuksen jätevesikuormituksen lisäksi myös teollisuuden jäähdytysvesiä. Pietarsaaren edustalla vaikuttavat voimakkaasti myös Luodon-Öjanjärven makeavesialtaasta juoksutettavat humuspitoiset ja ajoittain happamat vedet.

Pietarsaaren edustalla mereen johdettavat käsitellyt jätevedet sekä jäähdytysvedet kulkeutuvat purkualueelta pääsääntöisesti pohjoisen suuntaan. Makeasta vedestä koostuvat jätevedet pysyvät pintavesissä meriveden pysyessä pohjassa. Jäte- ja järvivesien vaikutukset näkyvät talvisin pintavedessä etenkin kohonneina väri- ja ravinnearvoina. Veden laadussa esiintyy kuitenkin talvisin voimakasta alueellista sekä myös vuosien välistä vaihtelua. (*Mykrä & Jutila 2021*).

Merituulivoimapuiston alueelta ei ole säännöllistä viranomaisten organisoimaa vedenlaadun seurantaa, mutta läheiseltä ulkomerialueelta löytyy mm. Arandan vedenlaadun mittauksia ja tuulivoimapuiston alueen vedenlaadun voidaan arvioida vastaavan hyvin yleisiä olosuhteita Merenkurkussa ja eteläisellä Perämerellä. Merituulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien alueella tehtiin lisäksi jatkuvatoimisia virtauksien, lämpötilan, suolaisuuden ja happipitoisuuden mittauksia liittyen läjityksen suunnitteluun yhteensä 3 kuukauden ajan vuosittain vuosina 2022–2023.

Lähimmät havaintoasemat, joilla on ollut säännöllistä näytteenottoa, ovat merituulivoimapuiston läheisellä avomerialueella mittausasemat F13, F15 ja F16 (Kuva 5-4, Taulukko 5-4). Lähempänä rannikkoa mittaushavaintoja on enemmän ja tarkastelussa on käytetty kaapelireittien läheisyydessä sijaitsevia seurantapisteitä, Uudenkaarlepyyn ja Pietarsaaren edustalla P53, P63 ja P75, etelämpänä Merenkurkun puolella Vav-4 I-4 sekä MVE2 rantautumisalueella sijaitseva Monäsviken (Kuva 5-4, Taulukko 5-4). Merialueen vedenlaatua on tarkasteltu tarkemmin ympäristöhallinnon vedenlaaturekisterin (*Suomen ympäristökeskus 2023b, Vesla*) vuosien 2014–2023 vedenlaatutietojen perusteella.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Avomerialueen havaintopaikoilla veden syvyys vaihtelee noin välillä 46–86 m. Happitilanne on yleisesti hyvä ja syvimmillä havaintopaikoillakin pohjan läheinen vesi pysyy hapellisena ympäri vuoden. Merivedelle tyypillisesti pH arvot ovat selvästi emäksisiä. Ravinnepitoisuudet ovat keskimäärin melko alhaisia, kokonaisfosfori < 10 µg/l ja typpipitoisuus < 300 µg/l. Ravinteita on yleensä hieman enemmän pohjan lähellä kuin pinnassa, jossa planktonlevät sitovat niitä tehokkaasti etenkin kesällä. Levätuotannon määrää epäsuorasti kuvaavat a-klorofyllipitoisuudet ovat avomerialueellakin hieman koholla ollen noin tasolla 3–4 µg/l ja kuvaten siten keskimäärin tyydyttävää tasoa. Veden suolaisuus eli saliniteetti vaihtelee avomerituloksissa noin välillä 3–5 PSU.

Uudenkaarlepyyn ja Pietarsaaren edustan ulommissa rannikkovesissä (P73 ja P75) saliniteetti on noin 2–4 ‰. Happitilanne on erinomainen, alimmillaankin pohjan lähellä on mitattu hieman alle 80 prosentin hapen kyllästysasteita. Vedenlaatu vastaa paljolti avomerialuetta. Ravinnepitoisuudet kuvastavat ekologisen luokituksen mukaista erinomaista tilaa, mutta a-klorofyllipitoisuus on keskimäärin noin 3 µg/l, joka kuvastaa tyydyttävää tasoa. Lähempänä rannikkoa jokivedet laskevat ajoittain veden suolapitoisuutta selvästi ja nostavat ravinteiden, orgaanisen aineksen ja raudan pitoisuuksia pintakerroksessa. Ravinnetaso sekä kasviplanktontulokset ilmentävät sisemmissä rannikkovesissä pääosin lievää rehevyyttä ja tyydyttävää/välttävää ekologista tilaa. Erityisesti Pietarsaaren edustan alueella ravinnepitoisuudet ovat jopa huonolla tasolla.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 5-4. Ulkomerialueen (F13, F15 ja F15) vedenlaadun keski- ja ääriarvoja vuosina 2014–2023 (Suomen ympäristökeskus 2024b). n = näytemäärä.

	Syvyys m	Happi, liuk. mg/l	Happikyllästys %	pH	Saliniteetti ‰	Kok.P µg/l	PO4-P µg/l	Kok.N µg/l	NH-4- µg/l	NO2+3-N µg/l	Näkösyvyys m	Chl-a µg/l
F13 (ulkomerialue)												
ka	**4**	**12**	**100**	**7,9**	**3,1**	**7,6**	**2,1**	**242**	**2**	**47**	**6,0**	**2,9**
min	0	9,1	94	7,6	2,8	3,1	0,8	202	1	1	4,0	0,9
max	8	14	121	8,4	3,6	13	6,0	279	9	96	7,5	5,8
ka	**63**	**12**	**91**	**7,7**	**3,7**	**12**	**4,9**	**264**	**7**	**65**		
min	58	9,3	81	7,6	3,1	3,6	0,8	198	1	29		
max	64	14	99	7,9	4,2	22	12	325	19	97		
F15 (ulkomerialue)												
ka	**2,0**	**12**	**100**	**8,0**	**3,4**	**11**	**3,4**	**242**	**2**	**40**	**5,0**	**3,6**
min	0	9,2	94	7,7	3,0	6,6	0,8	161	1	2	4,0	2,2
max	5	14	120	8,4	4,2	20	13	298	7	103	6,0	5,5
ka	**47**	11	90	7,8	4,4	16	7,2	251	8	49		
min	46	8,8	77	7,6	3,8	9,8	0,8	187	1	17		
max	48	13	97	7,9	4,9	25	17	293	19	97		
F16 (ulkomerialue)												
ka	**3,0**	**12**	**100**	**7,9**	**3,7**	**10**	**3,2**	**243**	**2**	**41**	**5,6**	**3,6**
min	0	8,8	91	7,7	2,9	4,6	0,8	163	1	1	4,0	2,0
n	7,5	14,1	125	8,3	4,9	19	14	282	8	94	7,5	7,7
ka	**47**	**11**	**89**	**7,8**	**4,7**	**16**	**8,1**	**257**	**4**	**50**		
min	46	8,6	73	7,5	3,8	7,1	0,8	202	1	9		
max	48	13,5	99	8,0	5,5	30	20,1	331	14	89		

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 5-5. Pietarsaaren edustan (P53, P73 ja P75) ja Pietarsaaren edustan (P75) vedenlaadun keski- ja ääriarvoja vuosina 2014–2023 (Suomen ympäristökeskus 2024b). n = näytemäärä.

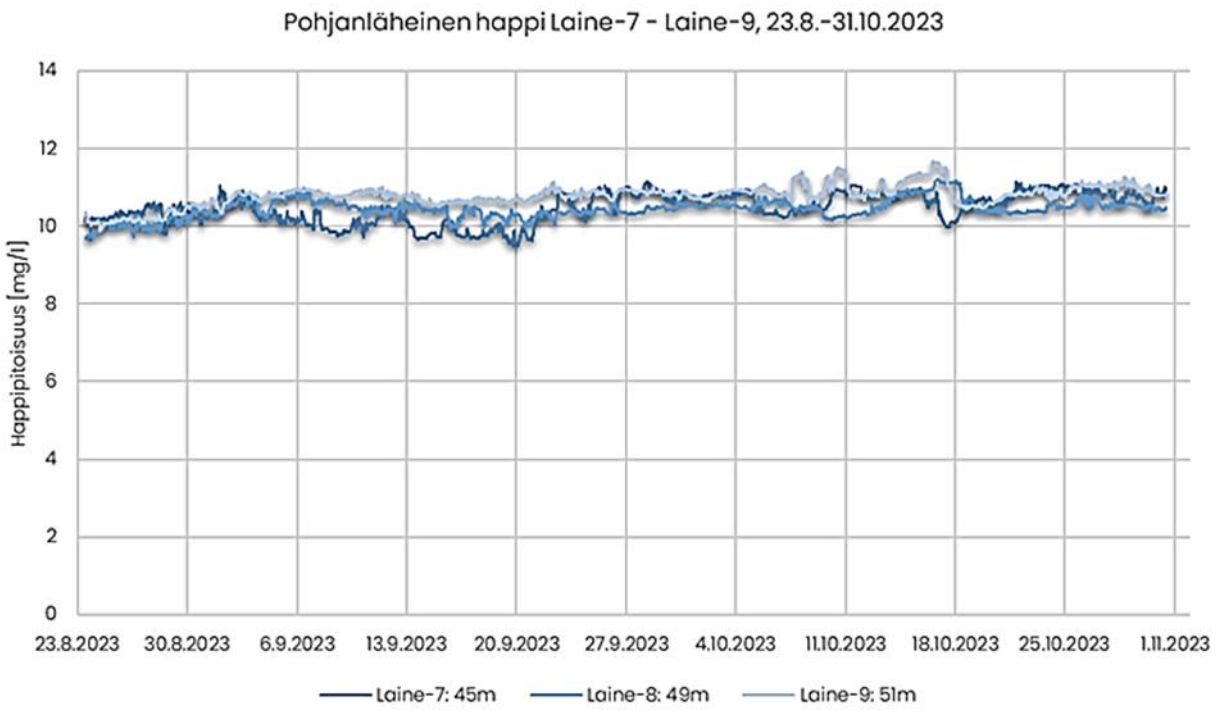
	Syvyys m	Happi, liuk. mg/l	Happikyllästys %	pH	Saliniteetti ‰	Sähkönjohtavuus mS/m	Sameus FNU	Väri mg/l Pt	Kiintoaine (mg/l)	Kok.P µg/l	PO_4-P µg/l	Kok.N µg/l	NH_4+NO_{2+3}-N µg/l	NO2+3-N µg/l	Näkösyvyys m	Chl-a µg/l
P75 Pietarsaaren edusta (n = 27–41)																
ka	**1**	**97**	**10**	**7,5**	**3,1**	**570**	**0,59**	**12**	**4,7**	**8,4**	**1,6**	**280**	**8,4**	**53**	**4,4**	**3,2**
min	1	88	8,5	6,3	2,7	486	0,25	7	0,5	3,7	1,0	150	2	2	2,0	1,2
max	1	110	13	8,2	3,5	630	1,2	35	15	16	5	750	24	200	7,5	7,7
ka	**15**	**88**	**11**	**7,7**	**3,3**	**600**	**0,58**	**9,9**	**44**	**8,6**	**1,7**	**249**	**11**	**60**		
min	14	78	8,5	7,4	3,0	543	0,25	5,0	3,7	4,4	1,0	150	2	6		
max	17	98	13	8,2	3,8	677	1,5	16	0,5	48	5,0	380	27	170		
P73 Pietarsaaren edusta (n = 44–49)																
ka	**1**	**93**	**10**	**7,8**	**3,1**	**560**	**0,73**	**15**		**9,7**	**1,7**	**291**	**7,9**	**69**	**4,1**	**3,1**
min	1	85	8,3	7,5	2,1	388	0,25	7		5	1	160	2	2	1,7	0,5
max	1	101	13	8	3,5	640	2,3	70		23	5	830	23	390	6,6	6,7
ka	**21**	**82**	**10**	**7,7**	**3,4**	**620**	**0,76**	**9**		**8,0**	**1,7**	**261**	**12**	**63**		**82**
min	20	77	9,1	7,5	3,0	548	0,29	7		5	1	200	2	21		77
max	22	89	13	7,9	4,0	711	1,2	19		11	5	360	37	110		89
P53 Pietarsaaren ed P53 (n = 8–12)																
ka	**1**	**89**	**9,8**	**7,6**	**2,5**	**460**	**2,6**	**47**		**21**	**4,3**	**489**	**51**	**89**	**1,5**	**7,9**
min	1	81	8,1	7	0,48	88,6	0,89	11		9	1	230	2	2	0,5	1,8
max	1	97	13	8,4	3,3	590	6	180		61	20	1300	160	520	3,0	22,6
ka	**47**	**85**	**9,8**	**7,6**	**3,0**	**560**	**3,9**	**23**		**18**	**3,3**	**367**	**39**	**81**		
min	46	76	8,1	7,4	1,49	303	0,63	10		7	1	240	7	8		
max	48	90	13	7,9	3,4	623	29	67		81	7	630	83	270		
Vav-4 I-4 (n = 18–27)																
ka	**1**	**95**	**10**	**7,7**	**3,2**	**590**	**0,76**	**13**		**10**	**2,0**	**317**	**15**	**75**	**4,5**	**2,4**
min	1	81	8,2	7,3	2,8	517	0,33	7		3,6	1	180	2	2	2,0	1
max	1	120	14,2	7,9	3,5	630	3,3	34		25	4,2	690	52	370	6,0	3,7

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

	Syvyys m	Happi, liuk. mg/l	Happikyllästys %	pH	Saliniteetti ‰	Sähkönjohtavuus mS/m	Sameus FNU	Väri mg/l Pt	Kiintoaine (mg/l)	Kok.P µg/l	PO_4-P µg/l	Kok.N µg/l	NH_4+NO_{2+3}-N µg/l	NO2+3-N µg/l	Näkösyvyys m	Chl-a µg/l
ka	**57**	**74**	**8,8**	**7,4**	**3,4**	**630**	**2,5**	**13**		**15**	**5,4**	**337**	**62**	**68**		
min	55	46	4,9	7,1	3,1	580	0,62	8		7,5	1	230	2	11		
max	63	99	13	7,8	3,7	670	6,9	25		24	11	540	280	190		
Monäsviken (n= 44–48)																
ka	**0,5**	**95**	**10**	**7,2**	**2,9**	**530**	**3,5**		**4,7**	**25**	**7,8**	**595**	**110**	**170**	**1,6**	**7,8**
min	0	54	7,8	6,1	1	130	0,9		0,5	7,8	1	170	2	2	0,3	2,4
max	1	139	13,5	8,3	3,5	630	12		15	160	130	2000	740	1400	3,5	33
ka	**5**	**95**	**11**	**7,7**	**3,3**	**600**	**2,2**		**3,7**	**15**	**2,8**	**333**	21	62		
min	4	80	7,4	7,3	2,8	520	0,65		0,5	7,3	1	160	2	2		
max	6	120	13,3	8,2	3,5	660	12		17	26	13	490	57	230		

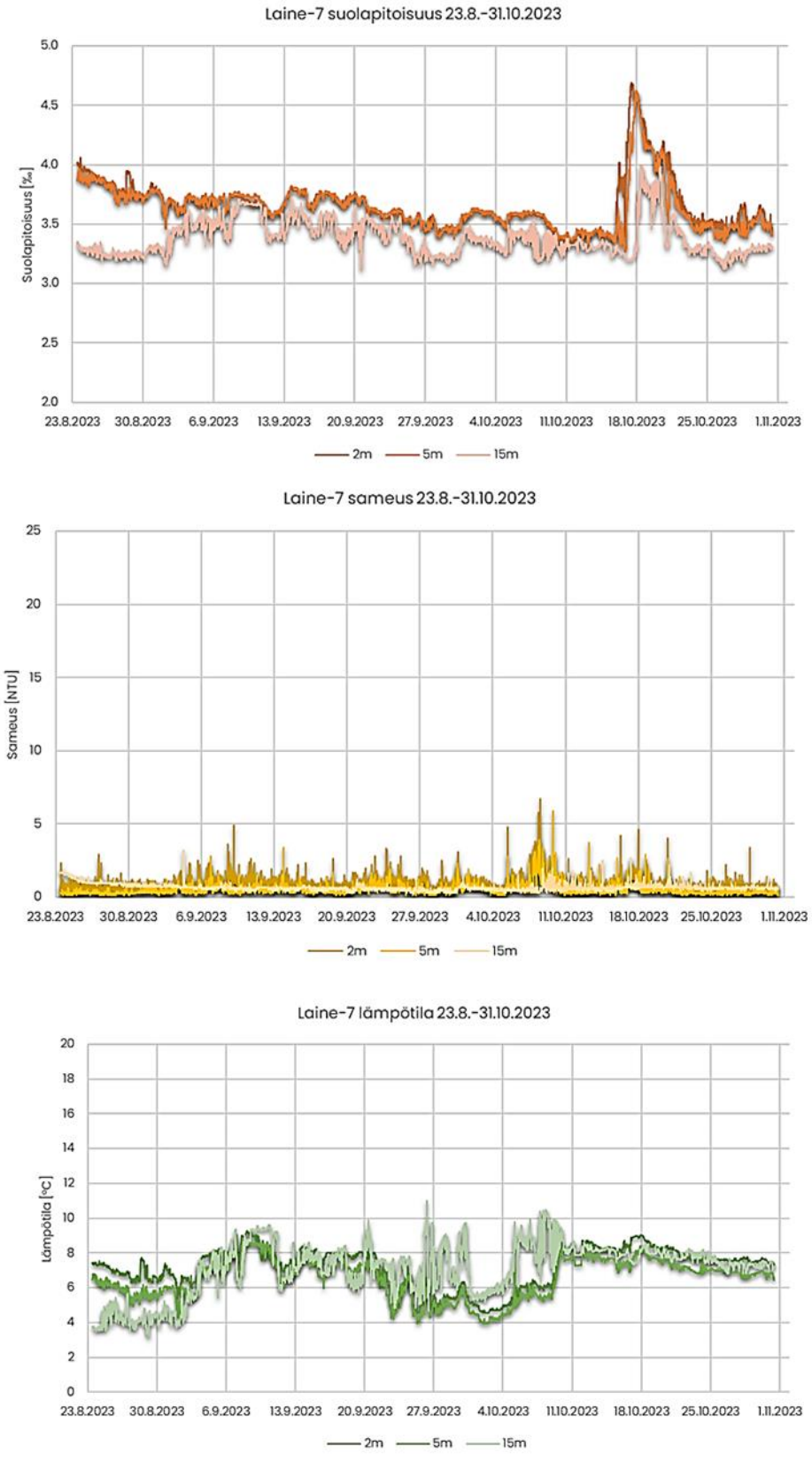
Merituulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien alueella arvioitiin virtausten ja vedenlaadun nykytilaa asentamalla jatkuvatoimisia mittauslaitteistoja, jotka tallensivat kolmelta syvyydeltä veden happipitoisuus-, sameus-, suolapitoisuus- ja lämpötilatietoja. Mittauksia tehtiin kaiken kaikkiaan yhdeksällä kohteella (Kuva 5-4 ja liite 5) 20.7./14.8.–18.10.2022 ja 23.8.-31.10.2023 välisillä ajanjaksoilla. Happipitoisuusmittauksia tehtiin vain pohjanläheisessä vesikerroksessa. Automaattimittauspaikoilla pohjanläheiset happipitoisuudet pysyivät hyvällä tasolla (Kuva 5-5, mittausasemat Laine 7–Laine 9). Sameusarvot olivat kokonaisuutena alhaisia, <1–3 FNU, mutta kaikilla asemilla erottui etenkin syys-lokakuussa sameuden kasvua tasolle 5–10 FNU johtuen todennäköisesti virtausten vesimassaan sekoittamasta pohjamateriaalista. Kuvassa 5-6 on esitetty automaattimittaustuloksia asemalta Laine 7, joka sijaitsee merituulivoimapuistoalueen keskivaiheilla. Samaa aluetta tarkastellaan mahdollisena meriläjitysalueena nro 7.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-5. Veden happipitoisuus merituulivoimapuiston keskiosissa (Laine 7-Laine 9 asemilla) jatkuvatoimisissa mittauksissa 23.8.-31.10.2023. (Lindfors ym. 2024, liite 5)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-6. Veden suolapitoisuus, sameus, ja lämpötila merituulivoimapuiston keskiosissa (Laine 7) jatkuvatoimisissa mittauksissa 23.8.-31.10.2023. (Lindfors ym. 2024, liite 5*)*

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

5.2.4 Sedimentin laatu

Merituulivoimapuiston alueella merenpohja koostuu pääosin karkearakeisista maalajitteista, mutta myös pehmeän pohjan alueita on etenkin sen länsi- ja lounaisosalla. Merikaapeli-/vetyputkireiteistä vaihtoehdot MVE1/VVE1 sijoittuvat pääosin kovan pohjan alueelle, muut reitit (MVE2 ja MVE3) pääosin pehmeän maalajin alueille (lieju…hiekka). Reiteiltä MVE4/VVE2 ja MVE5/VVE3 ei ole tarkempaa luotausaineistoa, mutta yleispiirteisten maalajiaineistojen perusteella alueella vallitsevina maalajeina ovat sekasedimentti, muta ja mutainen hiekka.

Merituulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien alueella tehtiin sedimenttitutkimuksia vuosina 2022 ja 2023 ja varsinaiselta merituulivoimapuiston alueelta otettiin näytteitä kaikkiaan 12 paikalta. Vuonna 2022 oli 57 näyteasemaa, joista otettiin 105 näytettä, sekä vuonna 2023 otettiin lisäksi 16 uudesta paikasta 40 näytettä. Yhteensä vuosien 2022 ja 2023 aikana näytepaikkoja oli 73, joista otettiin kaiken kaikkiaan 145 näytettä (*Lindfors ym. 2023 ja 2024,* liite 4 ja 5).

Merituulivoimapuiston pohjoisosassa todettiin kontaminoituneita sedimenttejä (liite 5). Öljyhiilivetyjen ja nikkelin pitoisuudet olivat sedimenttinäytteissä korkeimmillaan ruoppaus- ja läjitysohjeen mukaisella pitoisuustasolla 1–2, jossa taso 2 kuvaa pääsääntöisesti läjityskelvotonta tasoa. Lisäksi esiintyi kuparia ja PCDD/F-yhdisteitä tason 1B (läjitettävissä vähintään tyydyttävälle läjitysalueelle) ylittävinä pitoisuuksina. Öljyhiilivetyjen ja PCDD/F-yhdisteiden osalta tutkimustulokset olivat kuitenkin ristiriitaisia, mutta esiintymistä ei voida poissulkea. Nikkeliä oli myös merituulivoimapuiston ulkopuolella, sen koillispuolelle suunniteltujen läjitysalueiden nro 4 ja 5 sedimentissä. Lisäksi sedimentin arseenipitoisuudet ovat jonkin verran koholla johtuen kuitenkin pääosin luontaisista tekijöistä. Reiteillä MVE1/VVE1, MVE2a ja MVE3 haitta-ainepitoisuudet olivat sedimenttitutkimusten perusteella vähäisiä ja mahdolliset ruoppausmassat soveltuvat sijoittaviksi sekä hyvälle että tyydyttävälle läjityspaikalle. Pohjoisemmilla kaapeli- ja vetyputkireiteillä MVE4/VVE2 ja MVE5/VVE3 rannikon läheisyydessä esiintyy laaja-alaisesti sekä haitta-aineita että eroosioherkkää sedimenttiä.

Rantautumisreitillä MVE1a todettiin yksittäisissä näytteessä nikkeliä pitoisuustasolla 2 ja muita metalleja korkeintaan tasolla 1A. Viereisessä näytepisteessä metallipitoisuudet olivat tasolla 1-1A. Jatkossa arvioidaan lisätutkimuksien tarvetta ja mahdollisesti pienialaiset kontaminaatioalueet voitaisiin kiertää. Rantautumisvaihtoehdossa MVE2b yksittäisessä näytteessä todettiin tason 1C ylittävä PCDD/F-yhdisteiden pitoisuus ja kyseiset massat tulisi sijoittaa vain hyvälle läjityspaikalle. Rantautumisvaihtoehdoissa MVE4/VVE2 ja MVE5/VVE3 esiintyy PCDD/F-yhdisteitä korkeimmillaan pitoisuustasolla 1C huomioiden sedimentin eroosioherkkyys sekä lisäksi mm. tributyylitinaa ja öljyhiilivetyjä esiintyy pitoisuustasolla 1B.

Merituulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien alueen pohjaolosuhteita ja sedimenttiä on käsitelty yksityiskohtaisemmin luvussa 7. Lisäksi sedimenteissä havaittujen haitta-aineiden tarkemman arvioinnin mahdollistamiseksi laadittiin YVA-selostuksen teon yhteydessä erillinen ekologinen riskiarvio, joka on liitteenä 6.

5.2.5 Meriveden korkeus, virtaukset ja aaltojen korkeus

Veden pääkiertoliike Perämeren pohjukassa on Suomen rannikkoa pohjoiseen ja Ruotsin rannikkoa etelään. Paikallisesti virtaukset määräytyvät pohjan ja rantavyöhykkeen morfometrian, jokivirtaamien, tuuliolosuhteiden sekä meriveden pinnankorkeusvaihteluiden mukaan.

Perämeressä tuuli on merkittävin virtauksia aiheuttava tekijä avovesiaikana ja virtausten suunta ja voimakkuus vaihtelee suuresti. Yleensä virtaus on matalilla alueilla tuulen suuntaista, kun taas vesialueen syvemmissä osissa virtaus on vastakkaissuuntainen. Talvella virtauksia aiheuttavat lähinnä jokivirtaamat sekä ilmanpainevaihtelusta ja Perämeren vesimassan ominaisheilahtelusta johtuvat vedenkorkeuden muutokset. Itämerellä pintakerroksen hetkelliset virtausnopeudet ovat tyypillisesti 5–10 senttimetriä sekunnissa, mutta kovilla myrskyillä virtaukset voivat olla 50 senttimetriä sekunnissa. Syvemmällä virtaukset ovat yleensä hitaampia kuin pintakerroksessa, tyypillisesti muutamia senttimetrejä sekunnissa.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Vedenkorkeuden vaihtelut Perämerellä aiheutuvat pääasiassa tuulista, ilmanpaineesta ja jokien tuomasta vesimäärästä. Yleensä veden pinta on Perämerellä korkealla myöhäissyksyllä ja laskee kevättalvea kohti. Sen jälkeen pinta alkaa nousta, kunnes saavuttaa syksyisen tasonsa. Pohjois-tuulilla vesi on alhaalla ja etelätuulilla korkealla. Etelä- ja lounaistuulilla merivesi kerääntyy Perämeren pohjukkaan. Lyhytaikaiset vaihtelut ovat kuitenkin suuria ja esimerkiksi kovat tuulet saattavat nostaa veden pintaa nopeasti.

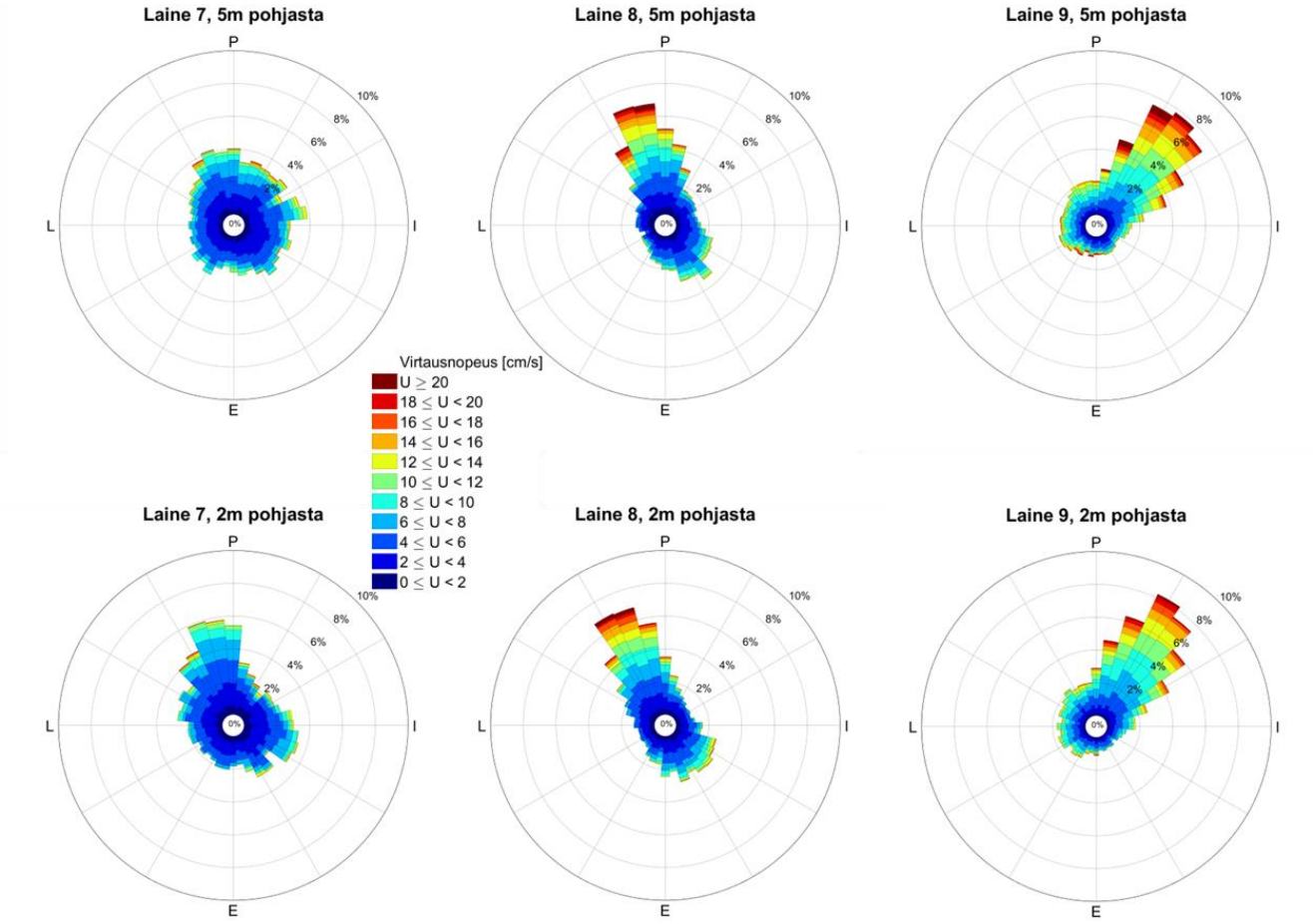
Merenkurkussa virtaa suuria määriä vettä Selkämeren ja Perämeren välillä. Ulos virtaa pääasiassa vähäsuolaista pintavettä ja sisään Selkämeren suolaisempaa vettä.

Perämerellä ja Merenkurkussa maanpinta kohoaa jatkuvasti, mistä johtuen rannikkoalue mataloituu koko ajan.

Lähin merivedenkorkeuden mittausasema sijaitsee Pietarsaaressa. Mittausten perusteella pinnankorkeus on vuosina 1971–2020 ollut korkeimmillaan 1,4 m ja alimmillaan -1,1 m teoreettisen keskiveden suhteen. Keskimääräiset vedenkorkeusvaihtelut ovat huomattavasti pienempiä (Kuva 5-8).

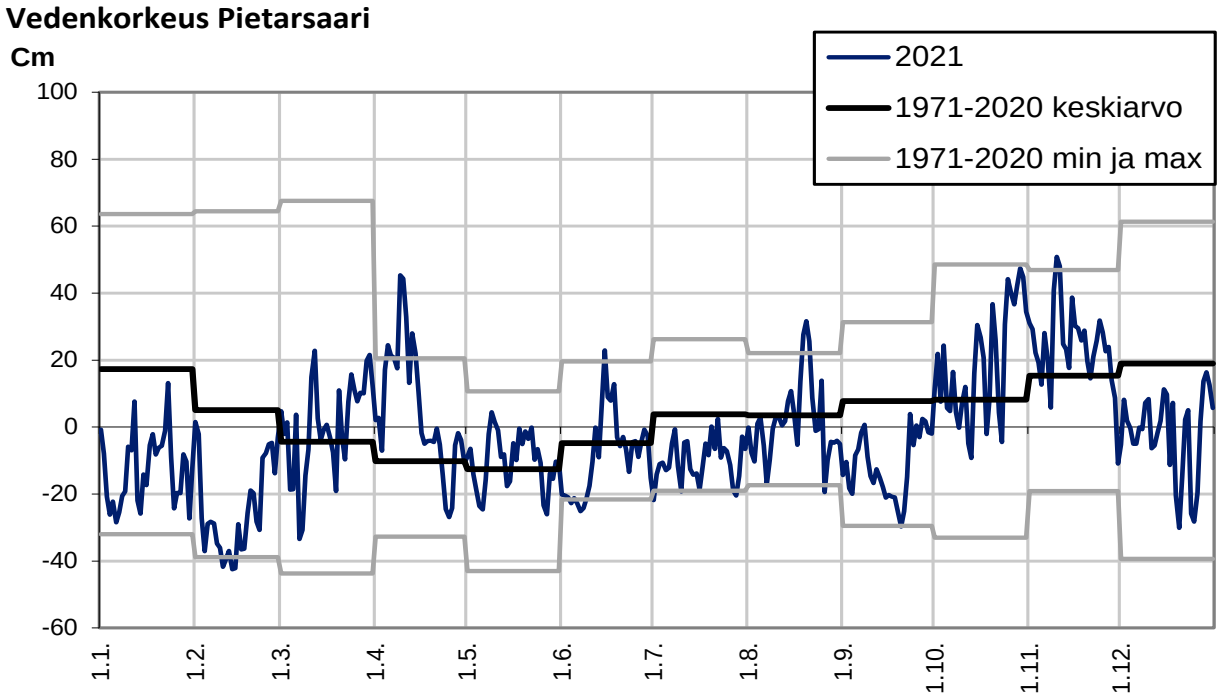
Merituulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien alueella tai niiden läheisyydessä tehtiin vuosina 2022 ja 2023 virtausmittauksia erityisesti sopivien läjitysalueiden löytämiseksi. Mittauksia tehtiin kaikkiaan yhdeksällä paikalla samoilla ajanjaksolla syksyisin kuin muitakin automaattimittauksia (*Lindfors ym. 2023 ja 2024,* liite 4 ja 5). Virtausmittausten paikat on esitetty kuvassa (Kuva 5-4). Mittausten perusteella keskimääräiset pohjan virtausnopeudet olivat 5–13 cm/s ja maksimit 22–34 cm/s. Ajallisesti virtausnopeudet olivat suurimmillaan syyskuussa. Virtausruusujen perusteella on havaittavissa virtaussuuntien vaihtelua eri mittauspaikoilla. Merituulivoimapuiston alueella mittausasemalla Laine-7 virtaussuunnat olivat tasaisesti jakautuneita, mittauspaikassa Laine-8 luoteeseen ja osin myös kaakkoon kulkeutuvat virtaukset olivat yleisimpiä ja Laine-9 mittauspaikassa koillisvirtaukset olivat tyypillisimpiä (Kuva 5-7). Tarkasteltujen alueiden soveltuvuutta meriläjitykseen on pohdittu tarkemmin liitteenä 5 olevassa raportissa.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-7. Virtausruusut pohja- ja välivesikerroksissa 8.9.-8.11.2023 jatkuvatoimisilla mittauspaikoilla Laine 7, 8 ja 9 (Lindfors ym. 2024, liite 5). Ylemmän rivin virtausruusut ovat 5 m pohjasta ja alemmat 2 m pohjasta.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-8. Merivedenkorkeus Pietarsaaressa 2021 sekä pitkän ajan (1971–2020) kuukausiarvot (Ilmatieteen laitos 2024a).

Ilmatieteenlaitos mittaa aallonkorkeuksia poijuilla avovesikautena, mutta Perämeren osalta mittausaineistossa on katkoja. Havaintojen mukaan Perämerellä korkein, vuonna 2018 mitattu merkitsevä aallonkorkeus oli 4,6 metriä (*Ilmatieteen laitos 2024b*). Korkein yksittäinen aalto oli tällöin arvion mukaan noin 8 metriä.

5.2.6 Jääolot

Pohjoisesta sijainnista ja pienestä suolapitoisuudesta johtuen Perämeri jäätyy yleensä talvisin kokonaan. Merenkurkussa ja Perämeren eteläosassa jäätalvea kestää keskimäärin 3–4 kuukautta. Yleensä jään muodostuminen alkaa joulukuun alkupuolella ja jäät ovat lähteneet huhtikuun aikana. Jääpäivien lukumäärä oli alueella vuosina 1991–2020 keskimäärin noin 110–140 päivää (*Ilmatieteen laitos 2021*). Yleisesti ottaen jään paksuus ja maksimilaajuuden arvioidaan pienenevät tulevina vuosikymmeninä ilmastonmuutoksen vaikutuksesta.

Merellinen jääpeite on rannikolla ja saaristossa kiintojäätä ja muualla ajojäätä. Kiintojää on ehyttä ja tasaista, ja se pysyy vakaana alku- ja lopputalvea lukuun ottamatta. Kiintojää kasvaa alapinnastaan meriveteen teräsjääksi ja yläpinnastaan lumisohjoon kohvajääksi.

Merituulivoimapuistoalue sijaitsee ajojäävyöhykkeellä, mistä aiheutuva kuormitus on huomioitu merituulivoimaloiden suunnittelussa ja merituulivoimapuiston jääolosuhteista on tehty erillinen selvitys (VTT 2022, vain viranomaiskäyttöön, ks. luku 14). 50 vuodessa toistuvaksi suurimmaksi jään paksuudeksi on arvioitu 80 cm. Jään nopeudeksi on Ruotsissa Norströmsgrundin majakassa mitattu jopa 60 cm/s ja keskimäärin 11 cm/s ja tämän arvioidaan olevan realistinen myös Suomen puolella.

Tuulet ja merivirtaukset muokkaavat jäätä erityisesti ulkosaaristossa ja ulkomerellä. Erityisesti lounaasta puhaltava kova tuuli voi rikkoa jäätä ja kasata sitä Suomen puolelle. Jäävallit muodostuvat erikokoisista jäälautoista. Vallit voivat olla hyvinkin korkeita, jolloin ne ulottuvat myös vedenpinnan alle. Ahtojääkasoja muodostuu erityisesti karikoiden päälle. Toisinaan tuulet ajavat kiintojään rannalle korkeiksi valleiksi. Myös leveän rakenteen edustalle voi syntyä jääkasaumia.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Ahtojääkasaumat muokkaavat voimakkaasti saarten rantoja ja matalia pohjia. Yleensä vaikutus kuitenkin ulottuu vain muutaman metrin syvyyteen. Muita jäämuodostumia ovat nk. lautasjää, joka muodostuu lumesta ja jääsohjosta aaltojen vaikutuksesta, sekä tumma ja hohkainen haurasjää. (*Kronholm ym. 2005*)

5.2.7 Vedenalaiset luontotyypit, vesikasvillisuus ja pohjaeläimet

Merenkurkku on hyvin matalaa aluetta ja merenpohjalle ovat tyypillisiä lohkareiset moreenimuodostumat kuten de Geer-moreenikentät. Maankohoaminen muokkaa Merenkurkun merenpohjaa paljastaen syvemmällä olevia merenpohjan kerrostumia virtauksien, aallokon ja jään kulutettavaksi. Matalilta rannoilta kuluva aines kulkeutuu kauemmaksi syvempiin vesiin ja kerrostuu merenpohjalle. Rantaviiva siirtyy ulapalle päin, ja elinympäristöt muuttuvat niin veden alla kuin rannikollakin. Maankohoamisen myötä merenlahdet kuroutuvat ensin umpinaisiksi merenlahdiksi, fladoiksi ja lopulta kluuvijärviksi (*Kallio ym. 2019*).

Merenpohjan pinnanmuodot seuraavat pääasiassa kallioperän pintaa, ja alue on suhteellisen tasainen. Paikallista pienimuotoista morfologiaa ja syvyyttä hallitsevat moreenimuodostumat. Kovilla pohjilla olevat kohoumat ovat Merenkurkun alueen tyypillisin geomorfologinen piirre. Hiekka- ja sora-alueita esiintyy Merenkurkun alueella vain vähän. Pohjan laatu on kokonaisuudessaan hyvin monimuotoinen. Alueella on voimakkaita virtauksia, joiden vuoksi pehmeitä pohjatyyppejä, kuten liejupohjia, on vain vähän.

Merenkurkun kohdalla meriveden suolapitoisuus muuttuu nopeasti, mikä vaikuttaa luontotyyppeihin ja lajiston esiintymiseen. Monia suolaisen veden lajeja esiintyy vielä Merenkurkussa, mutta sen pohjoispuolella lajisto korvautuu makeanveden lajeilla. Näin ollen Merenkurkussa esiintyy sekä Selkämerelle että Perämerelle tyypillisiä lajeja. Vedenalaiset biotoopit ja lajit vaihtelevat riippuen siitä ollaanko pohjoisessa vai eteläisessä Merenkurkussa. Suolapitoisuuden vaihtelun johdosta Merenkurkussa voi löytää erikoisia yhdistelmiä vedenalaislajeja, jotka kasvavat vierekkäin: esim. makeanveden laji näkinsammalta (*Fontinalis* sp.) ja suolaisen veden lajia rakkohaurua (*Fucus vesiculosus*). Merenkurkussa esiintyy Itämerelle endeemistä levälajia itämerenhaurua (*Fucus radicans).* Merenkurkun pohjaeläinyhteisö on varsin vähälajinen. Pohjaeliöstön biomassa määräytyy suurelta osin suolapitoisuuden, lämpötilan, syvyyden ja kasviplanktonin tuotannon mukaan.

Suomen merenhoitosuunnitelman uusimmassa tila-arviossa (*Korpinen ym. 2018*) merenpohjan pohjaeläinyhteisöjen, vesikasvien sekä pohjanläheisen happitilanteen tilaa on arvioitu erilaisten indikaattorien avulla. Merenpohjan pohjaeläinyhteisöjen, vesikasvien sekä pohjanläheisen happitilanteen perusteella arvioituna Merenkurkun avomerialueiden pohjan tila on hyvä, kuten myös rannikkovesialueilla keskimäärin (*Korpinen ym. 2018*).

Makroleväyhteisöt rakkohaurun alakasvurajan perusteella arvioituna ovat hyvässä tilassa vain Merenkurkun ulkosaaristossa kaikki Suomen merialueet huomioon ottaen (*Korpinen ym. 2018*). Merenkurkku muodostaa luontaisen rajan makrolevien esiintymiselle, joten Perämereltä rakkohaurut puuttuvat.

5.2.7.1 Mereiset suojelualueet ja muut arvokkaat alueet

Natura 2000 -alueet

Pohjoisimmat vetyputkireitit (VVE2 ja VVE3) ja merikaapelireitit (MVE4, MVE5a ja MVE5b) kulkevat Luodon saariston Natura 2000 -alueen läpi. Eteläisin merikaapeli-/vetyputkireitti (MVE1a/VVE1 ja MVE1b) kulkee Merenkurkun saariston Natura 2000 -alueen koillispuolelta lähimmillään 1,5 kilometrin etäisyydellä ja Uudenkaarlepyyn saariston Natura 2000 -alueen ohi lähimmillään 400 metrin etäisyydellä. MVE2a ja MVE2b kulkevat Uudenkaarlepyyn saariston Natura 2000 -alueen läheltä noin 100 metrin päästä. MVE3 menee hyvin pieneltä alueelta päällekkäin Uudenkaarlepyyn saariston Natura 2000 -alueen kanssa. Natura 2000 -alueiden kuvaukset ja vaikutusarvioinnit on esitetty luvussa 11 ja niille on lisäksi tehty erillinen Natura-arviointi, joka on kuvattu liitteessä 13. Alueiden sijainti on esitetty oheisessa kuvassa (Kuva 5-9).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

HELCOM MPA

Itämerta ympäröivät valtiot ovat tehneet Itämeren alueen merellisen ympäristön suojelua koskevan yleissopimuksen, Helsingin sopimuksen (2/2000), joka velvoittaa suojelemaan meriluontoa, säilyttämään lajien monimuotoisuutta ja vähentämään kuormitusta kaikista päästölähteistä. Samalla on perustettu Itämerikomission alaisia mertensuojelualueita (HELCOM Marine Protected Areas, MPA) suojelemaan arvokkaita mereisiä ja rannikolla esiintyviä elinympäristöjä. Mertensuojelualueiden tavoitteena on tarjota erityistä suojaa lajeille ja luontotyypeille ja siten säilyttää biologista ja geneettistä monimuotoisuutta Itämerellä. Niiden tarkoitus on myös turvata ekologiset prosessit ja toiminnot sekä luontotyyppien ja lajien elinympäristöjen säilyminen ja ennallistaminen suotuisan suojelun tasolla. Tarkoitus on myös suojella alueita, joilla esiintyy uhanalaisia tai väheneviä lajeja, jotka ovat merkittäviä lajien levähdys- ja ruokailupaikkoja, ekosysteemin kannalta tärkeitä elinympäristöjä tai lajeja (ns. avainlajeja), monimuotoisia alueita tai herkkiä alueita, harvinaisia tai erikoislaatuisia geomorfologisia rakenteita tai prosesseja sekä ekologisesti merkittäviä alueita. Suomessa Helcomin mereiset suojelualueet ovat yhtä aluetta lukuun ottamatta päällekkäisiä Natura 2000 -alueiden kanssa ja Helcomin suosituksen (*HELCOM 2014*) mukaan mereisillä suojelualueilla tulisi olla yksilöity hoito- ja käyttösuunnitelma tai hoitotoimenpiteitä, jotka laaditaan suojaamaan alueita ihmispaineilta, estämään eturistiriitoja ja varmistamaan, että suojelutavoitteet toteutuvat. Säädeltyjä toimintoja voivat olla mm. rakennustyöt, ruoppaus, ja merituulivoimapuistot. Suomessa ei kuitenkaan ole erillisiä hoito- ja käyttösuunnitelmia, vaan ne ovat yhteneviä Natura 2000 -alueiden ja kansallispuistojen kanssa. Voimassa olevat hoito- ja käyttösuunnitelmat ovat kuitenkin puutteelliset mereisten luontoarvojen suojelun osalta. (*Arnkil ym. 2019*)

Reitit MVE4/VVE2, MVE5a ja MVE5b /VVE3 kulkevat Luodon saariston Helcomin mereisen suojelualueen läpi (Kuva 5-9). Alue on vaihettumisvyöhyke suuren mereisen Merenkurkun saariston ja makeavetisemmän Perämeren välillä. Suojelualue koostuu pääosin ulkosaarista, laguuneista ja kluuvijärvistä. Alue on tärkeä lintujen syönnösalueena, mutta alueen vapaa-ajankäyttö, mökkeily ja veneily, ovat uhka linnuille ja maankohoamisympäristöjen luonnolliselle sukkessiolle. Alue on päällekkäinen Luodon saariston Natura 2000 -alueen kanssa. Alue on valittu suojeltavaksi seuraavien kriteerien vuoksi (*Helcom 2019a*):

- Merkittävä ruokailualue lajeille
- Merkittävä muuttoreitti ja levähdyspaikka lajeille
- Merkittävä lisääntymisalue lajeille
- Lajien tai elinympäristöjen harvinaisuus
- Korkea monimuotoisuus
- Ekologisesti merkittäviä elinympäristöjä
- Hyvä edustavuus
- Geologisia arvoja
- Biologisia arvoja
- Merellisiä arvoja
- Maanpäällisiä arvoja

Reitit MVE1a/VVE1 ja MVE1b kulkevat lähimmillään noin 1,5 kilometrin etäisyydellä Merenkurkun saariston Helcomin mereisen suojelualueesta (Kuva 5-9). Alueella on hyvin erilaisia ympäristöjä: mantereen ranta-alue, sisäsaariston suuret ja metsäiset saaret ja ulkosaariston pieniä luotoja. Alueella maankohoaminen on nopeampaa kuin muualla Suomessa ja siellä sijaitsee erilaisia maankohoamisympäristöjä, kuten laguuneja. Merenkurkku on kapein salmi Suomen ja Ruotsin välillä, ja sen kohdalla suolapitoisuus muuttuu jyrkästi. Tämä heijastuu alueella esiintyviin lajeihin siten, että merilajit ja makean veden lajit esiintyvät rinnakkain. Alue on merkittävä myös linnuston ja lepakkojen muuton kannalta. Merenkurkun Helcomin mereinen suojelualue on päällekkäinen Merenkurkun saariston Natura 2000 -alueen kanssa. Alue on valittu suojeltavaksi seuraavien kriteerien vuoksi (*HELCOM 2019b*):

- Merkittävä ruokailualue lajeille

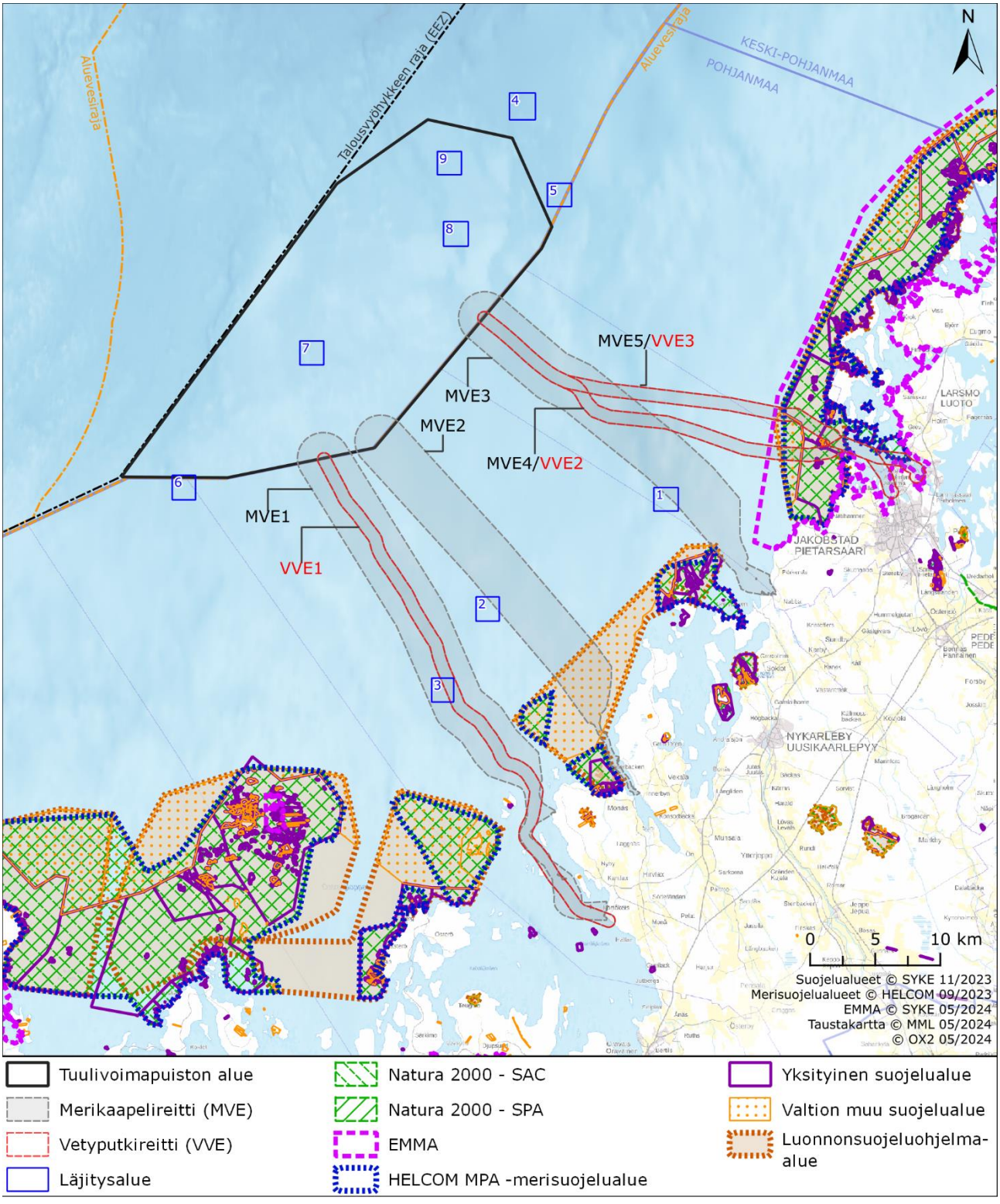
Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

- Merkittävä muuttoreitti ja levähdyspaikka lajeille
- Merkittävä lisääntymisalue lajeille
- Harvinaisia lajeja tai elinympäristöjä
- Korkea monimuotoisuus
- Avainlajeja
- Ekologisesti merkittäviä elinympäristöjä
- Hyvä edustavuus
- Geologisia arvoja
- Biologisia arvoja
- Merellisiä arvoja
- Maanpäällisiä arvoja
- Habitaattidirektiivin liitteen I habitaattityyppien suojelu
- Habitaattidirektiivin liitteen II lajien elinympäristöjen suojelu
- Lintudirektiivin SPA-alueiden suojelu

EMMA-alueet

Suomen ekologisesti merkittävistä vedenalaisista meriluontoalueista (EMMA-alueet) Luodon saariston EMMA-alue (EMMA_KPO_120) sijoittuu merikaapelivaihtoehdon MVE3 sekä reittien MVE4/VVE2 ja MVE5/VVE3 lähialueelle (Kuva 5-9) (*Lappalainen ym. 2020*). Luodon saariston EMMA-alueen luontoarvoina ovat erityisesti kalakannat. Alue on luontoarvoiltaan erittäin monipuolinen ja arvokas näyte Merenkurkun ja Perämeren vaihettumisvyöhykkeen saaristoluonnosta. Alue on kokonaisuudessaan merkittävää kutualuetta muikulle, ahvenelle sekä merikutuiselle siialle. Alueen eteläosan Fäboda-Mässkärin alue on hyvin tärkeä alue voimakkaasti taantuneelle suolayrtille (*Salicornia europaea*), joka on luokiteltu erittäin uhanalaiseksi lajiksi (EN) (*Hyvärinen ym. 2019*). Suolayrttiä esiintyy paikoitellen myös Pietarsaaren ja Uudenkaarlepyyn alueilla hiekkaisilla merenrantaniityillä (*Pohjanmaan vesi ja ympäristö 2021*).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-9. Merituulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien läheiset suojelu- ja EMMA-alueet.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Mereiset suojelualueet

MVE1/VVE1 lähellä alle kolmen kilometrin etäisyydellä sijaitsee useita yksityisiä ja valtion muita luonnonsuojelualueita (Kuva 5-9). MVE2 kulkee Uudenkaarlepyyn saariston rantojen suojeluohjelman läpi ja kulkee noin 250 metrin etäisyydellä Lotanin yksityisestä luonnonsuojelualueesta. MVE3 menee osittain päällekkäin Uudenkaarlepyyn saariston rantojen suojelualueen kanssa, kuuden metrin etäisyydellä Nykarleby skärgård och Bådaviken-Lappo åmynning 2-yksityisestä luonnonsuojelualueesta ja 230 metrin etäisyydellä Torsön saaristoalueen yksityisestä luonnonsuojelualueesta. MVE4/VVE2 ja MVE5/VVE3 kulkevat Luodon saariston rantojen suojelualueen läpi sekä Luodon saariston yksityisten luonnonsuojelualueiden läpi. MVE4/VVE2 kulkee lisäksi Vestersundbyn rannat ja saaristo- sekä Aligrundet -nimisten yksityisten luonnonsuojelualueiden läpi. Suojelualueista on kerrottu tarkemmin luvussa 11.

5.2.7.2 Uhanalaiset ja suojellut luontotyypit

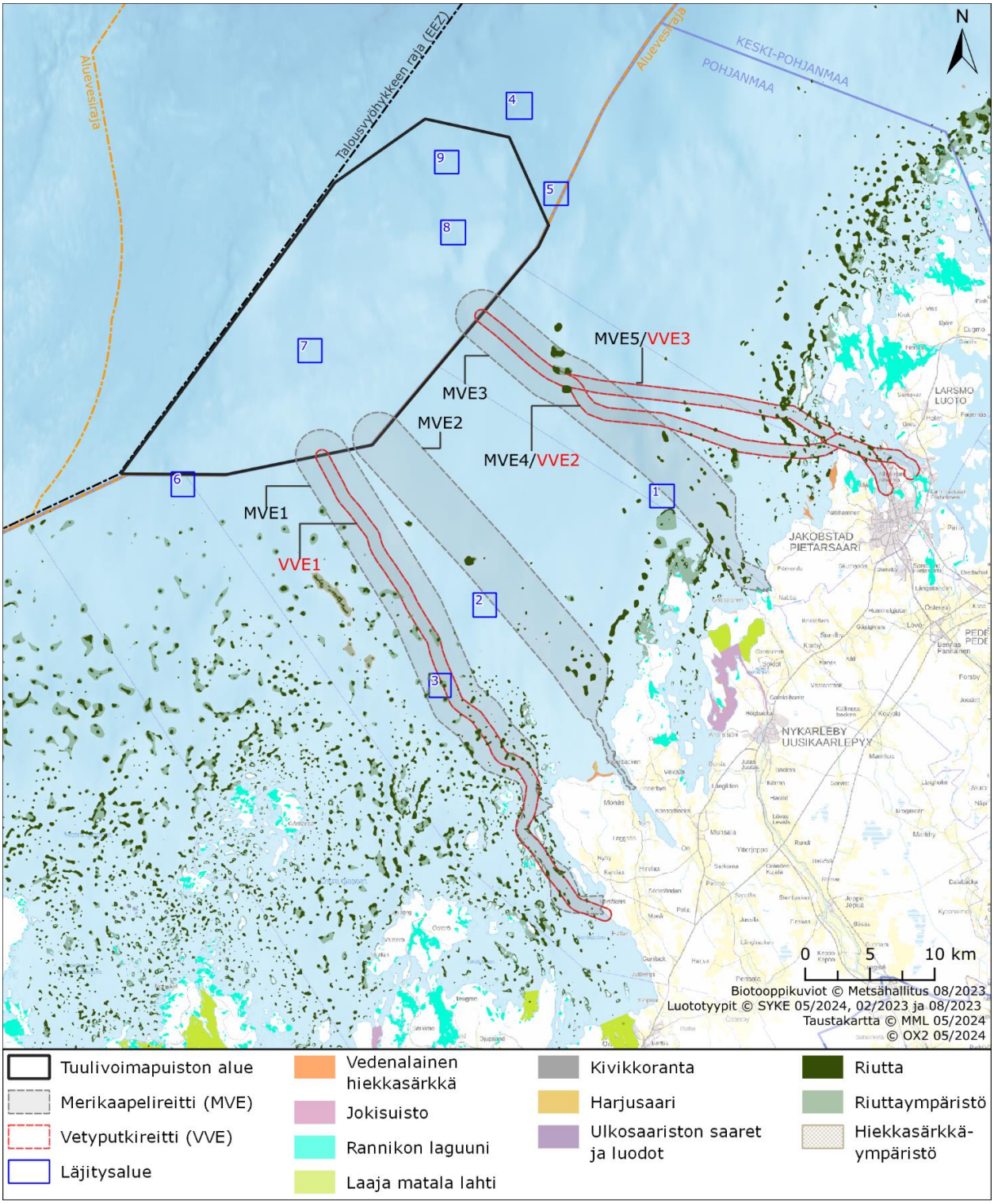
Luontodirektiivin luontotyypit

Luontotyyppejä suojellaan lainsäädännöllä sekä erilaisten kansainvälisten sopimusten kautta. Luontodirektiivin liitteen I mukaisista suojeltavista Natura-luontotyypeistä kuusi on vedenalaisia meriluontotyyppejä: rannikon laguunit (1150), laajat matalat lahdet (1160), kapeat murtovesilahdet (1650), riutat (1170), vedenalaiset hiekkasärkät (1110) ja jokisuistot (1130). Myös harjusaarilla (1610) sekä ulkosaariston luodoilla ja saarilla (1620) on vedenalaisia osia. Luontodirektiivin suojeltavista Natura-luontotyypeistä rannikon laguunit on ensisijaisesti suojeltava luontotyyppi. Ne ovat monimuotoisia elinympäristöjä ja tärkeitä muun muassa uhanalaisille, suojaisten pohjien näkinpartaisesiintymille ja kevätkutuisille kaloille. Luontodirektiivin luontotyypit ovat luontotyyppejä, joiden luontainen esiintymisalue on hyvin pieni tai, jotka ovat vaarassa hävitä unionin alueelta. Natura-alueiden ulkopuolisilla luontotyyppitiedoilla voidaan kuvata alueen vedenalaisen luonnon tilaa, lisäksi verkoston ulkopuolisten alueiden avulla voidaan esimerkiksi parantaa merkittävästi verkoston ekologista yhtenäisyyttä ja Natura 2000 -alueiden välisiä toiminnallisia yhteyksiä.

Merituulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien alueella tai läheisyydessä on jonkin verran moreenipeitteisiä pohjia, mutta ei juuri lainkaan vedenalaisia kalliopaljastumia, joten suurin osa riuttamaisista kohoumista ovat moreenia (*Kaskela & Rinne 2018*). Natura 2000 -luontotyyppioppaassa ei ole kuvattu Perämeren riuttoja, jotka poikkeavat oppaassa kuvatuista muiden Suomen merialueiden riutoista (Airaksinen & Karttunen 2001). Perämerellä riutat ovat monimuotoisimmillaan 2–5 metrin syvyydellä, jokisuistojen läheisyydessä, ja silloin kun niillä esiintyy erilaisia vesisammallajeja (*Keskinen 2024*). Rakkohaurua, jota käytetään luontotyyppioppaassa riutan edustavuuden määrityksessä, ei hankealueella esiinny, vaan Perämerellä riuttojen kasvillisuuden muodostaa vesisammalet, putkilokasvit, näkinpartaiset, rihmalevät ja palleroahdinparta sekä kiinnittyvistä eläimistä kaspianpolyypit ja murtovesisieni. Sinisimpukkaa ei myöskään Perämerellä esiinny. Perämeren riutoilla ei esiinny selvää vyöhykkeisyyttä vaan edellä kuvatut vesikasvit ja levät kasvavat osittain rinnakkain. Yli seitsemän metrin syvyydellä Perämeren riutat ovat hyvin karuja ja vähälajisia, ja ovat riuttoja ainoastaan geologisilta piirteiltään (*Keskinen 2024*). Merituulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien alue sijaitsee eteläisellä Perämerellä, joten alueen riutoilla voi olla piirteitä sekä eteläisempien alueiden riutoista, että pohjoisempien alueiden riutoista. Potentiaalisia riuttaympäristöjä esiintyy erityisesti hiekka-alueiden ulkopuolella kovilla pohjilla, mutta myös hiekka-alueiden sisällä (*Kaskela & Rinne 2018*).

Perämereltä on yleisesti ottaen saatavilla hyvin vähän tarkkaa merigeologista peruskartoitusaineistoa, mutta Merenkurkun sekä Perämeren riuttojen ja vedenalaisten hiekkasärkkien esiintymistä on mallinnettu vuonna 2015 perustuen mm. SYKEn laatimaan merialueiden syvyysmalliin sekä GTK:n pohjanlaatuaineistoon (*Kaskela & Rinne 2018*). Merituulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien alue kuuluu pääosin Perämeren mallinnusosa-aluejakoon. Mallinnusten perusteella kaikilla merikaapeli- /vetyputkireittien alueilla esiintyy riuttoja ja eniten niitä esiintyy MVE1/VVE1:n alueella (Kuva 5-10).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-10. Merituulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien alueella tai läheisyydessä olevat luontodirektiivin luontotyypit. Riutat, riuttaympäristöt ja hiekkasärkkäympäristöt perustuvat Geologian tutkimuskeskuksen ja Åbo Akademin vuonna 2015 tekemään malliin näiden luontotyyppien esiintymisestä, sillä kartoitettua tietoa näiden luontotyyppien esiintymisestä ei paljon ole.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merituulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien alueelle kohdistetuissa kartoituksissa (liite 3) selvitettiin ympäröivästä merenpohjasta kohoavien riuttamaisten kivikoiden ja lohkareikkojen lajistoa (*Vasama & Leinikki 2024*). Rannikon läheisyydessä palleroahdinparta (*Aegagropila linnaei*) muodosti 2–5 metrin syvyydessä vyöhykkeen, jonka alapuolella esiintyi paikoin melko heikko murtovesisienen (*Ephydatia fluviatilis*) tai polyyppien (*Hyrdozoa*) muodostama vyöhyke. Vesikasveja tai vesisammalia ei merituulivoimapuistoon tai merikaapeli-/vetyputkireiteille kohdistetuissa kartoituksissa havaittu. Merituulivoimapuiston alueen kivipinnoilla ei havaittu lainkaan kiinnittyneitä leviä tai pohjaeläimiä. Yleisesti sekä merikaapeli-/vetyputkireiteillä että merituulivoimapuiston alueella havaittiin vain niukasti lajeja.

Hiekka- ja sorapohjat ovat yleisempiä Perämerellä kuin muilla Suomen merialueilla. Alueella on niin laajoja hiekkakenttiä kuin harjumuodostumiakin ja täten potentiaalisiksi hiekkasärkiksi arvioituja muodostumia. Mallinnusten perusteella hankealueelle ei kuitenkaan sijoitu hiekkasärkkiä, mutta hiekkasärkkäympäristöjä esiintyy mallinnuksen mukaan ulkomerellä Vaasan saariston pohjoispuolella (Kuva 5-10).

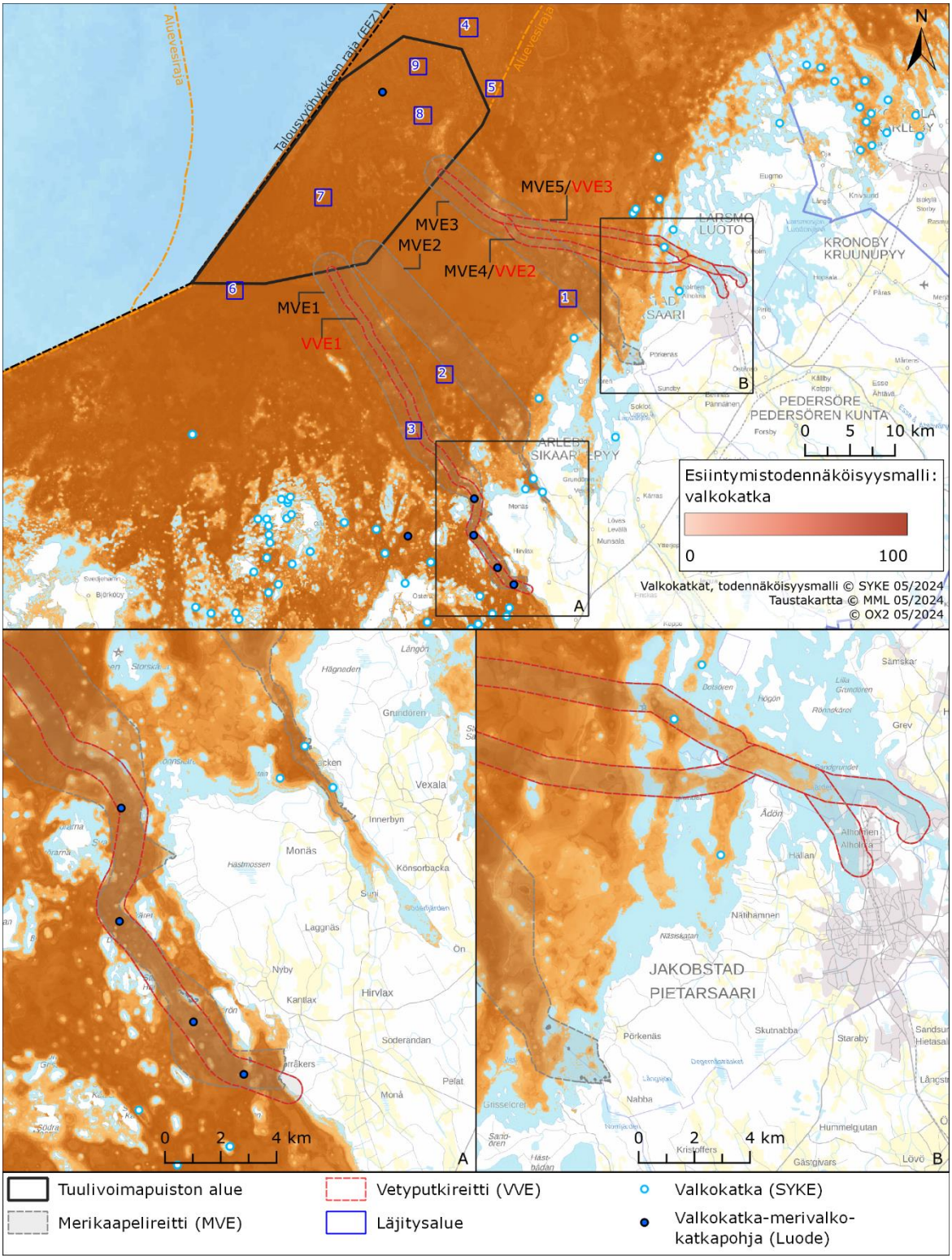
Metsähallituksen Luontopalvelujen biotooppikuviot sisältävät valtion suojelualueilla ja suojelutarkoituksiin varatuilla alueilla sijaitsevat luontodirektiivin luontotyypit, mutta se ei sisällä merialueiden tietoja (*Metsähallitus 2020*). Aineisto perustuu Metsähallituksen maastoinventointeihin. Niiden perusteella rannikolla energiansiirtoreittien rantautumisalueiden lähellä sekä MVE5/VVE3 alueilla sijaitsee vedenalaisia hiekkasärkkiä (Kuva 5-10). Merituulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien kartoituksissa Natura 2000 -luontotyyppioppaan mukaisia vedenalaisia hiekkasärkkiä (1110) ei havaittu.

Muista edellä mainituista luontodirektiivin luontotyypeistä merikaapeli-/vetyputki reittien alueilla esiintyy rannikon laguuneja (MVE4/VVE2) ja kaikkien reittien lähialueilla laajoja matalia lahtia, jokisuistoja, ulkosaariston saaria ja luotoja sekä harjusaaria (Kuva 5-10).

Suomen luontotyyppien punaisen kirjan uhanalaiset luontotyypit

Vuonna 2018 julkaistussa Suomen luontotyyppien uhanalaisuusarvioinnissa erilaiset vedenalaiset elinympäristöt on luokiteltu ns. LuTu-luontotyyppeihin ja eriasteisiin uhanalaisuusluokkiin (*Kontula & Raunio 2018*). Alueen tulee täyttää tietyt kriteerit, jotta se voidaan luokitella LuTu-luontotyypiksi, joten kaikki alueet eivät kuulu näihin. Esimerkiksi punaleväpohjilla (EN) tulee kasvillisuuden peittää vähintään 10 % pohjasta ja punalevien osuus kasvillisuudesta olla vähintään 50 % (*Kontula & Raunio 2018*). Alueet, jossa levien peittävyys on 100 % ja punalevien osuus tästä 40 %, ei siten lasketa punaleväpohjiksi, vaikka punaleviä kasvaakin runsaasti. Kaikki alueet, joissa kasvaa runsaasti punaleviä, eivät siis täytä uhanalaisluokittelun luontotyypin määritelmää, mutta voivat silti olla esimerkiksi punalevälajistoltaan arvokkaita.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-11. Erittäin uhanalaisia valkokatka-merivalkokatkapohjia (lajien osuus biomassasta > 50 %) esiintyi yhdellä pisteellä merituulivoimapuiston alueella vuoden 2022 näytteenotoissa ja MVE1/VVE1 alueella muutamalla pisteellä sekä vuoden 2022 että 2023 näytteenotoissa. Valkokatkayksilöitä esiintyi merituulivoimapuiston kaikilla näytepisteillä ja lajin esiintymistodennäköisyysmallin mukaan sitä voisi esiintyä lähes koko hankealueella. Lajia on myös aiemmin havaittu MVE2 ja MVE5/VVE3 alueella.

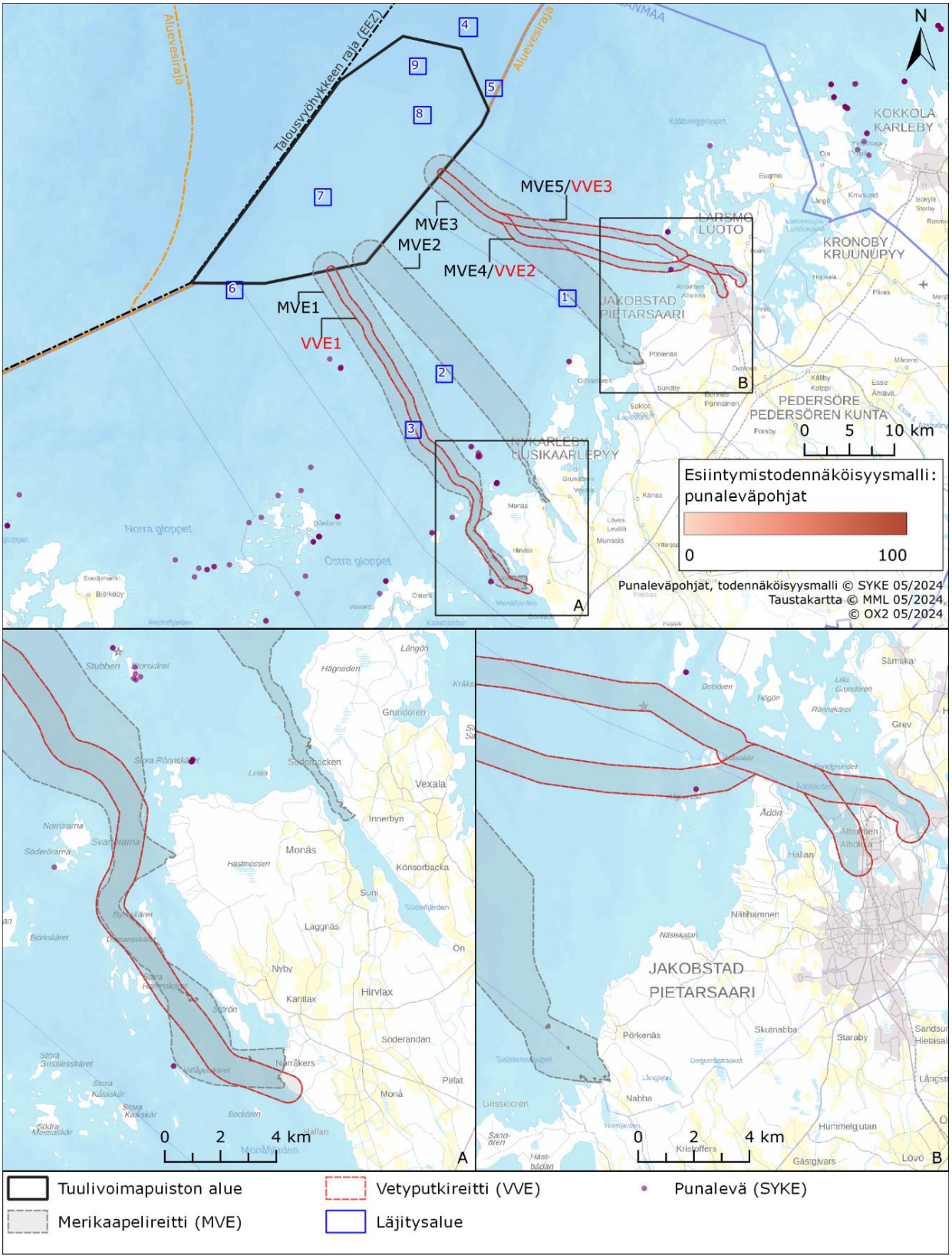
Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Erittäin uhanalaisiksi luontotyypeiksi (EN) arvioitiin haurupohjat, punaleväpohjat, suursimpukkapohjat, valkokatka-merivalkokatkapohjat ja jokisuistot, vaarantuneiksi luontotyypeiksi (VU) arvioitiin suojaisat näkinpartaispohjat, meriajokaspohjat, fladat ja kluuvit ja silmällä pidettäviksi luontotyypeiksi (NT) avoimet näkinpartaispohjat, sätkinpohjat, haura- ja hapsikkapohjat sekä merinäkinruohopohjat. Muut luontotyypit ovat joko elinvoimaisia (LC) tai puutteellisesti tunnettuja (DD). Lisäksi uuden luonnonsuojelulain (9/2023) mukaisesti suojaisat näkinpartaispohjat sekä meriajokaspohjat on määritetty suojeltaviksi luontotyypeiksi. Erittäin uhanalaisista luontotyypeistä VELMU-hankkeen lajien esiintymistodennäköisyysmallien perusteella merituulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien alueella voisi esiintyä valkokatka-merivalkokatkapohjia (Kuva 5-11). Valkokatkaa voi esiintyä VELMU-hankkeissa tehtyjen todennäköisyysmallien perusteella koko Merenkurkun merialueella, joten todennäköisesti niitä esiintyy sekä merituulivoimapuiston että kaapeli- ja vetyputkireittivaihtoehtojen alueella. Valkokatka-merivalkokatkapohjissa valkokatkan ja/tai merivalkokatkan osuus näytteen kokonaisbiomassasta on oltava yli 50 % (*HELCOM 2013*, *Ympäristöministeriö 2018*).

Vuoden 2022 pohjaeläinnäytteenotoissa valkokatkaa ei esiintynyt kaikilla merituulivoimapuiston näytteenottopisteillä, mutta sen biomassa ylitti 50 % yhdellä pisteellä (LSED-17,Kuva 5-11) (*Lindfors ym. 2023*, liite 4). Vuonna 2023 lajia havaittiin kaikilla merituulivoimapuiston näytepisteillä, mutta niiden biomassan osuus ei ylittänyt 50 % millään pisteellä ((*Lindfors ym.2024*, liite 5). Vuoden 2022 pohjaeläinnäytteenotoissa havaittiin määritelmän mukaisia valkokatka-merivalkokatkapohjia MVE1/VVE1 varrella näytepisteillä LSED-36, LSED-35 ja LSED-33 (Kuva 5-11). Vuoden 2023 pohjaeläinnäytteenotoissa luontotyyppiä havaittiin MVE1/VVE1 alueella sijaitsevilla näytepisteillä LSED-33, LSED-36, LSED-37 ja LSED-65 (Kuva 5-11).

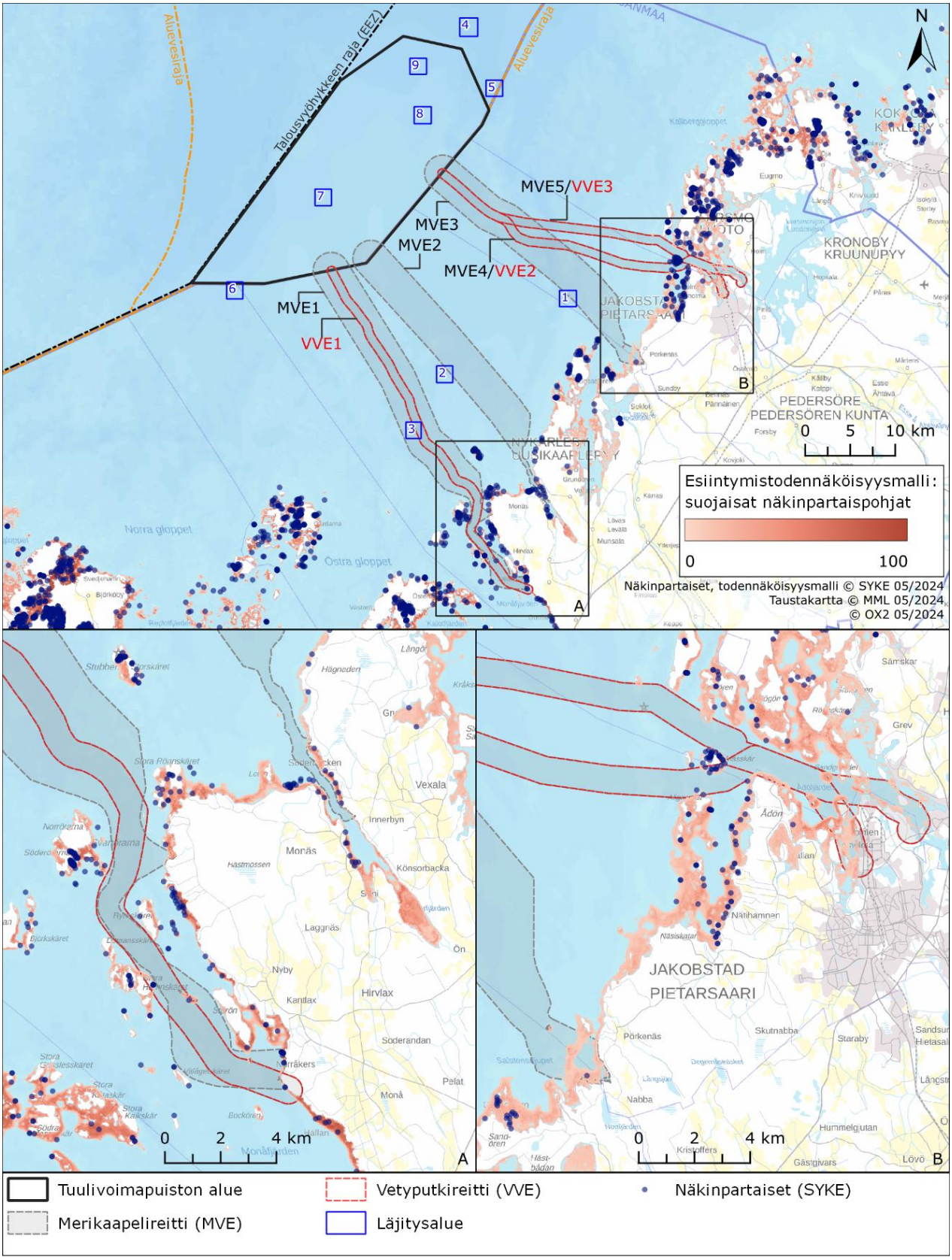
Hauru- ja punaleväpohjien levinneisyys rajoittuu Merenkurkussa hieman Vaasan pohjoispuolelle, vaikka punalevähavaintoja on tätäkin pohjoisempana (*VELMU-karttapalvelu 2023*, Kuva 5-12). Suursimpukkapohjien luontotyyppiä esiintyy laikuittaisesti koko rannikon vähäsuolaisissa jokisuistoissa ja sisälahdissa. Luontotyypin esiintymistä ei ole kuitenkaan tarkempia julkisesti saatavilla olevia tietoja. Ranta- ja drop-video -kartoituksissakaan kyseistä luontotyyppiä ei havaittu.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



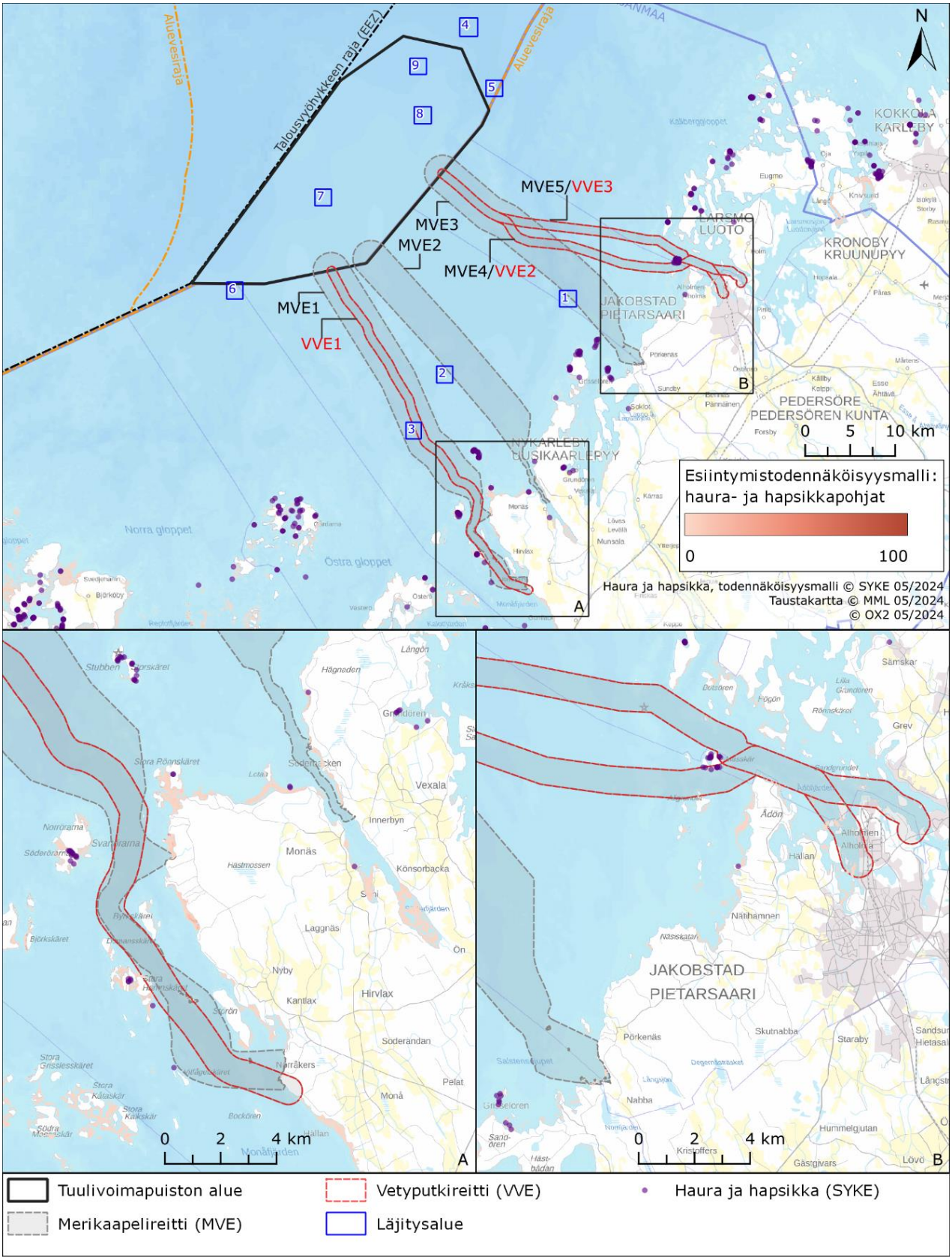
Kuva 5-12. Punaleviä on havaittu harvakseltaan hankealueen lähistöllä. Punaleväpohjien esiintymistodennäköisyysmallin mukaan punaleväpohjien esiintyminen hankealueella on epätodennäköistä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



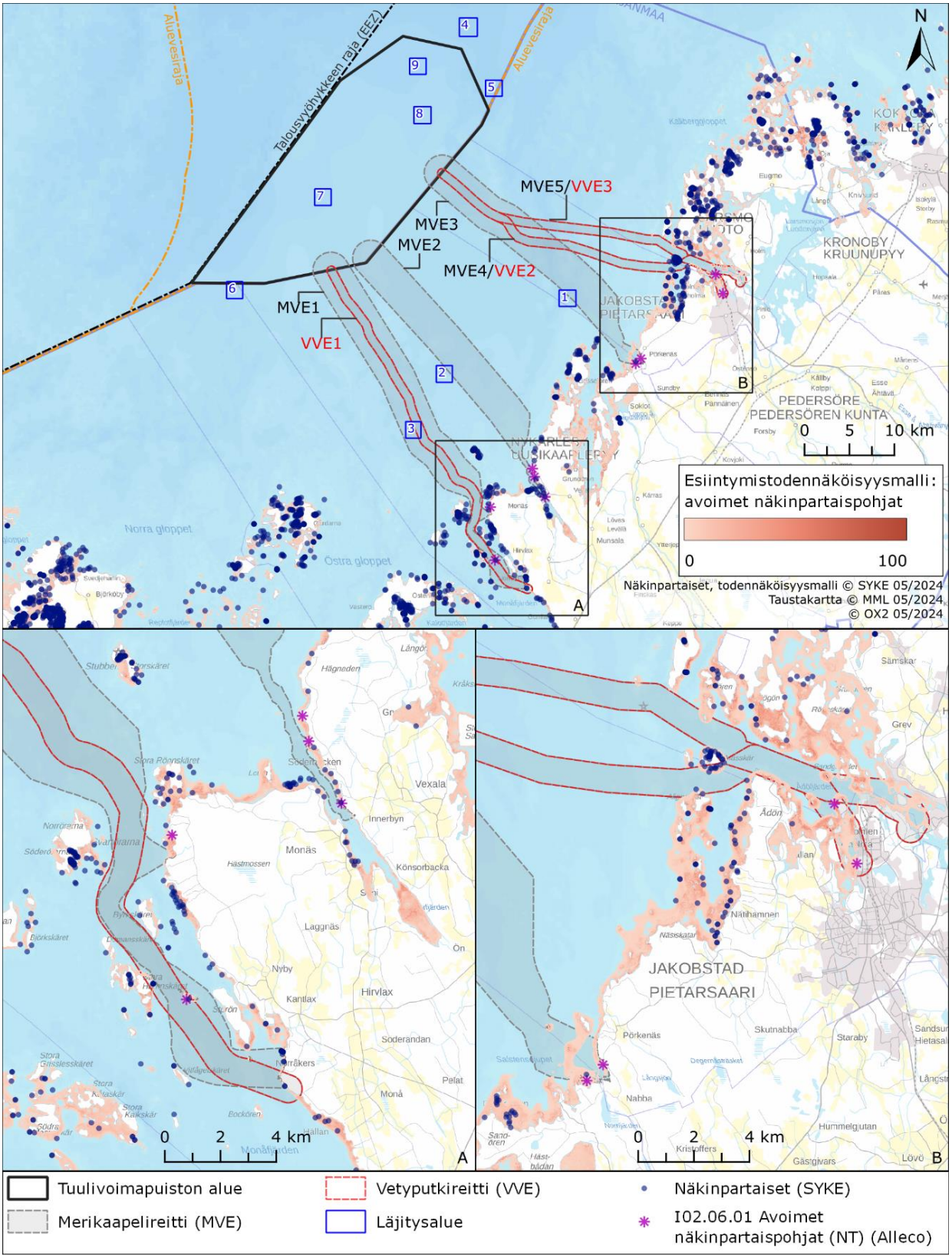
Kuva 5-13. Suojaisten näkinpartaispohjien esiintymistodennäköisyysmalli ja havaitut näkinpartaiset. Hankealueelle kohdistetuissa kartoituksissa ei havaittu suojaisia näkinpartaispohjia.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-14. Haura- ja hapsikkapohjien esiintymistodennäköisyysmalli ja havaitut haurat ja hapsikat. Hankealueelle kohdistetuissa kartoituksissa ei tätä luontotyyppiä havaittu.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-15. Avoimien näkinpartaispohjien esiintymistodennäköisyysmalli ja havaitut näkinpartaiset. Hankealueelle kohdistetuissa kartoituksissa havaittiin avoimia näkinpartaispohjia kaikkien kaapeli-/vetyputkireittien alueella.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Vaarantuneista luontotyypeistä VELMU-hankkeen luontotyyppien esiintymistodennäköisyysmallien perusteella kaikkien energiansiirtoreittien alueella voisi esiintyä suojaisia näkinpartaispohjia, erityisesti rannikon lähellä ja matalikoilla (Kuva 5-13). Luontotyyppi sijoittuu tyypillisesti hyvin suojaisille paikoille. Luontotyyppi esiintyy usein osana fladoja ja voi esiintyä esim. ruovikoiden aukkopaikoissa. Suojaisat näkinpartaispohjat vaihettuvat useimmiten putkilokasvien vallitsemiksi pohjiksi (*Kontula & Raunio 2018*). Energiansiirtoreittien alueelle tehdyissä kartoituksissa kyseistä luontotyyppiä ei kuitenkaan havaittu. Meriajokkaan levinneisyys Pohjanlahdella rajoittuu pohjoiselle Selkämerelle, joten niitä ei esiinny merituulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien alueella. Luontodirektiivin luontotyyppiin rannikon laguunit (1150) luetaan fladat, kluuvifladat ja kluuvit, joten niiden sijoittuminen antaa osviittaa vaarantuneiden fladojen ja kluuvien sijainnista. Rannikon laguuneja sijaitsee MVE3, MVE4/VVE2 ja MVE5/VVE3 reittien alueella sekä lisäksi kaikkien energiansiirtoreittien läheisyydessä 100–500 metrin etäisyydellä (Kuva 5-10) (*Suomen ympäristökeskus 2023a*).

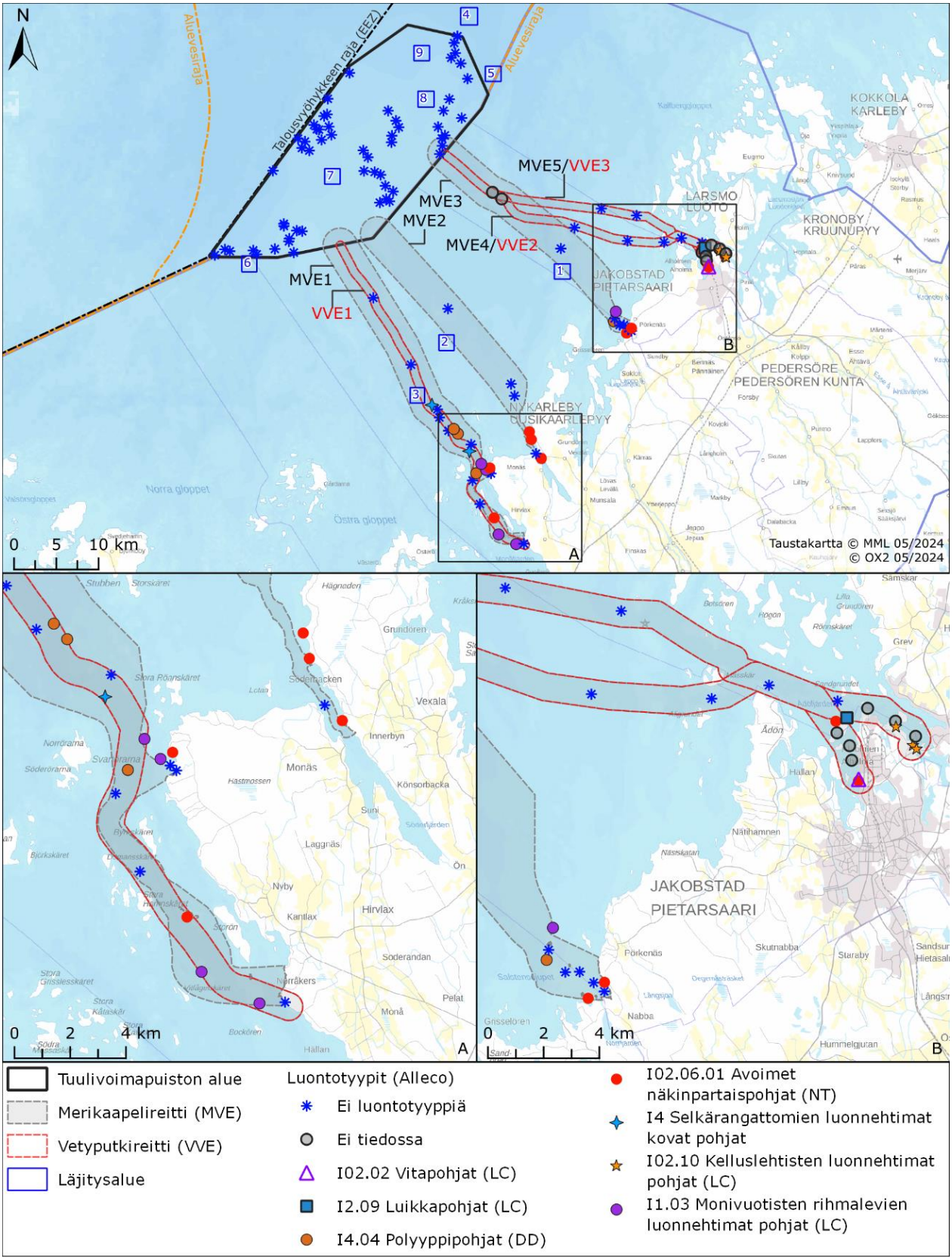
Silmällä pidettävistä luontotyypeistä VELMU-hankkeen luontotyyppien esiintymistodennäköisyysmallien perusteella hankealueella voisi esiintyä haura- ja hapsikkapohjia (Kuva 5-14) sekä avoimia näkinpartaispohjia (Kuva 5-15). Haura- ja hapsikkapohjia ei kartoituksissa havaittu. Kaikilla merikaapelien/vetyputkien reiteillä havaittiin avoimia näkinpartaispohjia (NT). Tarkemmin avoimia näkinpartaispohjia esiintyi seuraavilla alueilla: MVE5a/VVE3a (Gräggören) ja MVE5b/VVE3b (Gräggören), MVE3 rantautumisalueella, MVE2a ja MVE2b rantautumisalueella, MVE1a/VVE1 reitin varrella (ei rantautumisalueella), MVE1b rantautumisalueella, MVE4/VVE2 (Alheda ja Gräggören). MVE5a/VVE3a ja MVE5b/VVE3b rantautumisalueilla Pietarsaaren sataman edustalla sijaitsevan Gräggören saaren länsipuoleisella rannalla esiintyi avoimia näkinpartaispohjia ja saaren itäpuoli kuului LuTu-luontotyyppiin Luikkapohjat (LC). MVE4/VVE2 Alhedan rannalla esiintyi avoimia näkinpartaispohjia, mutta MVE4/VVE2 Nordkapin ranta ja Hällören ranta kuuluivat kelluslehtisten luonnehtimiin pohjiin (LC). Näkinpartaisniittyjä esiintyy myös Hällsandissa ja Fäbodasta Pörkenäsiin (*Pietarsaaren kaupunki 2022b*).

Puutteellisesti tunnettuja (DD) polyyppipohjia esiintyi MVE3 ja VVE1/MVE1a ja b varrella. Tiedot polyyppipohjista on puutteellisia, joten niiden uhanalaisuutta ei ole pystytty arvioimaan (*Kontula & Raunio 2018*).

Rantautumisalueilla esiintyviä elinvoimaisia (LC) luontotyyppejä olivat luikkapohjat (MVE5a/ VVE3 ja MVE5b, MVE1a/VVE1), vitapohjat (MVE1a/VVE1, MVE4 Alheda) sekä kelluslehtisten luonnehtimat pohjat (MVE4/VVE2 Nordkap ja MVE4/VVE2 Hällören). Kaapeli- ja vetyputkireittien varsilla esiintyneitä elinvoimaisia luontotyyppejä olivat luikkapohjat (VVE3/MVE5a ja b) ja monivuotisten rihmalevien luonnehtimat pohjat (MVE1a/VVE1 ja MVE1b ja MVE3) (Kuva 5-16).

Drop-video-kartoituksissa ei pystytty antamaan merituulivoimapuiston alueelle mitään LuTu-luontotyyppiluokituksen mukaista luontotyyppiä (*Vasama & Leinikki 2024,* liite 3). Pohja muodostui pääasiassa hiekasta, sorasta ja kivikosta, eikä kivillä näkynyt kiinnittynyttä kasvillisuuta tai eläimiä. Pohjan päällä oli paikoin melko runsaasti massiaisia ja kilkkejä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-16. Merituulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien alueelle kohdistetuissa kartoituspisteissä havaitut luontotyypit.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

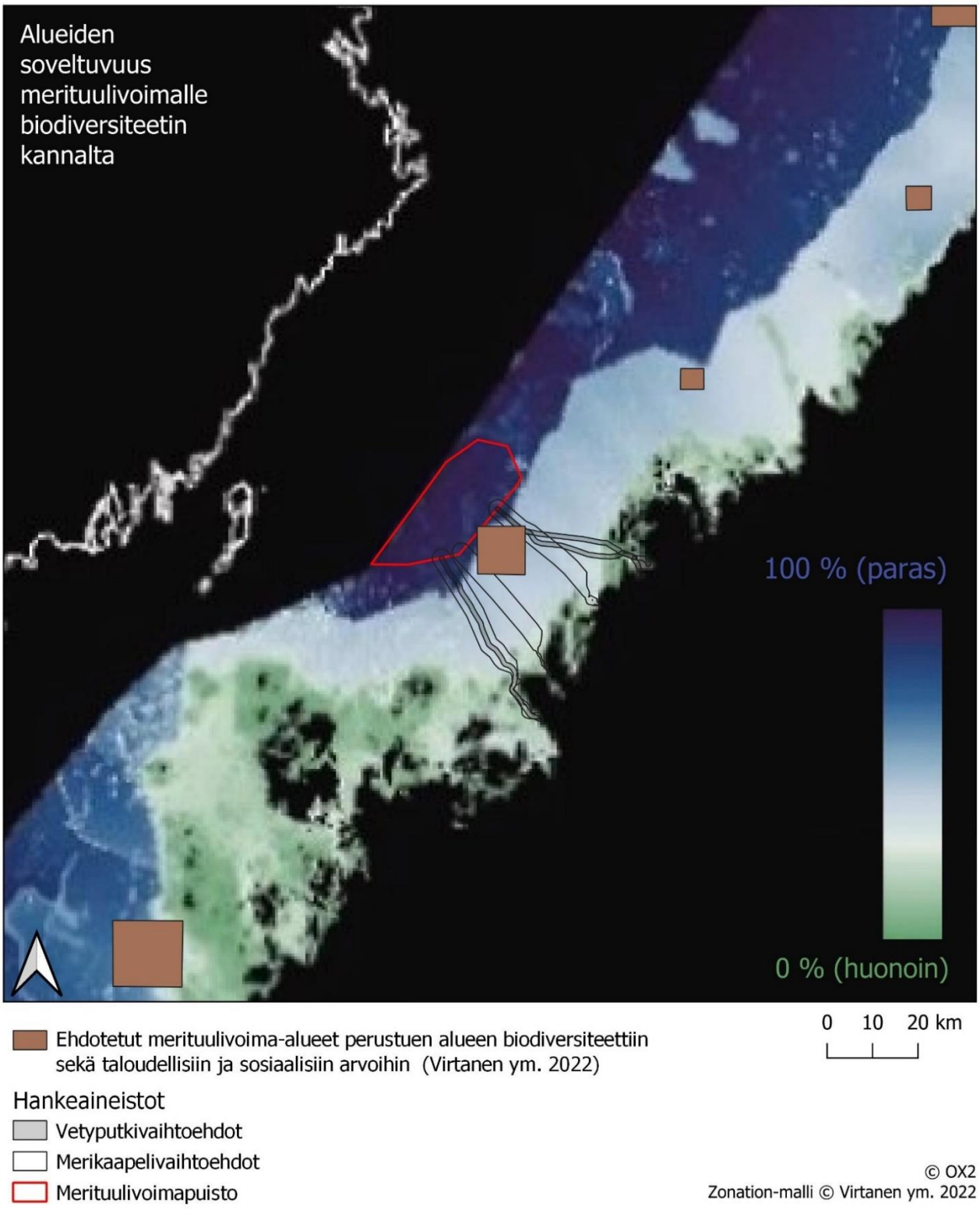
Suojellut luontotyypit

MVE2b rantautumisalueella Brännskatagrundetilla sijaitsee tiukasti suojeltu luontotyyppi (65 §) rannikon avoimet dyynit (luonnonsuojelulaki 9/2023). Kyseessä on maanpäällinen luontotyyppi, joten se on kuvattu tarkemmin luvussa 8.

Korkean biodiversiteetin alueet

Vuonna 2022 on tehty zonation-mallinnus, jossa selvitettiin merituulivoimalle soveltuvimpia alueita (*Virtanen ym. 2022*). Laineen merituulivoimapuisto sijaitsee erittäin suotuisalla alueella biodiversiteettiarvojen kannalta (Kuva 5-17). Kaapelireitit kulkevat vähemmän suotuisten alueiden läpi, sillä suurimmat biodiversiteettiarvot ovat rannikon tuntumassa. Biodiversiteettiarvojen lisäksi taloudellisia ja sosiaalisia muuttujia huomioitaessa Laineen hanke sijoittuu suotuisalle alueelle. Tutkimuksessa käytetty aineisto on pitkälti samaa kuin mitä tässä ympäristövaikutusten arvioinnissa on käytetty vedenalaisten luontotyyppien ja kasvillisuuden suhteen.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-17. Laineen hankkeen sijainti suhteessa Zonation-mallinnukseen merialueiden biodiversiteettiarvoista sekä ehdotettuihin merituulivoima-alueisiin, joiden sijainnissa on huomioitu biodiversiteetin lisäksi taloudellisia ja sosiaalisia arvoja (Virtanen ym. 2022).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

5.2.7.3 Makrofyytit ja uhanalaiset lajit

Merenkurkun suolapitoisuusgradientti vaikuttaa makrokasvillisuuteen. Rakkohaurun pohjoinen levinneisyysraja on Valassaarten ja Kronörenin korkeudella Merenkurkussa, joten hankealueella rakkohaurua ei enää esiinny. Merenkurkun alueella pohjalla kasvaa rihmaleviä, jotka ovat usein piilevien peitossa. Rihmalevistä Merenkurkussa esiintyy mm. palleroahdinparta, ruskolevistä pilviruskolevää (*Pilayella littoralis*) ja lettiruskolevää (*Ectocarpus siliculosus*). Merellisten lajien osuus vähenee pohjoiseen mentäessä ja sen myötä myös puna- ja ruskolevien osuus. Voimakkaan jääeroosion vuoksi yksivuotiset levät selviävät monivuotisia lajeja paremmin (*Ympäristöhallinto 2023a*). Merenkurkun vesikasvillisuutta kuvataan myös edeltävissä kappaleissa.

Merituulivoimapuiston alueen arvokkaimmille alueille kohdennetuissa drop-video-kartoituksissa havaittiin, että kartoituspisteillä esiintyi vain liikkuvaa eläimistöä eikä lainkaan makrofyyttejä (liite 3). Pohja muodostui pääasiassa hiekasta, sorasta ja kivikosta eikä kivillä näkynyt kiinnittynyttä kasvillisuutta tai eläimiä. Drop-video-kartoituksissa havaittuja lajeja on esitelty myöhemmin (Taulukko 5-6).

Kaikkilla merikaapeli-/vetyputkireiteillä havaittiin niukasti lajeja (liite 3). Loivarinteisillä etenkin rannikon läheisyydessä sijaitsevilla riutoilla monivuotinen palleroahdinparta muodosti 2–5 metrin syvyydessä vyöhykkeen, jonka alapuolella esiintyi paikoin melko heikko murtovesisienen tai polyyppien muodostama vyöhyke. Kovilla pinnoilla esiintyi paikoin runsaasti murtovesisientä. Kaapeli-/vetyputkireittien ulommissa osissa esiintyi kartoituksissa liejusimpukoiden (*Macoma balthica*) kuorien lisäksi vain liikkuvaa eläimistöä eikä lainkaan makrofyyttejä. Noin 8 km päässä rannikosta pohjalla näkyi ajelehtivaa rihmalevää ja kivillä niihin kiinnittynyttä murtovesisientä, merirokkoja (*Amphibalanus improvisus*) ja polyyppeja. Reiteillä noin 2 km päässä rannikosta havaittiin matalien alueiden kivillä kiinnittyneenä rihmalevää, jonka arveltiin olevan alueelle ominaista, monivuotista palleroahdinpartaa. Tätä lähempänä rantaa kaapeli-/vetyputkireiteillä esiintyi myös uposkasveja ja näkinpartaisia. Energiansiirtoreittien rantautumisalueiden lajisto oli selvästi monipuolisempaa, kuin merituulivoimapuiston tai merikaapelien ja vetyputkien ulompana rannasta olevien reittien lajisto.

Yleisesti sekä energiansiirtoreiteillä että merituulivoimapuiston alueella havaittiin niukasti lajeja. Drop-video-kartoituksissa havaittuja lajeja on esitelty Taulukko 5-6.

Taulukko 5-6. Drop-video- ja kahluukartoituksissa havaitut kasvi- ja levälajit (Vasama & Leinikki 2024, liite 3).

Laji	Merituulivoimapuisto (n=60)	Kaapeli- ja vetyputkireitit (n=44)	Rantautumisalueet	Yhteensä
Ajelehtiva makrofyytti	0	1	0	1
Ajelehtiva rihmalevä	0	1	0	1
Kiinnittynyt tunnistamaton rihmalevä < 5 cm	0	5	0	5
Mukulanäkinparta (*Chara aspera*)	0	0	11	11
Hapranäkinparta (*Chara globularis*)	0	0	3	3
Näkinpartainen (Chara sp.)	0	1	0	1
Hauensiloparta (*Nitella opaca*)	0	0	1	1
Merisykeröparta (*Tolypella nidifica*)	0	0	1	1
Hapsiluikka (*Eleocharis acicularis*)	0	0	3	3

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Laji	Merituulivoimapuisto (n=60)	Kaapeli- ja vetyputkireitit (n=44)	Rantautumisalueet	Yhteensä
Järviruoko (*Phragmites australis*)	0	0	3	3
Uposkasvi (*Stuckenia pectinata / S. filiformis* / Ruppia sp. / Zannichellia sp.)	0	2	1	3
Pikkuvita (*Potamogeton berchtoldii*)	0	0	1	1
Ahvenvita (*Potamogeton perfoliatus*)	0	1	2	3
Hentovita *(Potamogeton pusillus*)	0	0	2	2
Merivita (*Stuckenia filiformis*)	0	0	2	2
Hapsivita (*Stuckenia pectinata*)	0	0	7	7
Äimäruoho (*Subularia aquatica*)	0	0	1	1
Pikkuhaura (*Zannichellia palustris*)	0	0	1	1

VVE1 alueella esiintyviä VELMU-kartoituksissa havaittuja makrofyyttitaksoneita ovat hapsivita, näkinparrat ja siloparrat (*Chara* spp. tai *Nitella* spp.), viherahdinparta, vesitähdet (*Callitriche* spp.), mukulanäkinparta, punahelmilevä tai tummapihtilevä (*Ceramium* spp.).

MVE1 alueella esiintyvät makrofyyttitaksonit VELMU-aineiston perusteella ovat näkinparrat ja siloparrat, suolilevät, mukulanäkinparta (*Chara aspera*), ahvenvita, hapsivita (*Stuckenia pectinata*), viherahdinparta ja sykeröparrat (*Tolypella* sp.).

MVE2 alueella oli vain yksi VELMU-kartoituspiste ja siellä havaitut taksonit olivat näkinparrat ja siloparrat.

MVE3 alueella esiintyi VELMU-kartoitusten perusteella viherahdinpartaa, suolileviä, pilviruskolevää ja lettiruskolevää, palleroahdinpartaa, pohjankivi- ja nysäsutia (*Battersia arctica* ja *Protohalopteris radicans*), näkinpartoja, silopartoja ja hapsivitaa.

MVE4/VVE2 alueella esiintyy seuraavat makrofyyttitaksonit: viherahdinparta, näkinparrat ja siloparrat, punahelmilevä tai tummapihtilevä, hapsivita, pilviruskolevä ja lettiruskolevä, merivita (*Stuckenia filiformis*), mukulanäkinparta, haurat (*Zannichellia* spp.), vidat (*Potamogeton* spp.), letkulevät (*Vaucheria* sp.), ahvenvita (*Potamogeton perfoliatus*), luikat (*Eleocharis* spp.), hentovita (*Potamogeton pusillus*), ärviät (*Myriophyllum* spp.), vesitähdet, palpakot (*Sparganium* spp.), merisykeröparta (*Tolypella nidifica*), lamparevesikuusi (*Hippuris vulgaris*). Etenkin Mässkärin rannat vaikuttavat VELMU-aineiston perusteella monimuotoisilta vesikasvillisuudeltaan.

MVE5/VVE3 alueella esiintyvät makrofyyttitaksonit VELMU-aineiston perusteella ovat viherahdinparta, mukulanäkinparta, ahvenvita, letkulevät, näkinparrat ja siloparrat, haurat, hapsivita ja ärviät. Etenkin Mässkärin rannat vaikuttavat VELMU-aineiston perusteella monimuotoisilta vesikasvillisuudeltaan.

Pietarsaaren merialueen vesikasvillisuutta on seurattu myös osana velvoitetarkkailua (*Pöyry 2017*) ja Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry:n hallinnoiman Vesiensuojelun tehostamisohjelman Vedet kuntoon ja tutuiksi -hankkeen (VETO2 -hanke) puitteissa (*Karvonen & Leinikki 2023*). Vuonna 2016 kartoitettu alue sijoittuu reitin MVE3 pohjoispuolelle ja osittain reittien MVE4/VVE2 ja MVE5/VVE3 alueelle, mutta tulokset kuvaavat varsin hyvin myös muuta merialuetta. Vuonna 2023 lähinnä kaapeli- /vetyputkireittejä oli Lågpaskarin seurantalinja, joka sijoittuu hyvin lähelle

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

MVE4/VVE2-reittiä. 2016 havaittiin, ettei niukkaravinteisuutta kuvaavia lajeja esiintynyt lievästi rehevöityneillä alueilla ja ravinteisuutta suosivia lajeja esiintyy pääasiassa rehevillä lahdilla.

Kasvillisuuden perusteella Pietarsaaren merialueen tila oli vuonna 2016 suhteellisen hyvä, eikä suuria muutoksia aiempaan kartoitukseen ollut havaittavissa. Rehevyyttä kuvaavat lajit olivat pysyneet samalla tasolla, mutta puhtaiden vesien lajeja (näkinpartaiset) esiintyi aiempaa enemmän, minkä perusteella voidaan päätellä vedenlaadun parantuneen. Kuitenkin suurin osa lajeista kuului indifferentteihin lajeihin, jotka ei kuvasta rehevää eikä vähäravinteista vettä. Alholman jäte- ja jäähdytysvesien purkualueen edustalla ja Luodonjärven vesien purkualueella näkinpartaisia ei esiinny kuvastaen haja- ja pistekuormitusvaikutuksen esiintymistä alueella. Näillä alueilla esiintyi rehevyyttä ilmentäviä lajeja. Pietarsaaren sataman ja kaupungin puhdistamon purkupaikan läheisillä kasvillisuuslinjoilla vesikasveja oli vähän ja laajat järviruokokasvustot rajoittivat muiden lajien esiintymistä. Ulkosaaristossa vesi oli kirjasta ja vähäravinteistä eikä rehevöitymiseen viittavia makroleväkasvustoja esiintynyt.

Vuoden 2023 seurantalinjalla esiintyi kahta levälajia: palleroahdinpartaa ja pohjankivisutia. Palleroahdinpartaa esiintyi lähes koko linjan pituudella, paitsi kaikkein matalimmasta päästä. Syvin havainto tehtiin 10,8 metrin syvyydessä ja laji kasvoi runsaimmin kahdeksan metrin syvyydessä. Pohjankivisuti kasvoi matalammilla alueilla. Kartoituskohteen elinympäristön tila oli melko huono ja rehevöityneen oloinen. Runsas sedimentoituneen aineen määrä peitti kasvillisuutta ja pohjan pintoja. Kohteen lajisto oli suppeaa, ja havaitut yksilöt olivat vaivaisen oloisia.

Merikaapelin ja vetyputken rantautumisalueen MVE1a/VVE1 pohjoisranta on rakennettua, jyrkkää lohkareikkoa. Eteläranta on luonnollinen rantakivikko, jonka ulkopuolella pohja on hiekkaa. Alueella kasvaa yleisesti harvaa järviruokoa, hapsivitaa, merivitaa sekä mukulanäkinpartaa. Vetyputkilinjauksen rantautumispaikalla on kallio- ja kivikkopohjaa sekä matala, ruovikkoinen lahdelma, joka oli kasvillisuudeltaan samanlainen kuin Kanäsin sataman eteläpuolinen alue. Rannan päälajisto koostui vidoista, mutta hiekkapohja oli kuitenkin sen verran vähäkasvuinen ja yksilöt harvassa, ettei minkään LuTU-luontotyypin määritelmä täyty. Alue ei ole meriuposkuoriaiselle soveltuvaa elinympäristöä. Vetyputken rantautumispaikan luontoarvoja arvioitiin lisäksi VELMU-aineiston avulla. Vuonna 2013 kerätyssä sukelluslinja-aineistossa havaittiin mukulanäkinpartaa, sykeröpartaa (*Tolypella* sp.), ahvenvitaa, hapsivitaa, viherahdinpartaa ja suolilevää sekä murtovesisientä. Drop-videoissa havaittiin ahven- ja hapsivitaa sekä murtovesisientä. Uhanalaisia lajeja ei havaittu.

Reitin MVE1b rantautumisalueen pohja on lähes kokonaan hiekkaa, vain etelässä rannalla on vähän kalliota. Merelle aukeava lahti ei vaikuta rehevältä. Vesi oli kirkasta eikä kasveja peittävää rihmaleväkasvustoa esiintynyt. Hiekkapohjalle tyypillinen lajisto oli monipuolinen. Paikalla esiintyi mukula- ja hapranäkinpartaa sekä merisykeröpartaa, ahven-, hapsi-ja hentovitaa sekä merivitaa ja pikkuvitaa (*Potamogeton berchtoldii*). Ravintokasvien esiintymisestä huolimatta meriuposkuoriaisia ei etsinnöistä huolimatta havaittu. Uhanalaisia lajeja ei tavattu.

Reittien MVE2a ja MVE2b rantautumispisteet sijaitsevat Monässundetissa, joka on pitkä, suurimmaksi osaksi hiekkapohjainen lahti. Merenpohja kartoitusalueella oli hiekkaa, jolla kasvoi paljon mukulanäkinpartaisniittyä sekä siellä täällä jonkin verran erilaisia vitoja, yleisesti ahven- ja hapsivitoja. Vidat ja ärviät ovat meriuposkuoriaisen ravintokasveja, mutta kuoriaisia ei alueella kuitenkaan tavattu. Rehevöitymistä ilmentävää rihmalevää oli hienoisesti havaittavissa. Pohjoisimmalla kartoituspisteellä kivien ja hiekkapankin taakse muodostuneessa lammikossa oli monipuolinen lajisto. Hapsividan ja mukulanäkinparran lisäksi määritettiin hapranäkinparta, äimäruoho (*Subularia aquatica*) sekä hentovita. Uhanalaisia lajeja ei havaittu.

Reitin MVE3 rantautumisalueella sijaitsi laaja hiekka-alue, jonka veden syvyys oli suurelta osin alle metrin. Aivan lahden pohjukan laguunissa oli melko monipuolinen lajisto mm. vitoja, vesitähtiä, ärviää sekä kaislaa (*Schoenoplectus*) ja järviruokoa (*Phragmites australis*). Alueella esiintyi meriuposkuoriaisen ravintokasveja, mutta lajia ei kuitenkaan etsinnöistä huolimatta tavattu. Muualla kasvillisuutta esiintyi niukasti. Mukulanäkinparta muodosti tiheää kasvustoa vähemmän liikkuvan hiekan alueella. Uhanalaisia lajeja ei havaittu.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Reitin MVE4/VVE2 Alheda on ruovikkorannan edusta Pietarsaareen johtavan, kesäisin vilkkaasti liikennöidyn veneväylän varressa. Kartoitetun rannan suurin syvyys oli 1,5 metriä. Pohjoisemman päädyn kartoitusala 1 oli noin 1,5 metriä syvää ja pohja oli pehmeä mutapohja. Valtalajina oli 15 prosentin peittävyydellä ahvenvita. Pohjaa peitti ajelehtiva rihmalevämatto. Eteläisemmän päädyn kartoitusala 2 oli 0,5 metriä syvää hiekkapohjaa. Mukulanäkinparta peitti 70 prosenttia pohjasta. Keskikohdilla oli pieni kasa kiviä, joita peitti ahdinparta. Uhanalaisia lajeja ei havaittu.

Reitin MVE4/VVE2 Nordkap oli pehmeäpohjainen ruovikon edusta, jonka syvyys oli 1,2–1,5 metriä. Tutkitun alueen kohdalla ei ollut merkkejä ihmistoiminnasta, mutta ympärillä oli huviloita ja Pietarsaaren satama- ja teollisuusalue aivan naapurissa. Päälajina oli ulpukka (*Nuphar lutea*) ja joukossa oli hieman lumpeita (*Nyphea alba*). Kaislikon ja ulpukan välistä löysimme hieman hentovitaa. Uhanalaisia lajeja ei havaittu.

Reitin MVE4/VVE2 Hällören oli suurista lohkareista pengerretty niemi, jonka molemmilla puolilla oli luonnontilainen ruovikko. Vesi oli hyvin tummaa. Penkereen edustalla ei todettu luontoarvoja. Alue vaikutti merkittävältä vapaa-ajan kalastukselle. Kartoitusala 1 oli suojainen lahdelma, jonka syvyys oli noin 1 metri. Kelluslehtinen kasvillisuus oli ulpukkavoittoista, seassa kasvoi lumpeita, palpakkoa, vesihernettä (Utricularia sp.) sekä kelluskeiholehtiä (*Sagittaria natans*). Kartoitusala 2 on ensimmäistä avoimempi. Harvan ruovikon edustalla kasvoi harvakseltaan lummetta, seassa hieman ulpukoita. Uhanalaisia lajeja ei havaittu.

Reittien MVE5a/VVE3a, MVE5b/VVE3b ja MVE4/ VVE2 varrelta kartoitettiin Pietarsaaren sataman edustalla sijaitsevan Gräggören saaren lajistoa. Saaren ympärillä oli monipuolinen pohjanlaatu, sataman sivulla oli pehmeää mutapohjaa ja mereisemmällä puolella soraa ja kivikkoa. Sataman puoleisella rannalla luikat muodostivat mattoja. Muita yleisiä lajeja olivat hapsivita sekä ahvenvita. Länsirannalla valtalajeina olivat näkinpartaiset, mukulanäkinparta ja hapranäkinparta (*Chara globularis*). Myös hapsivita, tähkä-ärviä (*Myriophyllum spicatum*) sekä hauensiloparta (*Nitella opaca*) esiintyivät yleisinä. Uhanalaisia lajeja tai meriuposkuoriaiselle (*Macroplea pubipennis*) soveltuvaa elinympäristöä ei havaittu.

Rantakartoituksissa havaitut lajit on esitetty luvussa 8.

Fäboda-Mässkärin alue reittien MVE4/VVE2 ja MVE5/VVE3 varrella on hyvin tärkeä alue voimakkaasti taantuneelle suolayrtille (*Salicornia europaea*, EN) (*Lappalainen ym. 2020*).

Suojaisilla rannikkoalueilla Merenkurkussa esiintyy rauhoitettua meriuposkuoriaista, joka on EU:n luontodirektiivin liitteen II laji ja ns. vastuulaji Suomelle. Viimeisimmän uhanalaisarvioinnin perusteella laji on luokiteltu silmälläpidettäväksi (*Hyvärinen ym. 2019*). Merikaapelin ja vetyputken vaihtoehtoisten rantautumispaikkojen matalimmat osat voivat olla lajille potentiaalisia elinympäristöjä. Lähimmät havainnot **meriuposkuoriaisesta** on vuodelta 2021 Pietarsaaren pohjoispuolelta noin kuuden kilometrin päässä reiteistä MVE4/VVE2- ja MVE5/VVE3, vuodelta 2022 Uudenkaarlepyyn edustalta noin kuuden kilometrin etäisyydellä reitistä MVE3 ja vuodelta 2023 Mustasaaren edustalla noin 30 kilometrin päässä reitistä MVE1/VVE1 (*Suomen lajitietokeskus 2023*). Merikaapelien ja vetyputkien rantautumiskohtiin tämän YVA-menettelyn yhteydessä tehdyissä kartoituksissa ei meriuposkuoriaista tai muita uhanalaisia lajeja havaittu.

Pietarsaaren sataman edustan merialue on paunikolle (*Crassula aquatica*) suotuista esiintymisaluetta, jossa havaintoja lajista on vuosilta 2021 ja 2022 (*Suomen lajitietokeskus 2023*). Havainnot eivät sijaitse energiansiirtoreiteillä. VELMU-kartoitusten perusteella Uudenkaarlepyyn edustan saaristossa on myös uhanalaisen paunikon esiintymispaikkoja. Vaarantuneeksi (VU) (*Hyvärinen ym. 2019*) luokiteltu laji kasvaa veden rajassa pääasiassa liejuisilla pohjilla.

5.2.7.4 Pohjaeläimet

Merelliset pohjaeläinlajit elävät useimmiten syvemmillä pohjilla Merenkurkun alueella. Rannikon läheisillä alueilla esiintyy enemmän makeanveden lajeja ja merellisten lajien osuus vähenee. Kovilla pohjilla on suoritettu yleisesti ottaen vähemmän pohjaeläintutkimuksia kuin pehmeillä pohjilla, joten tiedot kovien pohjien lajien levinneisyydestä ovat siksi puutteellisia. Jotkin harvat

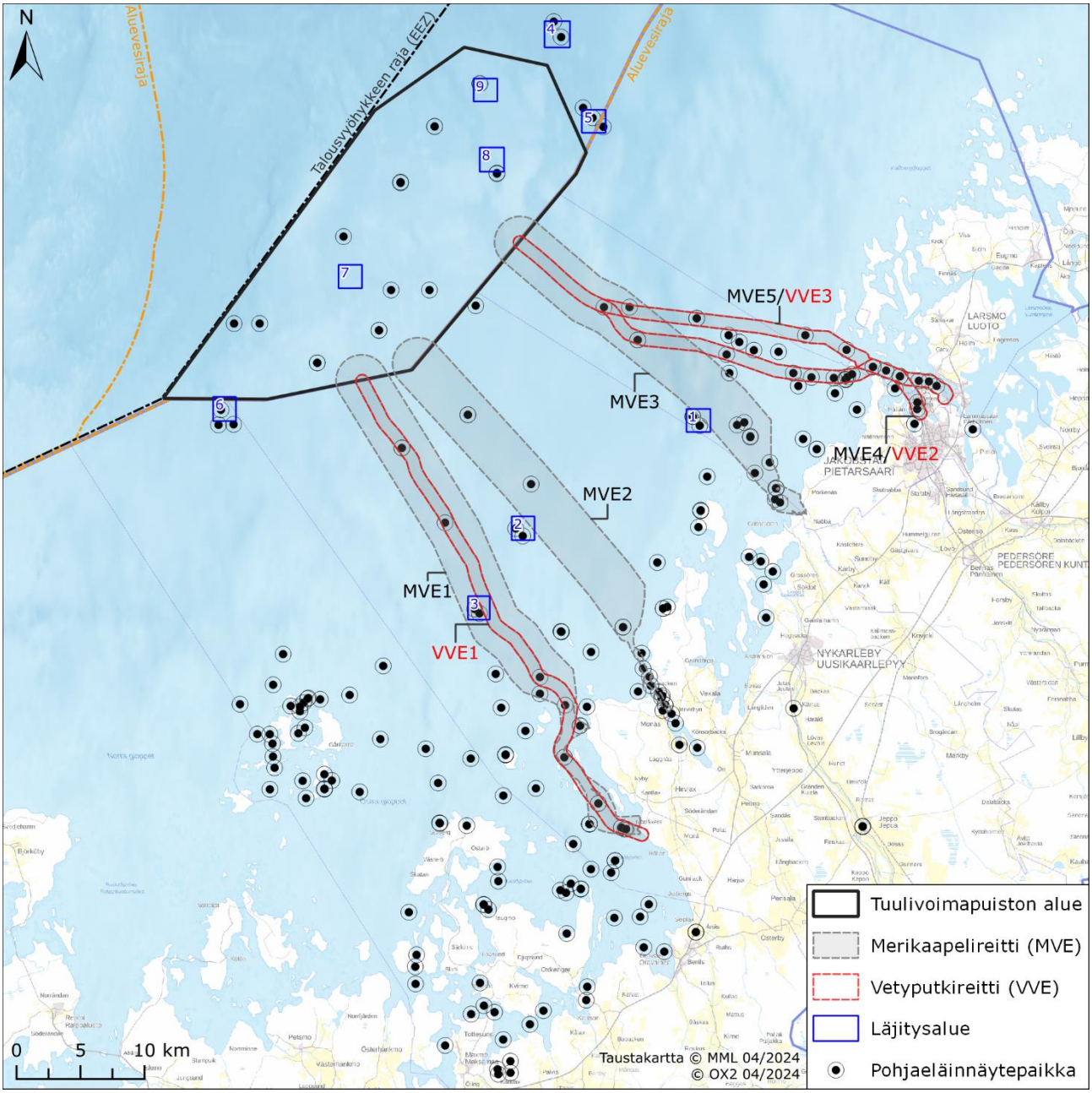
Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

makeanveden lajit ovat sopeutuneet murtovesiympäristöön. Vesisiira (*Asellus aquaticus*) ja jäännehalkoisjalkainen (*Mysis relicta*) ovat makeanveden lajeja, joita tavataan myös Merenkurkun eteläosassa. Sinisimpukan (*Mytilus trossulus)* pohjoinen levinneisyysalue on Merenkurkussa, kuten myös mm. merirokon (*Amphibalanus improvinus*) (*Ympäristöhallinto 2022*).

Matalien alueiden pohjilla esiintyy yleisesti mm. limakotiloita, okakatkoja ja surviaissääskentoukkia. Syviä pohjia dominoivat valkokatka ja kilkki sekä Marenzelleria-liejuputkimato, joka on laajalle Itämeressä levinnyt vieraslaji.

Pohjaeläinten nykytilatieto perustuu vuosina 2022 sekä 2023 tehtyihin erillisselvityksiin (*Lindfors ym. 2023a, Lindfors ym. 2024,* liite 4 ja liite 5) sekä muihin seurantoihin (*Suomen ympäristökeskus 2024b, POHJE-rekisteri*) (Kuva 5-18). Lisäksi on hyödynnetty VELMU-hankkeen aineistoja sekä alueella tehtyjä vedenalaisen luonnon kartoituksia (*Leinikki & Vasama 2023*), joiden yhteydessä kartoitettiin kovien pohjien lajistoa. Nämä aineistot yhdessä muodostavat kattavan kuvan hankkeen suunnittelualueen pehmeiden sekä osittain myös kovien pohjien pohjaeläimistöstä. Pehmeiden pohjien pohjaeläinten näytteenottoasemia on vuosina 2022 sekä 2023 tehdyissä selvityksissä sijoitettu laajasti niin merituulivoimapuiston, kuin suunniteltujen läjitysalueiden sekä vaihtoehtoisten merikaapeli-/vetyputkireittien alueille.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-18. Pohjaeläinnäytepisteet ympäristöhallinnon Pohje-rekisterin mukaan Pietarsaaren, Uudenkaarlepyyn ja Vöyrin sekä avomeren alueelta (Suomen ympäristökeskus 2024b, Pohje-rekisteri) sekä hankkeessa tehdyt näytteenotot (Lindfors ym. 2023, Lindfors ym. 2024 liite 4 ja 5).

Pohjaeläinyhteisöjen lajisto määräytyy monien tekijöiden summana merialueilla. Tärkeimpiä lajistoon vaikuttavia tekijöitä ovat suolapitoisuus sekä hapen pitoisuus vedessä ja sedimentissä. Pohjanlahdella veden suolapitoisuus vähenee huomattavasti eteläisempään Itämereen verrattuna, minkä seurauksena mereinen lajisto vastaavasti vähenee pohjoiseen mentäessä. Näin ollen alueella selviävät enää lajit, jotka sietävät matalia suolapitoisuuksia. Muun muassa liejusimpukka *Macoma balthica* esiintyy Merenkurkun pohjoispuolella enää vain satunnaisesti. Avomerialueen syvillä pohjilla suolapitoisuuden harppauskerros eli halokliini estää hapekkaan veden virtauksen syvänteisiin. Suomenlahdella halokliini sijaitsee tyypillisesti noin 60 metrin syvyydessä (*Korpinen ym. 2018).*

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Tehtyjen pohjaeläinselvitysten perusteella (*Lindfors ym. 2023*, *Lindfors ym. 2024*) merituulivoimapuiston asemilla ei ollut havaittavissa voimakasta halokliinia, mutta suolapitoisuus kohosi lievästi usealla asemalla samoilla syvyyksillä kuin missä lämpötilan harppauskerros eli termokliini sijaitsi (15–20 m). Vuonna 2023 pohjien hapettomuutta ei havaittu yhdelläkään pohjaeläinasemalla, mutta muutamassa rantaa lähellä olevassa näytteessä havaittiin lievää rikkivedyn hajua (asemat LSED-19, LSED-21, LSED-36 ja LSED-63) (Kuva 5-21). Tämä voi tarkoittaa sitä, että pohjilla esiintyy ajoittaista hapettomuutta. Vuoden 2022 näytteenotoissa yhdelläkään asemalla ei havaittu rikkivedyn hajua. Mahdollisesta hapettomuudesta asemalla LSED-19 voi kertoa myös herkän valkokatkan puuttuminen asemalta vuoden 2023 näytteenotoissa, vaikka sitä esiintyi samassa paikassa vuonna 2022.

Merituulivoimapuistoalueen eteläosan näyteasemat olivat vuonna 2023 yhtä poikkeusta (hyvä tila) lukuun ottamatta lasketun BBI-indeksin mukaan tilaltaan erinomaisia, kun taas pohjoiseen sijoittuvat asemat olivat kaikki luokassa hyvä. Erinomaisen tilan saaneilla asemilla tavattiin kaikilla neljä eri lajia (liejuputkimato, kilkki, valkokatka ja liejusimpukka), ja hyvän tilan saaneilla asemilla tavattiin kaksi tai kolme lajia. Ainoastaan merituulivoimapuistoalueen eteläosan asemilla tavattiin liejusimpukkaa, joka on selvitysalueella levinneisyytensä pohjoisrajalla. Vuoden 2022 selvityksessä liejusimpukkaa ei tavattu merituulivoimapuiston alueella lainkaan, vaan sitä esiintyi ainoastaan merituulivoimapuistoalueen eteläpuolelle alustavan **suunnitellun läjitysalueen** LA1 asemilla. Tämän lisäksi valkokatka oli runsastunut tuulivoimapuiston alueella huomattavasti vuoteen 2023 mentäessä. Vuonna 2022 valkokatkaa ei esiintynyt asemilla LSED-1 eikä LSED-5 – LSED-7 ollenkaan, mutta vuoden 2023 selvityksessä valkokatkaa tavattiin jokaisella merituulivoimapuistoalueen asemalla. Vuoden 2022 aineistosta valkokatkapohjaksi luokiteltiin ainoastaan asema LSED-11, vuonna 2023 valkokatkapohjien kriteerit eivät kuitenkaan täyttyneet, vaikka yksilötiheydet olivat suuria. Vuoden 2022 merituulivoimapuiston näytteissä oli BBI-indeksin antamassa tilaluokassa enemmän vaihtelua (hyvä-tyydyttävä-välttävä), mikä voi osin selittyä pienemmällä rinnakkaisten määrällä, mutta myös näyteasemien syvyydellä. Avomeren pohjaeläinyhteisöjen BQI-indeksi ylitti kaikilla asemilla yli 1,5 numeerisen raja-arvon eli näyteasemien pohjaeläinyhteisöjen tila oli hyvä molempina tutkimusvuosina (2022 ja 2023).

Energiansiirtoreiteillä lajimäärä keskimäärin lisääntyi rannikkoa lähestyttäessä. Reitin MVE1/VVE1 kaikki näyteasemat olivat vuonna 2023 tilassa hyvä lukuun ottamatta ulointa asemaa LSED-51, joka luokittui erinomaiseen tilaan. Tällä reitillä havaittiin kaikki reitit huomioon ottaen ainoat alueet, jotka olivat asemien tulosten perusteella luokiteltavissa valkokatkapohjiksi. Vuonna 2022 asemat olivat LSED-36, LSED-35 ja LSED-33 ja vuonna 2023 LSED-33, LSED-36, LSED-37 ja LSED-65. Vuonna 2022 tilaluokka vaihteli erinomaisen ja hyvän välillä, aseman LSED-50 luokittuessa vain välttävään tilaan.

Reitin MVE2 varrella olevista asemista kaksi (LSED-31, LSED-52) olivat vuonna 2023 BBI:n mukaan tilaluokassa hyvä ja asema LSED-27 tyydyttävä. Reittien MVE1/VVE1 ja MVE2 välissä oleva uusi asema LSED-61 oli erinomaisessa tilassa. Vuonna 2022 reitillä sijainneet asemat olivat tilassa välttävä (LSED-31), tyydyttävä (LSED-28) ja muut asemat tilaluokkaa hyvä tai erinomainen.

Reittivaihtoehto MVE3:n alueella kaksi asemaa oli vuonna 2023 tyydyttävässä tilassa (LSED40, LSED-44), yksi asema (LSED-55) hyvässä tilassa ja yksi tilaltaan erinomainen (LSED-54). Vuonna 2022 asemien tila vaihteli välttävästä erinomaiseen (liite 5).

Reittien MVE4/VVE2 ja MVE5/VVE3 varrella olevien asemien sekä rantautumisalueen asemat LSED-19, LSED-21 ja LSED-58 olivat vuonna 2023 BBI-arvoltaan tilassa hyvä, rantautumisalueen asemat LSED-60 ja LSED-66 olivat tyydyttävässä tilassa ja asema LSED-59 huonossa tilassa. Huonossa tilassa olevalla asemalla eläimistö oli harvasukasmatovaltaista, asemalla havaittiin myös rautamaista hajua. Vuonna 2022 reitin varrelle sijoittuneet asemat luokittuivat huonosta erinomaiseen tilaan.

Merkittävänä erona vuosien 2022 ja 2023 näytteenottojen välillä on pohjaeläinten yksilömäärien huomattavat muutokset usealla selvitysalueen asemalla, vaikkei lajikoostumuksessa ollutkaan suuria eroja. Suurimmat erot pohjaeläimistössä aiheuttivat valkokatkan ja liejuputkimadon

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

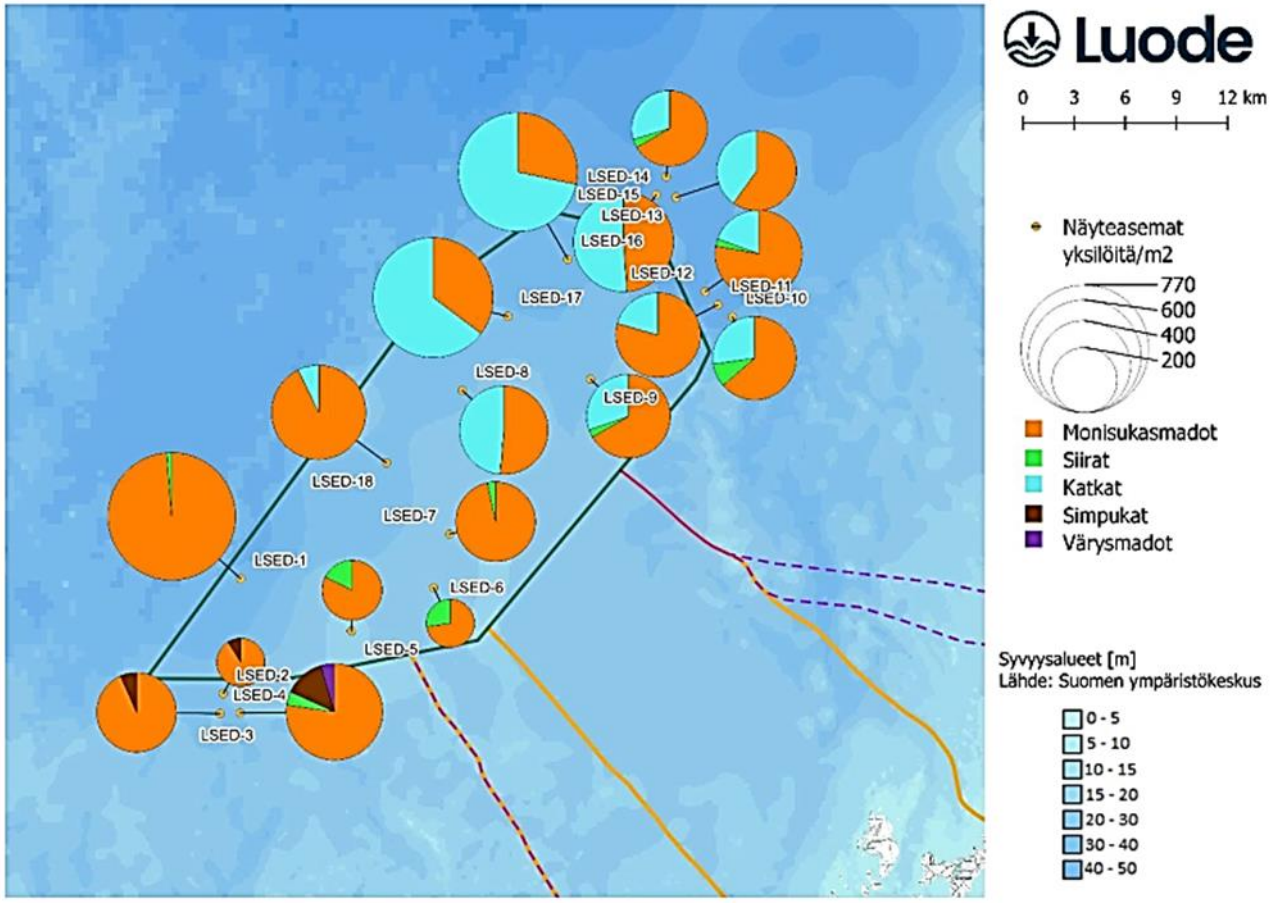
runsauden sekä biomassan vaihtelu. Valkokatka oli runsastunut voimakkaasti koko merituulivoimapuiston alueella, ja esiintyi vuoden 2023 näytteenotoissa myös niillä asemilla, joilla sitä ei vuoden 2022 selvityksessä tavattu. Huolimatta eroista yksilömäärissä, lajisto oli kuitenkin samankaltaista molempina vuosina koostuen pääasiassa liejuputkimadoista, valkokatkoista, liejusimpukoista sekä jäännemassiaisista merituulivoimapuiston alueella. Merikaapeli-/vetyputkireittien näyteasemilla lajisto oli monimuotoisempaa, koostuen edellä mainittujen lajien lisäksi erilaisista monisukasmadoista, surviaissääskistä, siiroista ja harvasukasmadoista (Kuva 5-19, Kuva 5-20, Kuva 5-21).

Lukuisten muuttujien vuoksi pohjaeläimistön lajisto sekä lajiston väliset runsaussuhteet saattavat vaihdella samassakin paikassa voimakkaasti vuosien välillä. Näin ollen myös asemille lasketuissa ekologisen tilan indekseissä esiintyy vaihtelua vuosien 2022 sekä 2023 välillä. Pohjaeläinasemien pohjanlaadulla on ylipäätään yleensä suuri merkitys lajiston koostumuksessa. Avoimien alueiden karkeilla pohjilla esiintyy myös virtauksia, jotka puhdistavat pohjaa ja tuovat sinne happea. Vastaavasti suojaisten ja/tai syvien alueiden pehmeillä pohjilla virtauksia on vähemmän ja alueilla voi ilmetä ajoittain myös happivajausta. Alueen lajiston muutoksien sekä normaalin vaihtelun seuraamiseen vaadittaisiin lukuisia näytteenottoja pitkällä aikavälillä.

Hankealueen rannikon vesimuodostumien pohjaeläimistön ekologinen tila vaihtelee kolmannella vesienhoitokaudella välttävästä erinomaiseen (katso luku 5.2.2). Merenhoidon tilamuuttujien mukaan merenpohjan laajat elinympäristöt ovat Merenkurkun ja Perämeren alueella hyvässä tilassa (*Korpinen ym. 2018*, katso myös luku 5.2.7).

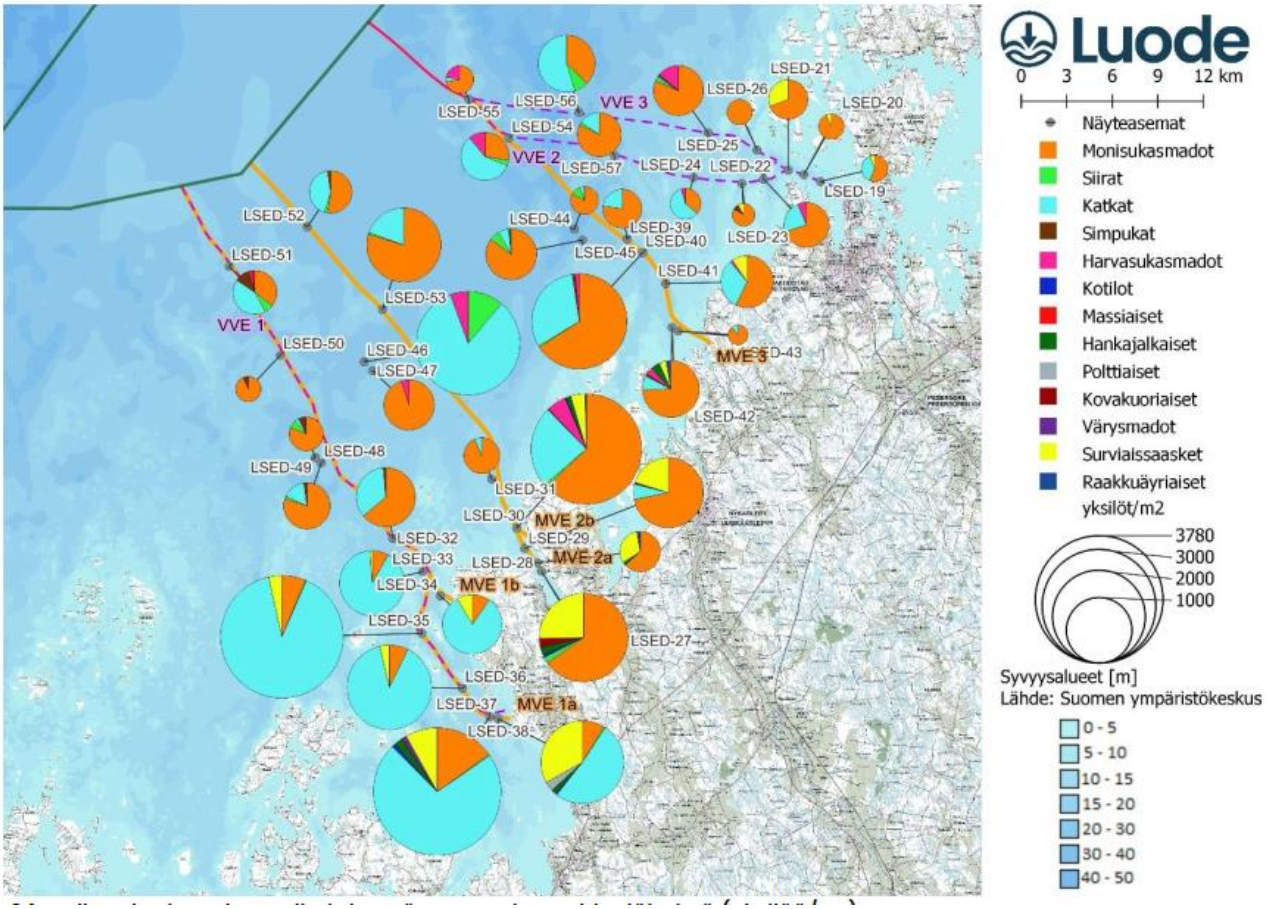
Alueella esiintyvistä kovien pohjien lajeista on vähemmän tietoa, erityisesti syvemmiltä alueilta. Merituulivoimapuiston alueelta ei ole olemassa esimerkiksi VELMU-hankkeessa kerättyjä kovien pohjien pohjaeläintietoja. Merituulivoimapuiston alueella kovan pohjan määräksi on arvioitu 107 km^2, mikä on noin 23 % puiston alustavasta kokonaispinta-alasta. Drop-videoinneissa tehtyjä pohjaeläinhavaintoja kuvataan myös edeltävässä luvussa luontotyyppien kuvauksessa. Pohjaan kiinnittyneitä lajeja ei kuvauksissa havaittu, mutta liikkuvista lajeista havaittiin mm. kilkkiä ja jäännemassiaista. Videotutkimuksen perusteella merituulivoimapuiston pohja on erittäin karua ja vähälajista, mikä on kuitenkin myös alueelle tyypillistä. Kaapelireittien alueella havaittiin mm. murtovesisientä sekä polyyppia (*Vasama & Leinikki 2024*, liite 3).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



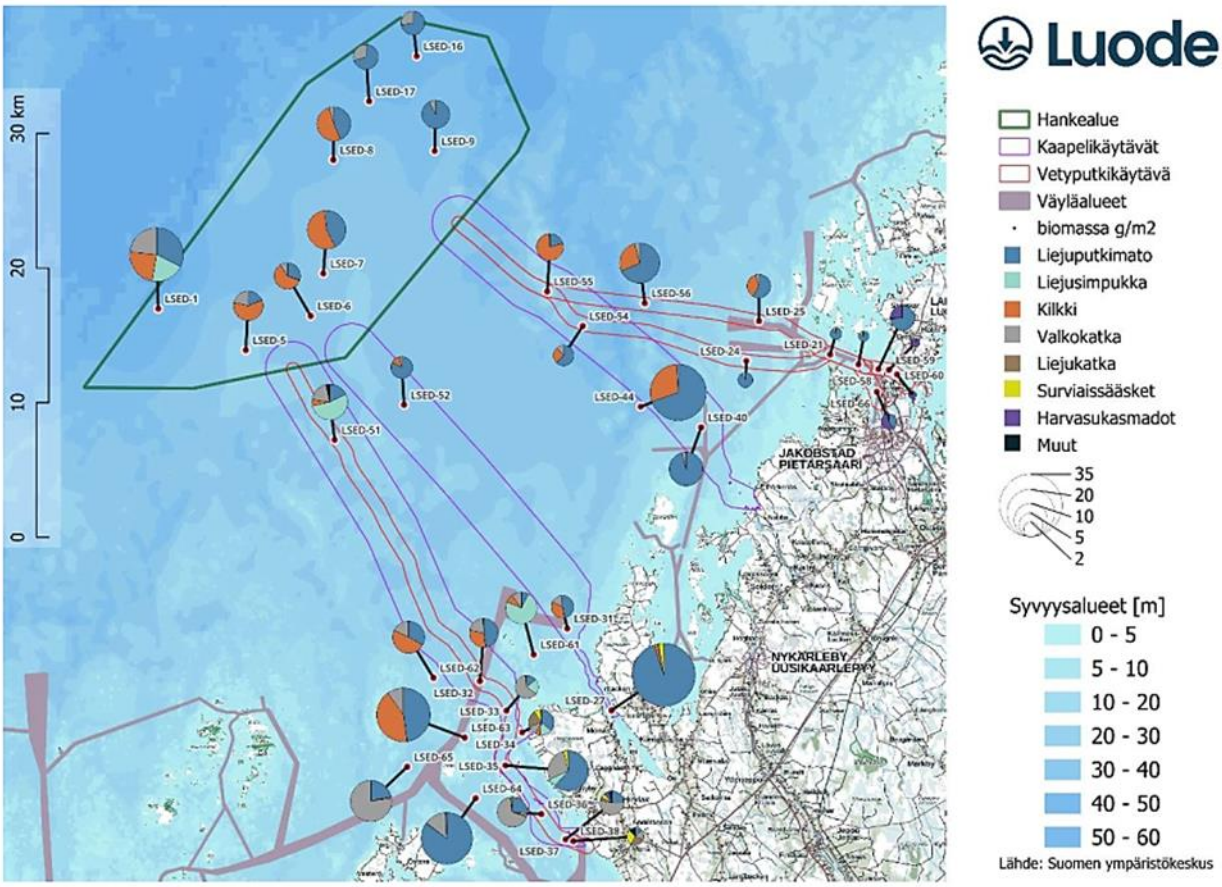
Kuva 5-19. Merituulivoimapuiston sekä läheisten suunniteltujen läjitysalueiden pehmeiden pohjien näyteasemien pohjaeläimistö (yksilöä/m²) vuonna 2022 (Kuva lähteestä Lindfors ym. 2023, liite 4).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-20. Vaihtoehtoisten merikaapeli- ja vetyputkireittien pehmeiden pohjien näyteasemien pohjaeläimistö (yksilöä/m²) vuonna 2022 (Kuva lähteestä Lindfors ym. 2023, liite 4).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-21. Merituulivoimapuiston, läheisten suunniteltujen läjitysalueiden ja energiansiirtoreittien pehmeiden pohjien näyteasemien pohjaeläimistö vuonna 2023 (biomassa/m²). (Kuva lähteestä Lindfors ym. 2024, liite 5).

5.2.8 Merinisäkkäät

Seuraavassa on tiivis kuvaus merinisäkkäistä. Lisää kuvausta merinisäkkäistä ja niiden levinneisyydestä on esitetty erillisessä vedenalaisen melumallinnuksen liitteessä 7.

Hankealueella (merituulivoimapuistossa, läjitysalueilla ja merikaapeli- /vetyputkireiteillä) tavataan nykytiedon mukaan Itämeren yleisintä hyljelajia harmaahyljettä, eli hallia (*Halichoerus grypus*), sekä itämerennorppaa (*Pusa hispida botnica*). Satunnaisesti voidaan tavata harvinaisempia merinisäkkäitä, kuten pyöriäisiä. Muualla Itämerellä elää myös kirjohylje (*Phoca vitulina*), joka ei kuitenkaan elä Suomen alueella (*Maa- ja Metsätalousministeriö, MML 2007*).

Harmaahylje, eli halli on Itämeren suurikokoisin hylje (n. 150–300 kg). Harmaahylje esiintyy koko Itämeren alueella. Lisääntymiselle tärkeimmät alueet ovat Itämeren pääaltaan pohjoisosa, sekä Pohjanlahti. Seurattava karvanvaihdon aikainen esiintyminen painottuu Itämeren pääaltaan ympärille, Suomen lounaissaaristoon, Keski-Ruotsin (Tukholman) saaristoon ja Länsi-Viron alueelle. Hallikannan painopiste on laajentunut kohti etelää. (*ymparisto.fi 2018b*)

Vuonna 2021 hallilaskennoissa koko Itämerellä havaittiin noin 40 000–42 000 yksilöä, joista Suomen merialueilla havaittiin noin 18 000 yksilöä. Vuonna 2022 lentolaskennoissa Itämerellä laskettiin hieman alle 37 000 harmaahyljettä, joista Suomen merialueilla hieman yli 17 000 hyljettä (*Itämeri.fi 2021, Luonnonvarakeskus 2022*). Vuoden 2023 laskennoissa Itämerellä havaittiin miltei 46 000 harmaahyljettä, joista Suomen alueella reilut 18 000 (*Luonnonvarakeskus 2023a*). Itämeren hallikanta on kasvanut keskimäärin hieman alle viisi prosenttia vuodessa 2000-luvun alkupuolelta lähtien. Vuonna 2022 laskentamäärät olivat noin 5 000 yksilöä pienemmät, joista Suomen

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

puolella yksilöitä laskettiin noin 1 000 yksilöä vähemmän (*Luonnonvarakeskus 2022*), vuoden 2023 laskentatulos oli jälleen linjassa edellisten vuosien kanssa, kannan ollessa reilut 9 000 yksilöä suurempi kuin vuonna 2022 (*Luonnonvarakeskus 2023a*).

Itämerennorppa on hallia huomattavasti pienikokoisempi (n. 50–120 kg) hyljelaji. Laskentatulokset Itämerennorpan kannan koosta ovat vaihdelleet vuosina 2013–2021 voimakkaasti johtuen ainakin osin laskenta-ajankohdan (huhtikuu) laskentaolosuhteista ja jäätilanteesta. Keväällä 2021 Perämereltä laskettiin 11 500 norppaa ja keväällä 2020 noin 14 600 yksilöä (*Luonnonvarakeskus 2021).* Vuoden 2022 norppien lukumäärän arvio oli 10 500 norppaa ja syksyllä 2023 julkaistussa, kevään 2023 arviossa norppia laskettiin Perämerellä 14 100 yksilöä otannan perusteella. Muutokset norppien lukumääristä eivät kuitenkaan kerro norppakannan äkillisistä muutoksista, vaan vaihtelusta laskentaolosuhteissa, jonka vuosien välinen vaihtelu on vaikuttanut kanta-arvioihin. Perämerellä osakannan on arvioitu aikeisemmin kasvaneen keksimäärin hieman yli 5 % vuodessa, mikä on lähellä elinvoimaisen kannan minimikokoa. Kasvunopeus on alle lajin luontaisen rajoittamattoman kasvun nopeutta (*ymparisto.fi 2018a*). Muutokset ja vaihtelevuus laskentaolosuhteissa on kuitenkin vaikuttanut kannan kasvun arviointiin. Poikkeavia tuloksia ei voida käyttää kasvutrendin arvioinnissa aiempien tulosten jatkona, joskin laskennan jatkuessa on mahdollista arvioida kannan kehityksen suuntaa (*Luonnonvarakeskus 2023a*).

Itämerennorpan populaatio on vahvasti keskittynyt Perämerelle (80 % populaatiosta) ja muilla alueilla on vain pienempiä osakantoja. Arviolta Saaristomerellä sekä Suomenlahdella on joitain satoja yksilöitä ja Riianlahdella noin tuhannesta kahteentuhanteen yksilöä (*Halkka 2020*). Länsi-Viron, itäisen Suomenlahden ja Suomen lounaissaariston alueilla norppien laskenta, johtuen huonosta jäätilanteesta, on haastavaa. Norppakannan levinneisyys ei ole muuttunut (*Ymparisto.fi 2018b*).

Kolmas merinisäkäslaji, joka esiintyy Suomen rannikolla, on pyöriäinen (*Phocoena phocoena)*. Pyöriäinen on maailmanlaajuisesti elinvoimainen (LC), mutta Itämeren altaan populaatio on luokiteltu äärimmäisen uhanalaiseksi ja on luontodirektiivin liitteessä IV (a) mainittu, tiukkaa suojelua vaativa laji. Pyöriäisen esiintyminen hankealueella, on kuitenkin hyvin epätodennäköistä ja mikäli lajia alueella esiintyisi, olisi kyseessä satunnainen yksilö/satunnaiset yksilöt. Tästä syystä lajiin kohdistuvia vaikutuksia ei ole tämän YVA-menettelyn yhteydessä arvioitu.

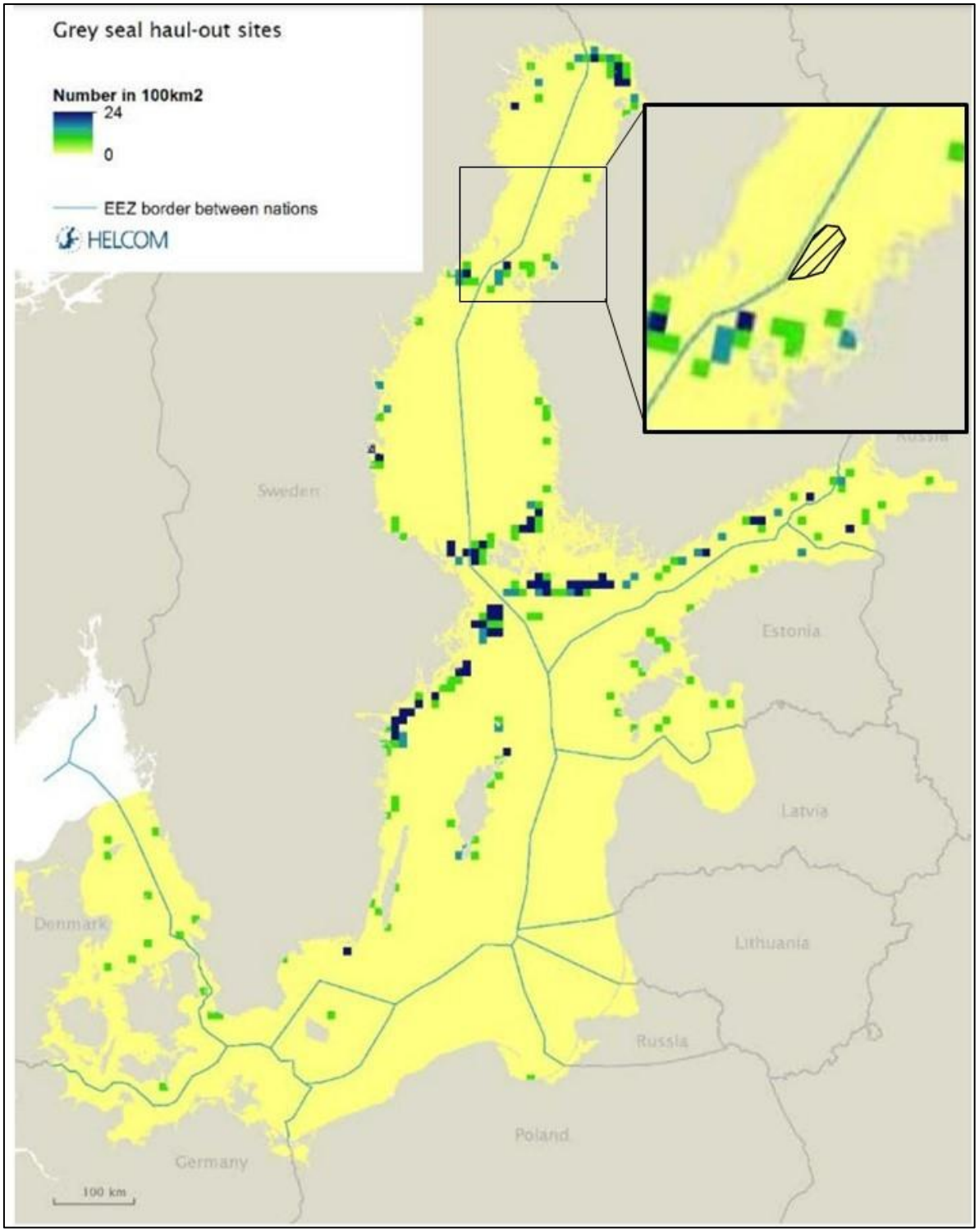
6.2.6.1. Elintavat ja lisääntyminen

Harmaahylje ei tee pesää, vaan poikii tyypillisesti paljaalle jäälle. Poikiminen tapahtuu yleensä ahtautuneen jään ja avoveden välillä olevalle jäälauttojen vyöhykkeelle (*Helle & Stenman 1990*). Harmaahylje on sopeutunut myös lisääntymään maalla ja irtojäällä, joten laji ei ole riippuvainen jäästä (*Halkka 2020*). Laji on varsin paikkauskollinen, sen karvanvaihto- ja lepoalueille. Lajille on kuitenkin tyypillistä laaja alueiden välinen liikkuvuus vuodenaikaisvaelluksilla, joita se tekee poikimisalueilta kesäaikaisille ravinnonhakualueille, tyypillisesti Perämeren ja Ahvenanmeren välillä. (*Maa- ja Metsätalousministeriö, MML 2007*)

Itämeren norppa on jäästä ja lumesta riippuvainen arktinen laji. Erityisesti poikimis- ja imetysaikaan norppa on riippuvainen jääpeitteestä, jolla poikiminen ja imetys (6–9 viikkoa) tapahtuu. Norppa käyttää jäätä myös lepäämiseen, karvanvaihtoon ja lisääntymiseen (*Halkka 2020*). Itämeren norppa ei ole sopeutunut lisääntymään maalla, tai luodoilla, kuten harmaahylje. Norppa voi asuttaa myös kiintojäisiä merialueita, jolloin se hyödyntää hengitysaukkoja (*Maa- ja Metsätalousministeriö, MML 2007*). Itämerennorpat ovat paikkauskollisia. Harmaahylkeeseen verrattuna norppa on arempi laji, joka hakeutuu rauhallisille merialueille (*Maa- ja Metsätalousministeriö, MML 2007*). Itämerellä norpalla on neljä lisääntymisaluetta paikoilla, joilla jääpeite kestää pisimpään; Perämeri, Saaristomeri, Suomenlahti ja Riianlahti (*Halkka 2020*). Riianlahtea eteläisimmillä alueilla lajia tavataan vain harvoin. Pitkiä vuodenaikaisvaelluksia aikuisilla ei juuri tavata. Nuoret yksilöt voivat vaeltaa laajemmalla alueella, vaellukset tunnetaan kuitenkin huonosti. (*Maa- ja Metsätalousministeriö, MML 2007*) Oheisissa kuvissa (Kuva 5-22, Kuva 5-23) on esitetty harmaahylkeiden karvanlähtöaikaan käyttämät luodot tai maallenousupaikat Itämerellä ja Laineen

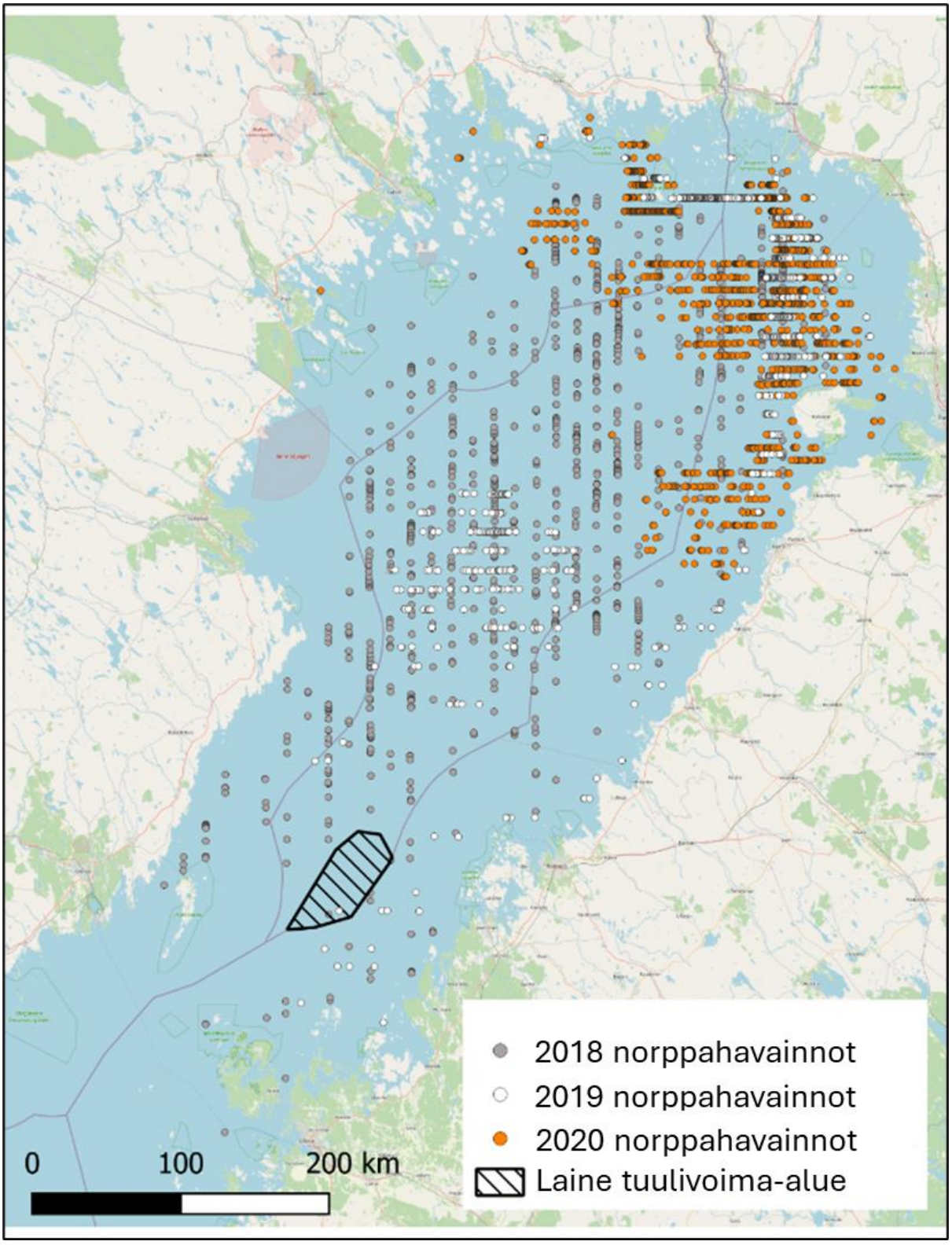
Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

merituulivoimapuiston alueen lähellä sekä norppahavainnot Pohjanlahden ilmalaskennoista huhtikuussa 2018, 2019 ja 2020 (*Luonnonvarakeskus 2023b, Helcom 2018*).



Kuva 5-22. Harmaahylkeiden karvanlähtöaikaan käyttämät luodot tai maallenousupaikat Itämerellä ja Kattegatissa. Lisäksi kuvassa esitetty Laineen merituulivoimapuiston alue (mustareunainen monikulmio). Karttaselitteen värit kuvaavat lajin yksilötiheyttä per 100 km^2. Kartta sisältää kaikki tällä hetkellä tunnetut maallenousupaikat. (Kartta: Niras 2023a, kartta tehty mukaillen aineistoista Luonnonvarakeskus 2023a, HELCOM 2018

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-23. Itämeren osapopulaatioon kuuluvien norppien lukumäärä vuosina 2018, 2019 ja 2020. Ilmakartoitukset tehtiin kaikkina vuosina huhtikuussa. Lisäksi kuvassa esitetty Laineen merituulivoimapuiston alue (mustareunainen monikulmio). Karttaselitteen värit kuvaavat lajin havaintoja eri vuosina. (Kartta: Niras 2023b, liite 7, kartta tehty mukaillen aineistoista Havs- och vattenmyndigheten, SMHI, Luonnonvarakeskus 2023a)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Suojelu

Hylkeiden ja niiden elinalueiden suojelemiseksi valtion omistamille maille on vuonna 2001 perustettu hylkeiden suojelualueita (yhteensä 188 km², eli noin 0,37 % Suomen merialueiden kokonaispinta-alasta), erityisesti harmaahylkeitä varten (Kuva 5-24). Osa alueista tukee myös Itämeren norpan suojelua. Alueita hallinnoi Metsähallitus. Hankealuetta lähin hylkeiden suojelualue on Snipansgrundin-Medelkallan (noin 40 km etäisyydellä merituulivoimala-alueesta etelään), johon kuuluu noin 3 260 hehtaaria valtion omistamia alueita Mustasaaren kunnassa (*metsä.fi 2023).* Lähin hyljeluoto puolestaan sijaitsee Österön edustalla noin 25 kilometrin etäisyydellä merituulivoimapuiston alueesta kakkoon ja vajaa 10 kilometriä energiansiirtoreitin vaihtoehdosta MVE1/VVE1 lounaaseen (*Luonnonvarakeskus 2023b*).

Halli on suojeltu EU:n habitaattidirektiivin liitteessä II ja V ja Bernin sopimuksen liitteessä III sekä lisätty biodiversiteetin kuvaajaksi meristrategiadirektiiviin (*European Commission, 2008/56/EY),* jonka tavoitteena on merten hyvä tila. Laji on lisäksi suojeltu muuttavien luonnonvaraisten eläinten suojelua koskevalla yleissopimuksella (Bonnin sopimus 1979). HELCOM listaa Hallin elinvoimaiseksi (LC, least concern) (*HELCOM 2023a*).

Itämerennorppa puolestaan on EU:n Luontodirektiivin mukaan suojeltu laji ja listattu liitteessä V. HELCOM on luokitellut Itämeren norpan vaarantuneeksi (VU, vulnerable) (*HELCOM 2023b*).

Molemmat lajit, sekä halli että Itämeren norppa ovat riistalajeja. Lajeja voidaan metsästää alueja lajikohtaisina metsästysaikoina, sekä Suomen riistakeskuksen myöntämällä Metsästyslain 41 §:ssä tarkoitetulla poikkeusluvalla (*Metsästyslaki 28.3.1993/615*).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-24. Suomen merialueiden hylkeiden suojelualueet. Laineen merituulivoimapuiston alue esitetty kartalla suuntaa-antavasti. (Lähde: Maa- ja metsätalousministeriö, MML 2007; Hyljekannan hoitosuunnitelma).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

5.2.9 Yhteenveto hankealueen vesiympäristön nykytilasta

Merituulivoimapuiston alueella syvyys on pääosin 20–50 metriä ja myös kaapelireitit ovat syvyydeltään pääosin yli 20 m, matalimpia ovat reitit MVE4 ja MVE5, joista noin 20 % on alle 10 syvyysvyöhykkeellä. Tuulivoimapuiston alueella avomerellä saliniteetti on noin 3–5 PSU, lähellä rannikkoa monin paikoin alhaisempi jokivesien vaikutuksesta. Suolakerrostuneisuus on yleensä heikkoa eikä juurikaan estä vesien sekoittumista, mikä edesauttaa alueen yleisesti hyvää happitilannetta. Vesienhoidossa luokiteltu rannikkovesien ekologinen tila on etenkin ulommilla alueilla pääosin hyvä, rannikon lähellä ja lahtialueilla pääosin tyydyttävä. Pietarsaaren edustan tila on luokiteltu vain välttäväksi. Pietarsaaren edustalla vaikuttavat teollisuuden ja asutuksen jäte- ja jäähdytysvesikuormitus sekä Luodon-Öjanjärven makeavesialtaasta juoksutettavat humuspitoiset ja ajoittain happamat vedet. Uudenkaarlepyyn edustalla vaikuttavat Vöyrinjoen, Lapuanjoen ja Kyrönjoen vedet.

Merituulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien alueella sekä läheisyydessä selvitettiin 2022 ja 2023 automaattimittauksin tarkemmin virtauksia, veden lämpötilaa, suolaisuutta, sameutta ja pohjan läheistä happitilannetta. Alueella esiintyy paikoin melko kovia virtauksia, enimmillään 22–34 cm/s. Mittaustuloksia käytettiin myös suotuisimpien läjitysalueiden tarkasteluun. Mittauspaikoilla pohjanläheiset happipitoisuudet pysyivät hyvällä tasolla ja sameusarvot pääosin alhaisina, vaikka ajoittain sameus kasvoi pohjan lähellä virtausten ja resuspension vaikutuksesta.

Merituulivoimapuiston pohjoisosassa ja ulkopuolella todettiin sedimenttitutkimusten perusteella erityisesti nikkelin osalta kontaminoituneita sedimenttejä (liite 4 ja 5), mikä huomioidaan läjitysalueiden valinnassa. Kaapelireiteillä haitta-ainepitoisuudet olivat pääosin vähäisiä ja hyvin läjitettävissä soveltuvalle meriläjitysalueelle, lukuun ottamatta pohjoisempia Pietarsaaren edustalle sijoittuvia reittejä, joilla esiintyy rannikon läheisyydessä laaja-alaisesti sekä haitta-aineita että eroosioherkkää sedimenttiä.

Tuulivoimapuiston alueella jääolosuhteet ovat haastavat, mikä huomioidaan voimalarakenteiden suunnittelussa. Lähempänä rannikkoa kaapelireiteillä on kiintojään aluetta, jossa Perämerellä on tyypillistä ahtojäävallien muodostuminen. Ahtojäät aiheuttavat alueella rantojen ja merenpohjan eroosiota.

Hankealueen ja sen lähialueen vedenalaisia luontoarvoja on esitetty oheisessa taulukossa (Taulukko 5-7). Merituulivoimapuiston alueella ei sijaitse suojelualueita, mutta uhanalaista riuttaluontotyyppiä ja valkokatka-merivalkokatkapohjia voi siellä esiintyä. Merituulivoimapuiston alueen kartoituksissa ei havaittu kiinnittyneitä pohjaeläimiä tai makrofyyttejä. Syvien alueiden riutat ovat hyvin karuja ja vähälajisia ja riuttoja lähinnä geologisilta piirteiltään. Niillä voi kuitenkin olla merkitystä kalaston kannalta, sillä kalat voivat hyötyä riutoista kutualueina.

Eniten suojelualueita sijaitsee reiteillä MVE4/VVE2 ja MVE5/VVE3 ja vähiten reiteillä MVE1 ja MVE3. Mallinnettuja riuttoja sijaitsee eniten MVE1, MVE4 ja MVE5 alueella. Rannikon laguuneja sijaitsee kaikkien muiden energiansiirtoreittien alueella tai lähistöllä kuin MVE2 alueella. Vedenlaisia hiekkasärkkiä sijaitsee MVE2, MVE4 ja MVE5 lähettyvillä.

Erittäin uhanalaisia valkokatka-merivalkokatkapohjia sijaitsee MVE1 varrella. Silmällä pidettäviä avoimia näkinpartaispohjia esiintyi kaikilla energiansiirtoreiteillä sekä MVE1b, MVE2a ja MVE2b, MVE3, MVE4/VVE2 Alheda, MVE5a/VVE3a ja MVE5b/VVE3b rantautumisalueella.

Uhanalaisia lajeja on havaittu MVE4/VVE2 ja MVE5/VVE3 lähistöllä.

MVE2b rantautumisalueella Brännskatagrundetilla sijaitsee tiukasti suojeltu luontotyyppi (65 §) rannikon avoimet dyynit (luonnonsuojelulaki 9/2023).

Merituulivoimapuiston ja sen sisälle ja lähelle suunniteltujen läjitysalueiden pohjaeläinyhteisö on alueelle tyypillisesti melko vähälajinen niin pehmeiden kuin kovien pohjien osalta. Valkokatkapohjien erittäin uhanalaista luontotyyppiä esiintyy tehtyjen kartoitusten perusteella sekä merituulivoimapuistossa yhdellä asemalla, että merikaapeli-/vetyputkireitillä MVE1/VVE1 useammalla asemalla. Valkokatkaa esiintyi näytteissä yleisenä, vaikka kaikilla asemilla luontotyypin kriteerit eivät

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

täytykään. Yleisimpiä lajeja valkokatkan lisäksi on vieraslaji liejuputkimato (Marenzelleria sp.), kaapelireiteillä esiintyy lisäksi myös erilaisia monisukasmatoja, surviaissääskiä, siiroja ja harvasukasmatoja. Kokonaisuudessaan kaapelireittien näyteasemille lasketut ekologisen tilan indeksien arvot vaihtelivat verrattain paljon (välttävästä erinomaiseen) johtuen pääasiassa syvyyden ja pohjanlaadun vaihtelusta. Merituulivoimapuiston alueella pohjaeläimistö ilmensi tasaisemmin hyvää ja erinomaista ekologista tilaa, lajimäärän ollessa kokonaisuudessaan neljä (liejuputkimato, kilkki, valkokatka, liejusimpukka). Kovien pohjien videoinnissa merituulivoimapuistossa tavattiin kilkkiä ja jäännemassiaista, energiansiirtoreiteillä mm. polyyppia ja murtovesisientä.

Pohjaeläimistön herkkyys arvioitiin lajiston ja elinympäristön perusteella keskimäärin kohtalaiseksi koko hankealueella. Havaituilla valkokatkapohjilla herkkyys on suuri, mutta arvioon pohjien määrästä liittyy epävarmuuksia ja merialueen selvitysten perusteella suurehkoa vuosittaisvaihtelua.

Merinisäkkäistä hankealueella (merituulivoimapuistossa, läjitysalueilla ja merikaapeli- /vetyputkireiteillä) tavataan nykytiedon mukaan Itämeren yleisintä hyljelajia harmaahyljettä, eli hallia (*Halichoerus grypus*), sekä itämerennorppaa (*Pusa hispida botnica*). Satunnaisesti voidaan tavata harvinaisempia merinisäkkäitä, kuten pyöriäisiä. (*Maa- ja Metsätalousministeriö, MML 2007*).

Hankealuetta lähin hylkeiden suojelualue on Snipansgrundin-Medelkallan joka sijaitsee noin 40 km etäisyydellä merituulivoimala-alueesta etelään. Lähin hyljeluoto puolestaan sijaitsee Österön edustalla noin 25 kilometrin etäisyydellä merituulivoimapuiston alueesta kakkoon ja vajaa 10 kilometriä energiansiirtoreitin vaihtoehdosta MVE1/VVE1 lounaaseen (*Luonnonvarakeskus 2023b*). Tuulivoimapuiston aluetta ei pidetä erityisen tärkeänä ravinnonhankinta-alueena harmaahylkeelle tai itämerennorpalle. Hankealueella voi esiintyä lisääntyviä norppia ja harmaahylkeitä keväällä maalis-huhtikuussa, jos jääpeite on riittävä (liite 7).

Taulukko 5-7. Vedenalaiset luontoarvot eri hankevaihtoehtojen alueella.

Merituulivoimapuisto (VE1 ja VE2)
Ei suojelualueita Valkokatka-merivalkokatkapohjia (EN)
Energiansiirtoreitit
Suojelualueet ja muut arvokkaat alueet
MVE1a/VVE1a Uudenkaarlepyyn saariston rantojensuojelualue RSO100061 (300 m (MVE1a) ja 1,7 km (VVE1)) Uudenkaarlepyyn saariston rantojensuojeluaohjelma-alue RSO100061 (300 m) Bockörenin yksityinen luonnonsuojelualue YSA103135 (600 m) Mikkelin saariston luonnonsuojeluohjelma-alue RSO100060 (1,3 km) Merenkurkun saariston Natura-alue (1,6 km) Uudenkaarlepyyn saariston Natura-alue FI0800133 (400 m (MVE1a) ja 1,8 km (VVE1))
MVE1b Uudenkaarlepyyn saariston rantojensuojelualue RSO100061 (300 m) Uudenkaarlepyyn saariston rantojensuojeluaohjelma-alue RSO100061 (300 m) Mikkelin saariston luonnonsuojeluohjelma-alue RSO100060 (3,3 km) Merenkurkun saariston Natura-alue (2,6 km)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Uudenkaarlepyyn saariston Natura-alue FI0800133 (1,7 km)
MVE2a
Uudenkaarlepyyn saariston rantojensuojelualue RSO100061
Uudenkaarlepyyn saariston rantojensuojeluohjelma-alue RSO100061
Uudenkaarlepyyn saariston Natura-alue FI0800133 (100 m)
Lotanin yksityinen luonnonsuojelualue YSA103581 (300 m)
MVE2b
Uudenkaarlepyyn saariston rantojensuojelualue RSO100061
Uudenkaarlepyyn saariston rantojensuojeluohjelma-alue RSO100061
Uudenkaarlepyyn saariston Natura-alue FI0800133 (200 m)
Lotanin yksityinen luonnonsuojelualue YSA103581 (600 m)
MVE3
Uudenkaarlepyyn saariston rantojensuojelualue RSO100061
Uudenkaarlepyyn saariston rantojensuojeluohjelma-alue RSO100061
Uudenkaarlepyyn saariston Natura-alue FI0800133
Nykarleby skärgård och Bådaviken-Lappo åmynning 2 YSA207820 (5 m)
Luodon saariston EMMA-alue (900 m)
MVE4/VVE2
Luodon saariston Natura-alue
Vestersundbyn rannat ja saaristo yksityinen luonnonsuojelualue YSA200817
Luodon saariston rantojensuojelualue RSO100062
Luodon saaristo 97 YSA204317
Luodon saariston rantojensuojeluohjelma-alue RSO100062
Luodon saariston EMMA-alue
MVE5a/VVE3a
Luodon saariston Natura-alue
Vestersundbyn rannat ja saaristo yksityinen luonnonsuojelualue YSA200817 (250 m)
Luodon saariston rantojensuojelualue RSO100062
Luodon saaristo 97 YSA204317
Luodon saaristo 3b YSA103582
Luodon saariston rantojensuojeluohjelma-alue RSO100062
Luodon saariston EMMA-alue
MVE5b/VVE3b
Luodon saariston Natura-alue

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Vestersundbyn rannat ja saaristo yksityinen luonnonsuojelualue YSA200817 (250 m)
Luodon saariston rantojensuojelualue RSO100062
Luodon saaristo 97 YSA204317
Luodon saaristo 3b YSA103582
Luodon saariston rantojensuojeluohjelma-alue RSO100062
Luodon saariston EMMA-alue
Uhanalaiset, suojellut ja luontodirektiivin luontotyypit
MVE1a/VVE1
Riutat (malli) (1170)
Suojaisat näkinpartaispohjat (malli) (VU)
Haura- ja hapsikkapohjat (malli) (NT)
Avoimet näkinpartaispohjat (NT)
Valkokatka-merivalkokatkapohjat (EN)
MVE1b
Riutat (malli) (1170)
Suojaisat näkinpartaispohjat (malli) (VU)
Haura- ja hapsikkapohjat (malli) (NT)
Avoimet näkinpartaispohjat (NT)
MVE2a
Riutat (malli) (1170)
Suojaisat näkinpartaispohjat (malli) (VU)
Haura- ja hapsikkapohjat (malli) (NT)
Avoimet näkinpartaispohjat (NT)
MVE2b
Riutat (malli) (1170)
Suojaisat näkinpartaispohjat (malli) (VU)
Haura- ja hapsikkapohjat (malli) (NT)
Avoimet näkinpartaispohjat (NT)
MVE3
Riutat (malli) (1170)
Rannikon laguunit (1150)
Suojaisat näkinpartaispohjat (malli) (VU)
Haura- ja hapsikkapohjat (malli) (NT)
Avoimet näkinpartaispohjat (NT)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

MVE4/VVE2
Riutat (malli) (1170)
Rannikon laguunit (1150)
Suojaisat näkinpartaispohjat (malli) (VU)
Haura- ja hapsikkapohjat (malli) (NT)
Avoimet näkinpartaispohjat (NT) (Alheda)
MVE5a/VVE3a
Riutat (malli) (1170)
Rannikon laguunit (1150)
Vedenalaiset hiekkasärkät (1110)
Suojaisat näkinpartaispohjat (malli) (VU)
Haura- ja hapsikkapohjat (malli) (NT)
Avoimet näkinpartaispohjat (NT)
MVE5b/VVE3b
Riutat (malli) (1170)
Rannikon laguunit (1150)
Vedenalaiset hiekkasärkät (1110)
Suojaisat näkinpartaispohjat (malli) (VU)
Haura- ja hapsikkapohjat (malli) (NT)
Avoimet näkinpartaispohjat (NT)

5.3 Vaikutusten arviointi

5.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

Merituulivoimapuiston ja sähkön/vedynsiirron rakentamisaikana vedenlaatuun ja sedimenttiin kohdistuvia vaikutuksia aiheutuu voimaloiden ja merisähköasemien perustamisen (sekä voimaloiden torniin asennettavien vedyntuotantolaitosten) ja kaapelien/vetyputkien asentamisen aikaisista rakentamistöistä, esim. ruoppauksista, läjityksistä sekä mahdollisista räjäytyksistä. Rakentamistyöt aiheuttavat veden samentumista, kiintoaine- ja ravinnepitoisuuksien kasvua vedessä sekä pohjasta irronneen aineksen uudelleensedimentoitumista. Pohjaa muutetaan tai siihen kohdistuu häiriintymistä. Sedimenttiin mahdollisesti sitoutuneita haitallisia aineita saattaa myös vapautua veteen rakennustöiden yhteydessä. Myös roskaantumista voi tapahtua, mutta haitat pyritään minimoimaan ennakkoon tehtävällä suunnittelulla.

Huomioitava on, että arvio perustuu pääosin vesistömallinnukseen, joka on tehty yliarviona olettaen, että työt kestävät vain yhden avovesikauden ajan. Todennäköisesti vesistörakentaminen jakautuu useammalle vuodelle, jolloin myös vaikutukset jäävät vähäisemmiksi. Toistuvaa samentumista samalla alueella ja siten kumulatiivisia vaikutuksia pyritään välttämään rakentamalla kerrallaan yksi alue hankkeesta. Merikaapeleiden osalta rakennetaan ensin yhdelle reitille viisi merikaapelia ja mahdolliset toiset viisi merikaapelia seuraavan avovesikauden aikana toiselle reitille. Myös läjityksen vaikutuksia voidaan minimoida käyttämällä kerrallaan vain yhtä osa-aluetta.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merikaapelireiteiltä mahdollisesti ruopattavat sedimentit läjitetään eri läjitysalueille kuin voimaloiden asentamisesta syntyvät sedimentit pitkien kuljetusmatkojen takia.

5.3.1.1 Merituulivoimapuisto

Vaikutukset vedenlaatuun

Seuraavassa on kuvattu hankkeen rakentamisen aikaiset vaikutukset merituulivoimapuiston ja sen sisälle tai lähialueelle suunniteltujen potentiaalisten meriläjitysalueiden osalta.

Tuulivoimaloiden perustusten sekä merisähköasemien (sekä niiden yhteyteen mahdollisesti rakennettavien vedyn tuotantolaitoksien), muuntajien ja sähkönsiirtokaapeleiden ja/tai vetyputkien asentaminen vaatii pohjan muokkausta (ruoppaus, kaivuu, mahdolliset räjäytykset) ja sedimentin läjityksiä, joista aiheutuu sedimentin sekoittumista veteen, mikä näkyy samennuksena ja kiintoaineen leviämisenä meriympäristöön. Mallituloksissa samentumia tarkasteltiin laskentajakson kiintoaineen pitoisuusnousun kestona, mutta pitoisuusnousu ei ole välttämättä yhtäjaksoista. Taso 10 mg/l on alueen normaalia taustavaihtelua korkeampaa ja kuvaa silminnähtävää samentumaa. Taso 100 mg/l kuvaa huomattavaa samennusta.

Mallinnuksessa oletettiin, että merituulivoimapuiston alueelta kaivetut massat myös läjitetään alueen sisälle jakautuen kolmelle eri läjitysalueelle 7, 8 ja 9 (Kuva 5-4). Sedimentin haitta-aineista tehdyn riskiarvion (liite 6) perusteella myös merituulivoimapuiston ulkopuolella pohjoisessa läjitysalue 4 olisi mahdollinen, mutta sitä ei ole huomioitu mallinnuksessa, vaan sisältyy tähän vaikutusarvioon asiantuntija-arvioon perustuen. Vaikutusalueen voidaan arvioida olevan läjitysalueen 4 kohdalla ja ympäristössä samaa luokkaa kuin läjitysalueille 7–9 mallinnetut vaikutukset.

Merituulivoimaloiden perustamisesta aiheutuvat samentumavaikutukset ovat suurimmat painovoimaperustusten tapauksessa pohjan muokkauksen takia. Vesistömallinnuksessa on maksimivaikutusperiaatteen mukaisesti käytetty tätä perustustyyppiä. Muiden perustustyyppien (paalu-, ristikko- tai hybridiperustus) vaikutukset arvioitiin vähäisemmiksi. Merituulivoimapuiston alueella kaivettavat ja tasoitettavat massamäärät ja siten myös veteen vapautuva kuormitus on samaa suuruusluokkaa molemmissa vaihtoehdoissa VE1 ja VE2. Vaikka vaihtoehdossa VE2 voimalamäärä on pienempi, ovat voimalat suurempia ja siten myös niiden perustamisala on suurempi. Yhdyskaapeleiden ja sähköasemien asentamisen yhteydessä tehtävät pohjan muokkaukset ovat volyymiltään vähäisempiä.

Mallinnuksen mukaan pohjan kaivun ja läjitysten yhteydessä vapautunut sedimentti pysyy pääosin merituulivoimapuiston sisällä, mutta kiintoainetta kulkeutuu molemmissa hankevaihtoehdoissa myös alueen ulkopuolelle, muutaman kilometrin päähän. Yli 10 mg/l ja 100 mg/l nousun alueet ja kestot on esitetty pinnan ja pohjan läheisissä vesikerroksissa oheisissa kuvissa (Kuva 5-25 VE1 ja Kuva 5-26 VE2). Lisää kuvia löytyy sameuden leviämisen mallinnuksen raportista (liite 2).

Vesimassassa saavutetaan päivän kestävä kiintoaineen pitoisuusnousu 100 mg/l vain tuulivoimapuiston pienellä alueella läjitysalueiden kohdalla. Lyhytaikaisena (6 h) 100 mg/l pitoisuusnousua esiintyy vesipatsaassa noin 3–14 km^2 alueella ja pohjanläheisyydessä selvästi laajemmin, noin 66–84 km^2 alueella (Taulukko 5-8). Pitoisuusvaikutus ≥10 mg/l ulottuu laajemmalle alueelle ylittäen myös merituulivoimapuiston rajat. Kaikkiaan lyhytaikaisena 10 mg/l pitoisuusnousua esiintyy mallinnuksen mukaan pinnassa noin 300 km^2 ja pohjan lähellä noin 430 km^2 alueella (Taulukko 5-8). Läjitysalueilla veden kiintoainepitoisuus nousee tasolle 10 mg/l tai yli, kaikkiaan noin 7–14 päivän ajan.

Huomattava on, että mahdollinen läjitysalue 4, jota ei ole mallinnettu, laajentaisi vaikutusaluetta pohjoiseen merituulivoimapuiston alueen ulkopuolelle.

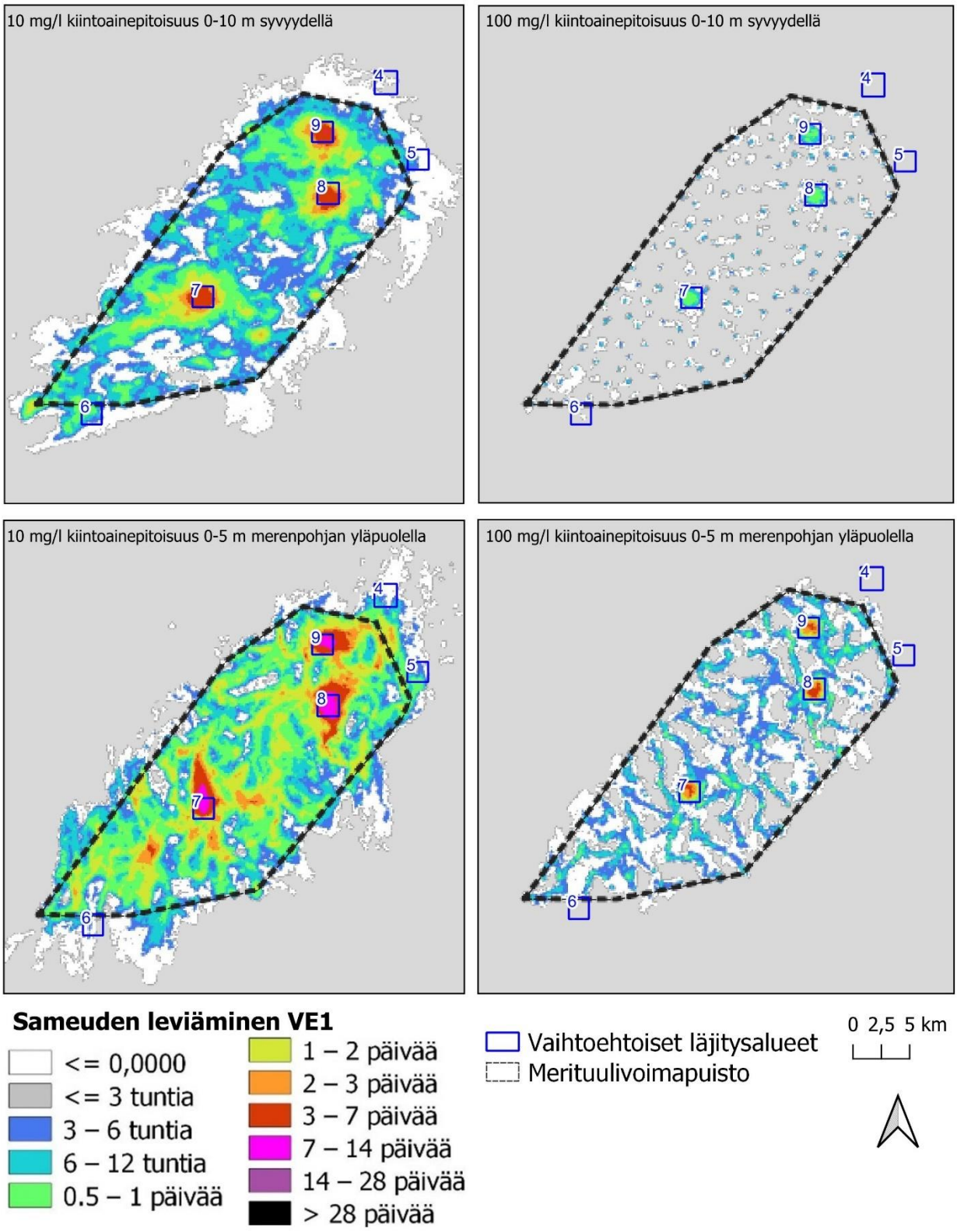
Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 5-8. Samentuman voimakkuus (10/100 mg/l), kesto (6h/2d) ja laajuus (km^2) (Niras 2023a, liite 2). *) d =päivä.*

	VE1				**VE2**			
	10 mg/l		**100 mg/l**		**10 mg/l**		**100 mg/l**	
kesto	6 h	2 d	6 h	2 d	6 h	2 d	6 h	2d
0–10 m	296	18	12	-	297	22	14	-
10–20 m	63	2	4	-	76	4	4	-
20–30 m	55	0,8	4	-	59	4	3	-
30–40 m	195	4	14	-	202	2	13	-
pohja + 5 m	428	46	84	5	425	36	66	5

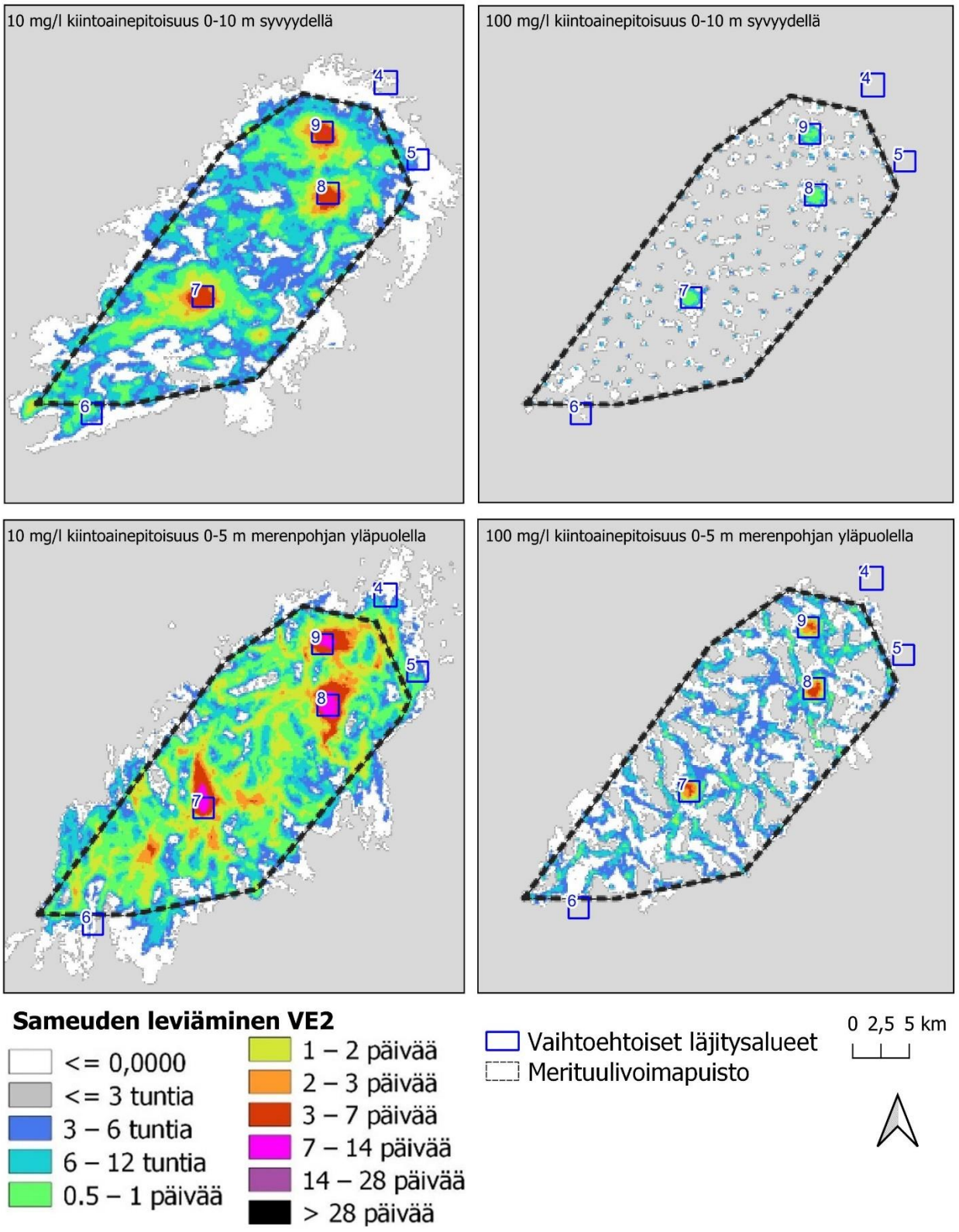
Vaihtoehdossa VE2 samentumavaikutukset ja alueet ovat hieman suurempia kuin vaihtoehdossa VE1. Merkittävää eroa vaihtoehtojen välillä rakentamisvaiheessa ei kuitenkaan ole.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-25. VE1: Sedimenttipitoisuuden ≥10 mg/l (vasemmalla) ja ≥100 mg/l (oikealla) kesto vesipatsaan ylimmässä 10 metrissä (yläkuva) ja alimmassa 5 metrissä (alakuva). (Niras 2023a liite 2). Huom. kuva esittää vaikutusten enimmäislaajuutta, jos kaikki rakennustyöt tehtäisiin yhdellä avovesikaudella.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-26. VE2: Sedimenttipitoisuuden ≥10 mg/l (vasemmalla) ja ≥100 mg/l (oikealla) kesto vesipatsaan ylimmässä 10 metrissä (yläkuva) ja alimmassa 5 metrissä (alakuva) (Niras 2023a liite 2). Huom. kuva esittää vaikutusten enimmäislaajuutta, jos kaikki rakennustyöt tehtäisiin yhdellä avovesikaudella.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Tuulivoimapuiston alueella sedimentin pintakerros on pääosin pehmeitä hienojakoisia maalajeja ja pohjanmuokkauksen sekä läjityksen yhteydessä sedimenttiin sitoutuneita aineita voi lähteä liikkeelle. Ravinnepitoisuudet voivat nousta vedessä töiden aikana, kiintoaineeseen on yleensä sitoutunut etenkin fosforia. Ravinteista kuitenkin vain pienen osan arvioitiin olevan suoraan perustuottajille käyttökelpoisessa muodossa ja samentuma myös vähentää valon määrää vedessä, joten ruoppausten rehevöittävät vaikutukset jäävät yleisesti vähäisiksi.

Sedimenttiin sitoutuneita haitta-aineita voi liueta rakennustöiden yhteydessä meriveteen. Sedimenttitutkimusten perusteella etenkin merituulivoimapuiston pohjoisosassa on todettu lähinnä nikkelin ja öljyhiilivetyjen suhteen kontaminoituneita sedimenttejä (liite 6). Lisäksi sedimentin arseenipitoisuudet ovat koholla johtuen luontaisista tekijöistä (katso tarkemmin luku 7 sekä liite 6). Haitta-aineiden liukeneminen minimoidaan huolellisella läjityssuunnittelulla.

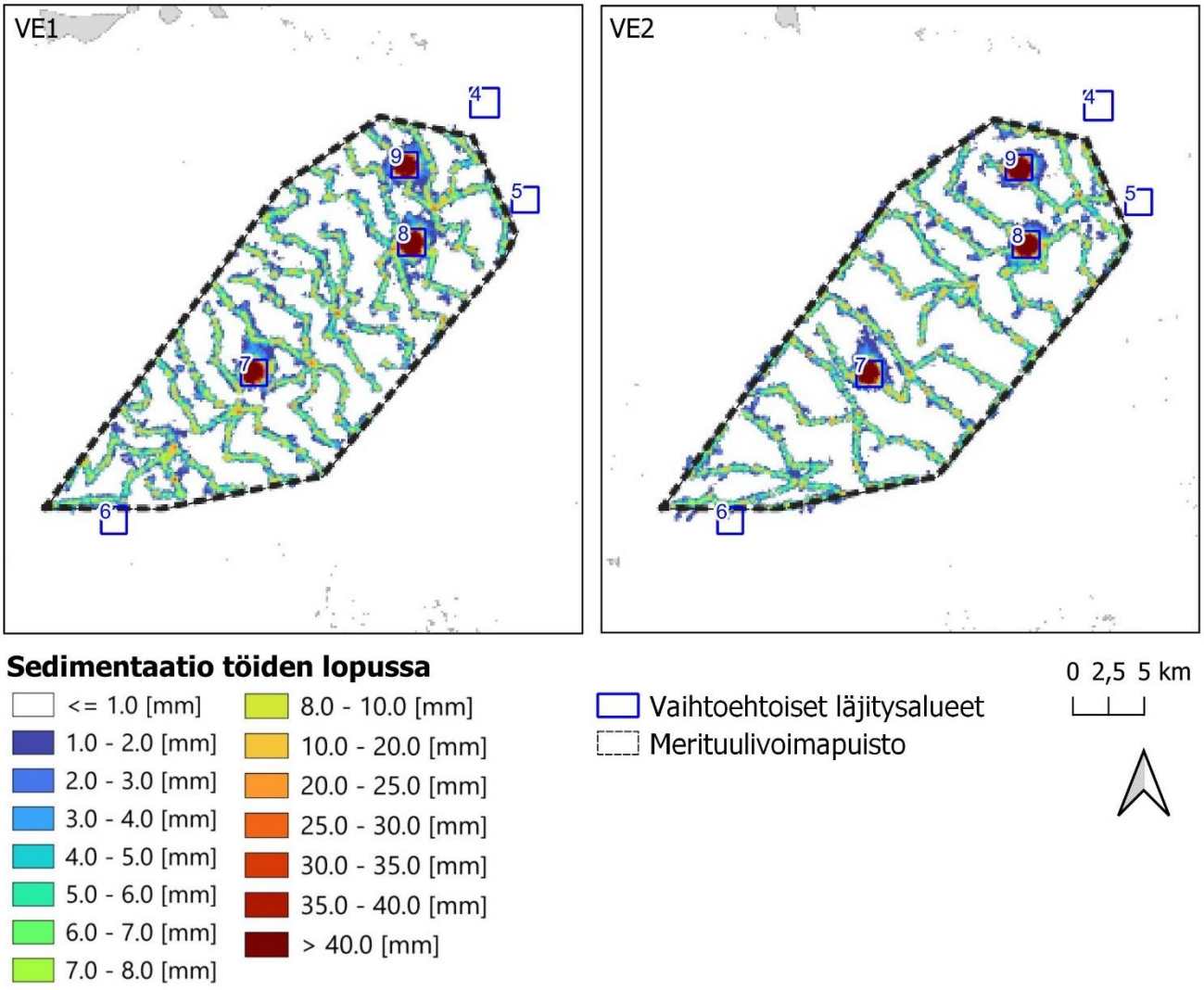
Sedimentaation lisääntyminen

Ruoppausten ja läjitysten yhteydessä veteen sekoittuneet sedimenttipartikkelit laskeutuvat takaisin pohjaan. Mitä hienojakoisempaa pohja-aines on ja mitä kovemmat virtaukset, sitä kauemmas sedimentti kulkeutuu ja laskeutuu.

Vesistömallinnuksen mukaan merituulivoimalan kaivu- ja läjitystöistä liikkeelle lähtenyttä sedimenttiä kerrostuu yli 1 mm paksuudelle yhdyskaapelien ja sähköasemien läheisyydessä. Kaikkiaan yli 1 mm sedimentaatiota ulottuu mallinnuksen mukaan vaihtoehdossa VE1 noin 195 km^2 ja vaihtoehdossa VE2 noin 177 km^2 alueelle. Tuulivoimapuiston sisällä läjitysalueille ja niiden ympäristöön muodostuu sedimentaatiota noin 3-4 cm ja yhdyskaapeleiden varrelle noin ≤1 cm (Kuva 5-27). kaikkiaan noin 1 cm sedimentaatiota aiheutuu vaihtoehdossa VE1 noin 31 km^2 ja vaihtoehdossa VE2 noin 28 km^2 alueelle. Sedimentaatiovaikutus on siis hieman pienempi vaihtoehdossa VE2 johtuen voimalamittojen ja sedimentin laadun avulla arvioiduista kaivumääristä ja siten sedimenttikuormituksesta, mutta vaihtoehtojen välillä ei ole merkittävää eroa.

EMODnet Geology -projektissa (*EMODnet 2024*) on julkaistu tietoa sedimentaationopeuksista Euroopan merialueilla. Merenkurkun ja Peräosalta osalta on aineistoja sekä Suomen että Ruotsin puolelta perustuen mm. ihmisperäisten radionuklidien (137Cs) kerrostumishistoriaan. Pietarsaaren ja Uudenkaarlepyyn edustan ulkomerialueella vuosittainen sedimentaatio on aineiston mukaan <0,5 cm. Myös Mattilan ym. (*2006*) mukaan sedimentin kertyminen on Perämerellä 3,5 mm/a (0,35 cm). Syvemmillä akkumulaatiopohjilla sedimentaatio voi olla suurempaa. Siten suppealla alueella, jossa rakennusvaiheen aikainen sedimentaatio ylittää mallinnuksen mukaan 10 mm, vastaisi se karkeasti vuosittaisen sedimentaatiomäärän moninkertaistumista rakennustöiden vuoksi, vaikka rakennusaika yksittäisillä kohteilla on huomattavasti lyhyempi.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-27. Sedimentaatio (mm) tuulivoimapuiston alueella (vasemmalla VE1 ja oikealla VE2).

Vaikutukset vedenalaiseen luontoon ja eliöstöön

Rakentamisen aikaiset vaikutukset leville, vesikasveille, pohjaeläimille ja luontotyypeille aiheutuvat ruoppauksesta, läjityksestä ja rakentamisesta, jotka aiheuttavat pohjan elinympäristöjen tuhoutumista ja veden samentumista sekä kiintoainespitoisuuden lisääntymistä vesipatsaassa väliaikaisesti. Monipuolisin meriluonto hankkeen vaikutusalueella on lähellä rantaviivaa. Muuallakin on arvokkaita alueita kuten valkokatka-merivalkokatkapohjia ja suojelualueita.

Merituulivoimaloiden perustamisesta aiheutuvat samentumavaikutukset ovat suurimmat painovoimaperustusten tapauksessa pohjan muokkauksen takia. Vesistömallinnuksessa on maksimivaikutusperiaatteen mukaisesti käytetty tätä perustustyyppiä. Muiden perustustyyppien (paalu-, ristikko- tai hybridiperustus) vaikutukset arvioitiin vähäisemmiksi.

Merituulivoimapuistoa rakennettaessa merenpohjaa menetetään, joten pohjaeliöstö häviää tuulivoimaloiden perustusten alueelta sekä pohjilta, joihin sijoitetaan tai kaivetaan merikaapeleita tai perustetaan läjitysalueita. Merenpohjaa menetetään voimaloiden perustusten alta noin 0,24 km^2 alalta (noin 0,05 % puiston alueesta), merisähköasemien alta noin 3,2 ha alalta ja merituulivoimapuiston sisäisten läjitysalueiden alueelta 4 km^2 alalta. Lisäksi aiheutetaan häiriötä tai

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

muutetaan pohjaa merituulivoimapuiston sisäisten kaapeli/vetyputkireittien osalta enimmillään noin 95 ha alalta. Huolimatta hankealueen suuresta pinta-alasta, pohjaeläimistöön kohdistuva vaikutus arvioitiin vähäiseksi. Alueella esiintyi yhdellä pisteellä vuonna 2022 erittäin uhanalaista valkokatka-merivalkokatkapohjien luontotyyppiä ja luontotyypin laajempi esiintyminen on mahdollista. Liikkumiskykyiset lajit voivat kuitenkin hakeutua suotuisemmille alueille ja todettu vuosien välinen vaihtelu valkokatkan esiintymisessä viittaa siihen, että luontotyyppi ei ole luonteeltaan stabiili. Suhteessa hankealueen kokoon, pohjan menetys on tasoltaan vähäistä. Merenpohjien menetystä käsitellään myös luvussa 5.6.

Perustamistöistä voi aiheutua haittaa pohjalla eläville vesiselkärangattomille sekä vesikasvillisuudelle kiintoaineen lisääntyessä vesipatsaassa sekä lisääntyneen sedimentaation kautta. Ruoppausten sekä yhdyskaapelien asentamisen vaikutus ei ole kuitenkaan pysyvää eliöstön kannalta, vaan luonteeltaan tilapäistä. Läjitysalueilta pohjaeläimistö tuhoutuu suurelta osin, mutta palautuu alueelle toiminnan päättyessä ja tilanteen tasaantuessa pohjaeläimistön kolonisoidessa (asuttaessa) alueet uudelleen. Merituulivoimapuiston alue on pääasiassa niin syvää, ettei siellä viihdy vesikasvit tai makrolevät eikä alueelle tehdyissä kartoituksissakaan havaittu vesikasvillisuutta. Pohjaeläimistö on lajistoltaan niukkaa.

VE2:n tapauksessa kaivetut ja vapautuneet sedimenttimäärät ovat 7 % pienemmät kuin VE1:ssä. VE1:ssä laajimmalle leviävä ja pisimpään kestävä samentuma esiintyy 0–5 metriä merenpohjan yläpuolella ja pisimpään sameus (10 mg/l) kestää läjitysalueiden lähistöllä kestäen enintään kaksi viikkoa. VE2:ssa samentumavaikutukset leviävät yhtä laajalle alueelle ja kestävät yhtä kauan kuin VE1:ssä.

Sedimentaatio leviää noin 300 metriä tuulivoimapuiston sisäisten merikaapelien molemmin puolin VE1:ssä ollen enintään 2 cm. VE2:ssa sedimentaatiovaikutukset ovat hieman vähäisemmät kuin VE1:ssä, sillä tuulivoimapuiston sisäisiä kaapeleita on vähemmän. Sedimentaatio leviää kaapelien molemmin puolin yhtä kauas kuin VE1:ssä ja sedimentaation paksuus on myös enimmillään noin 2 cm. Suurinta sedimentaatio on läjitysalueilla ja niiden lähiympäristössä ollen enintään 4 cm. Läjitysmassojen päälle laskeutuvalla sedimentillä ei ole haitallisia vaikutuksia pohjan elinympäristöihin, sillä ne jäävät läjitysmassojen alle. Vuonna 2022 havaitut merituulivoimapuistossa sijaitsevat valkokatka-merivalkokatkapohjat eivät esiintyneet suunnitelluilla läjitysalueilla. Vuonna 2023 valkokatka-merivalkokatka pohjia ei havaittu merituulivoimapuistossa lainkaan.

Merituulivoimalayksiköiden ja kaapeleiden varaamaa pohjan alaa lukuun ottamatta pohjaeläinten palautuminen rakentamisen aikaisista häiriöistä on melko nopeaa. Pohjaeläimistön toipumisen ennalleen esim. ruoppausten jälkeen on havaittu kestävän yleensä 1–3 vuotta (*Vehanen ym. 2010*), joskin syvempien ja vakaiden pohjien toipuminen voi olla hitaampaa kuin matalammilla, dynaamisilla alueilla. Vaikka pohjaeläimistö palaa takaisin alueelle, saattaa lajien välisissä runsaussuhteissa tapahtua muutoksia varsinkin, jos pohjan laatu alueella muuttuu esimerkiksi voimalayksiköiden ympäriltä. Eniten lisääntyneestä sedimentaatiosta kärsivät suodattamalla ravintonsa hankkivat paikallaan pysyttelevät eläimet, kuten esimerkiksi simpukat, mutta alueella esiintyvä liejusimpukka ei ole erityisen herkkä lisääntyneelle kiintoainepitoisuudelle. Hankealueella yleisen lajin liejuputkimadon ei arvioida kärsivän lisääntyneestä sedimentaatiosta, vaan enemminkin hyötyvän herkempien lajien kustannuksella, mutta tällä ei arvioitu olevan merkittävää vaikutusta hankealueen vähälajiseen ja harvaan pohjaeläinyhteisöön. Samentumasta ja lisääntyneestä sedimentaatiosta pohjaeläimistölle aiheutuva haitta arvioitiin kuitenkin kokonaisuudessaan vähäiseksi, hankevaihtoehdoilla ei ole merkittäviä eroja keskenään.

Merituulivoimapuiston alueelle kohdistetuissa drop-video-kartoituksissa havaittiin, että potentiaalisten riuttojen kivipinnoilla ei kasvanut lainkaan kiinnittyneitä leviä tai pohjaeläimiä. VELMU-riuttamallinnuksenkaan mukaan Laineen merituulivoimapuiston alueella ei esiinny riuttoja. Merituulivoimapuiston ympäröivää merenpohjaa korkeammat kivi- ja lohkarekohoumat ovat siis riuttoja lähinnä niiden geologisilta ominaisuuksiltaan, eivätkä ole luontoarvoiltaan kovin merkittäviä verrattuna matalien alueiden riuttoihin. Samentumalla, sedimentaatiolla ja mahdollisilla haittaaineilla ei ole vaikutusta riuttaluontotyyppiin, sillä niillä ei havaittu yhtään kiinnittyneitä lajeja.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Niillä voi kuitenkin olla merkitystä kalaston kannalta, sillä kalat voivat hyötyä riutoista kutualueina. Kutualueiden tarkempi selvitys vaatii kuitenkin lisätutkimuksia. Tarkentavia kartoituksia olisi hyvä tehdä hankkeen jatkokehityksessä, jotta voidaan paremmin arvioida kuinka riuttaympäristöt olisi syytä ottaa huomioon. Merituulivoimapuiston rakentamistöistä aiheutuva samentuma ja sedimentaatio eivät leviä suojelualueille eikä siten kiintoaineksen mukana mahdolliset haitta-aineetkaan. Jos rakentaminen ajoittuu useammalle kuin yhdelle vuodelle, vuotuinen kiintoaine- ja sedimenttikuorma jäävät mallissa kuvattua määrää vähäisemmiksi. Kiintoainekuorman jakautumisella usealle vuodelle samalla kohteella voi olla haitallisempi vaikutus alueella mahdollisesti kuteville kaloille kuin kuormituksen ajoittumisella yhdelle vuodelle. Kalastoa on käsitelty tarkemmin luvussa 6. Vaikka työt kestäisivät yhteensä useamman vuoden ei pohjanmuokkaukseen liittyvää rakentamista yksittäisellä kohteella tapahdu useampana kuin yhtenä vuonna.

Vaikutukset merinisäkkäisiin

Pääasialliset vaikutukset merinisäkkäisiin muodostuvat merituulivoimapuiston ja merikaapelireittien rakentamisen aikana. Rakentamisen aikaiset vaikutukset ovat väliaikaisia ja kestävät tuulivoimapuiston ja merikaapelien/vetyputkien rakentamisen ajan. Rakentamisen aikaisella melulla (kuten paalutus) on suurempi vaikutus merinisäkkäisiin kuin toiminnan aikaisella melulla (*Madsen ym. 2006, Mooney ym. 2020, Han ja Choi 2022*). Kuulovaurioita saattaa tulla, jos melutaso ylittää 180 dB (re 1 µPa) ja 140 dB (re 1 µPa) ylittävä melu koetaan häiritsevänä (*Nehls ym. 2007).* Erilaisilla teknisillä ratkaisuilla voidaan kuitenkin vaikuttaa melutasoon ja näin vähentää merinisäkkäille koituvia haittoja (*Nehls ym. 2007).* Haittojen lieventämistä on käsitelty merinisäkkäiden osalta myöhemmin tässä luvussa ja mahdollisia yhteisvaikutuksia muiden lähellä olevien hankkeiden kanssa niin ikään myöhemmin tässä luvussa.

Vedenalaisen melun vaikutuksia merinisäkkäisiin on tarkasteltu erillisessä liitteessä 7 (*Niras 2023b*) ja tässä on esitetty tiivis kuvaus tuloksista.

Mallinnustulokset osoittavat, että jos hylkeet ovat alle 100 metrin ja 200 metrin etäisyydellä paalutuspaikasta, kun paalutus suoritetaan tuplakuplaverhoa vastaavalla melunvaimennusjärjestelmällä ja pehmeällä käynnistys- ja voimistusvaiheella, myös ne voivat altistua pysyvälle kuulovauriolle ja tilapäiselle kuulovauriolle (katso meluvaikutukset tarkemmin luku 15). Hyvin lyhyiden vaikutusetäisyyksien vuoksi kuulovaurion riski hylkeille on lähes olematon, sillä on hyvin epätodennäköistä, että merinisäkkäät olisivat alueella rakentamistoimien aikana hyvin lähellä työkohdetta.

Varotoimenpiteenä on oletettu, että hylkeet reagoivat paalutuksesta aiheutuvaan vedenalaiseen meluun samalla etäisyydellä kuin pyöriäiset (7,45 kilometriä tämänhetkisessä mallinnuksessa). Merituulivoimapuiston alueella voi esiintyä sekä norppia että harmaahylkeitä, mutta koska etäisyys lähimpään norppien tai harmaahylkeiden maihinnousupaikkaan on yli 20 kilometriä tuulivoimapuistosta, aluetta ei pidetä erityisen tärkeänä kummallekaan lajille. Tätä tukee se, että merituulivoimapuiston alue on varsin harvalukuista kalastoltaan, eli se ei ole hylkeille erityisen hyvä ravinnonhankinta-alue. Alueella voi esiintyä lisääntyviä norppia ja harmaahylkeitä keväällä maalis-huhtikuussa, jos jääpeite on riittävä. Perustusten asentamisen ei odoteta olevan mahdollista ajanjaksoina, jolloin hankealueelle on muodostunut merijäätä ja siten myöskään häiriötä norpille ei arvioida aiheutuvan ko. vuodenaikaan, jona merinisäkkäät aluetta voisivat hyödyntää. Mikäli rakentamistoimet kuitenkin ajoittuvat hylkeiden poikimisaikaan, arvioidaan rakentamistoimilla olevan hylkeisiin kohdistuvaa häiriövaikutusta. Rakentamistoimia ei tapahdu samaan aikaan kaikkialla merituulivoimapuiston alueella, vaan aluetta tullaan todennäköisesti rakentamaan usean vuoden ajan keskittyen tietyn alueen rakentamiseen kerralla. Näin ollen laajalla merialueella jää hylkeille alueita, jossa poikiminen voi tapahtua häiriöttä, mutta toisaalta vaikutuksen ajallinen kesto pitenee useammalle vuodelle. Häiriövaikutus arvioidaan pieneksi kielteiseksi.

Vedenalaisen melun aiheuttamat käyttäytymisreaktiot voivat vaihdella aktiivisuustason pienistä muutoksista pakoreaktioihin, joissa yksilöt välttävät aluetta kokonaan. Hylkeiden herkkyys

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

käyttäytymisvaikutuksille arvioitiin kohtalaiseksi, koska on odotettavissa, että hylkeet välttelevät vaikutusaluetta jossain määrin. Perustusten paalutuksen teoreettinen kesto on noin 5 kuukautta (tehokasta työtä). Tässä oletetaan, että päivässä asennetaan yhdet perustukset ilman taukoja ja paalutusta tehdään 6 tuntia päivässä. Kuten mainittu, perustusten kokonaisasennusaika on kuitenkin yli 5 kuukautta. Väliaikaisen elinympäristön menetyksen kestoa ja käyttäytymiseen liittyvien välttämisreaktioiden pysyvyyttä pidetään kuitenkin molempien lajien tapauksessa lyhytaikaisena, koska hylkeet voivat palata alueelle perustusten asennuksen jälkeen.

Paalutusmelun vaikutuksen suuruus ja laajuus arvioitiin pieneksi negatiiviseksi, koska vaikutusetäisyydet ovat suhteellisen lyhyitä ja koska vaikutusalue ei ole tärkeä ravinnonhankinta-alue norpille tai harmaahylkeille. Vaikutusalue on suhteellisen pieni osa niiden asuinalueesta, ja vaikutukset siihen väliaikaisia. Näin käyttäytymisen välttämisreaktioiden todennäköisyys on pieni. Kaiken kaikkiaan Laineen merituulivoimapuiston alueella paaluajon aiheuttaman vedenalaisen melun seurausten arvioitiin olevan vähäistä hylkeille, eikä se vaikuta hyljekantoihin lyhyellä eikä pitkällä aikavälillä.

Merituulivoimapuiston rakentamiseen liittyy tuulivoimaloiden perustusten rakentamisen lisäksi mm. sisäisen kaapeloinnin/vetyputkiston sekä merisähköasemien rakentamista ja siten todennäköisesti myös merenpohjan louhintoja, joista aiheutuu vedenalaista melua. Vedenalaisen louhinnan melu on lyhytkestoista ja impulssimaista, mutta kuitenkin usein erittäin voimakasta ja laajakaistaista. Ruoppauksen ja vesipainepuhalluksen, joita tarvitaan merikaapeleiden/vetyputkiston asentamisessa, melutasot ovat arviolta selkeästi alhaisemmat kuin louhinnan.

Vedenalainen louhinta ja räjäytykset voivat aiheuttaa pyöriäisille ja hylkeille haitallisia äänen-painetasoja. Muissa hankkeissa tehtyjen vedenalaisten mallinnusten sekä väyläviranomaiselle tehdyn selvityksen perusteella tilapäisen kuulonaleneman altistusetäisyys voi mallinnuksen mukaan olla vedenalaisessa louhinnassa pyöriäisellä ja hylkeellä noin 1,5 kilometriä ja pysyvän kuulonaleneman altistusetäisyys noin 0,5 kilometriä (*Meriläinen & Lindfors 2018*).

Melun etenemiseen vaikuttaa alueen vesisyvyys, veden suolapitoisuus ja lämpötila sekä näistä aiheutuva kerrostuneisuus. Lisäksi äänen taajuus sekä merenpohjan ja merenpinnan olosuhteet vaikuttavat äänen heijastumiseen ja absorboitumiseen. Melun haitallisuuteen vaikuttavat melun voimakkuuden lisäksi altistusaika, äänienergian jakautuminen eri taajuuksille, melun laatu sekä lajin yksilöllinen herkkyys melulle.

Pakenemisreaktion maksimietäisyydet vedenalaisessa räjäytyksessä voivat olla sekä pyöriäisellä että hylkeillä jopa noin 14 kilometriä. Keskimääräiset räjäytysmenetelmällä tehtävän louhinnan altistusetäisyydet ovat edellä mainittua pienempiä (*Meriläinen & Lindfors 2018*).

Kaiken kaikkiaan haitat merinisäkkäille rakentamisen aikana arvioitiin melko pieniksi, koska hankealueella on jo nykyisellään häiriötä ja vedenalaista melua aiheuttavaa toimintaa (esimerkiksi laivaliikennettä), eikä merinisäkkäitä todennäköisesti esiinny alueella kovin runsaasti.

Mikäli merituulivoimapuiston rakentamiseen liittyisi vedenalaisia räjäytyksiä, tulee niiden osalta tehdä tarkempi suunnittelu ja tarvittaessa mallinnus vesilupavaiheessa. Jatkosuunnittelussa tulee varmistaa soveltuvilla karkottimilla merinisäkkäiden siirtyminen riittävän etäälle työkohteesta. Myös kovinta melua aiheuttavien työvaiheiden yhteydessä tulisi käyttää soveltuvia äänen vaimentamisen menetelmiä kuten kuplaverhoja, joilla voidaan tehokkaasti vaimentaa vedenalaisen melun leviämistä ja näin saada vaikutuksia vähäisemmiksi. Rakentamisen aikaiset vaikutukset ovat luonteeltaan väliaikaisia ja tilapäisiä, joskin ne tulevat arvion mukaan kestämään useamman avovesikauden.

Rakentamiseen liittyvällä laivamelulla on todennäköisesti vaikutusta hylkeisiin ja niiden käyttäytymiseen. Se voi esimerkiksi aiheuttaa muutoksia niiden ravinnonhankintamallissa alusten läheisyydessä (*Richardson ym. 1995, Wisniewska ym. 2016*).

Hylkeiden herkkyys laivamelulle arvioitiin kuitenkin pieneksi, koska vaikutus käyttäytymiseen on rajallinen ja hyvin lyhytkestoinen. Merituulivoimapuiston aluetta ei ole arvioitu tärkeäksi

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

ravinnonhankinta-alueeksi norpille tai harmaahylkeille, ja välttämisreaktiota odotetaan vain alusten välittömässä läheisyydessä. Laivamelun vaikutuksen suuruus ja laajuus arvioitiin siksi pieneksi negatiiviseksi. Vaikutuksen tarkastelussa on huomioitava myös, että hankealue rajoittuu Pohjanlahden päälaivaliikenneväyliin ja on päällekkäinen niiden kanssa. Rakentamiseen ja toiminnan ajan kunnossapitoon liittyvän laivaliikenteen lisävaikutus jää näin ollen vaatimattomaksi. Kaiken kaikkiaan laivoista aiheutuvan vedenalaisen melun seuraukset hylkeille Laineen merituulivoimapuiston hankealueella arvioitiin vähäisiksi, eikä melu vaikuta kantoihin lyhyellä tai pitkällä aikavälillä. (*Niras 2023b*, liite 7)

Merituulivoimapuiston läjitysalueiden vaikutukset

Läjityspaikat pyritään valitsemaan siten, että ne täyttävät vähintään tyydyttävän läjityspaikan kriteerit, jotka on julkaistu Ympäristöhallinnon ohjeessa vuonna 2015 koskien sedimenttien ruoppausta ja läjitystä (*Ympäristöministeriö 2015*). Tällöin läjityspaikkojen virtausnopeudet ovat pohjan läheisyydessä tyypillisesti alhaisia (keskimääräisesti 15 cm/s ylittyy vain harvakseltaan). Tyydyttävällä läjityspaikalla kulkeutumisriski eli jo laskeutuneen sedimentaation lähteminen uudelleen liikkeelle (resuspensoituu) on kohtuullinen. Hyvällä läjityspaikalla kulkeutumisriski on alhainen. Laineen hankealueen meriläjityspaikkoja on arvioitu kulkeutumisriskin osalta oheisen taulukon mukaisesti (Taulukko 5-9). Muut mitatut läjityspaikat eivät täyttäneet tyydyttävän läjityspaikan kriteereitä, joten niitä ei suunnitella käytettävän läjitykseen.

Taulukko 5-9. Laineen hankkeen läjityspaikkojen sedimentin laatu ja soveltuvuus läjitykseen (Ympäristöministeriö 2015) (tarkemmin ks. luku 7 sekä liite 4 ja liite 5).

Läjityspaikka	Täyttää läjityspaikan kriteerit	Pohjan laatu sedimenttinäytteiden mukaan
2	hyvä	kova pohja, pohjanäytteiden LSED-46 ja 47 mukaan ja on tyypiltään hiekkaa ja savea
3	hyvä	pehmeä pohja, pohjanäytteiden LSED-48 ja 49 mukaan ja on tyypiltään liejua
4	hyvä	pehmeä pohja, pohjanäytteiden LSED-13, 14, ja 15 mukaan ja on tyypiltään pinnalta liejua ja syvemmältä savea.
7	hyvä	ei sedimenttinäytteitä mutta luotaustulosten (SBP) mukaan pohja on pehmeä
5	tyydyttävä	pehmeä pohja, pohjanäytteiden LSED-10, 11, ja 12 mukaan ja on tyypiltään pinnalta liejua ja syvemmältä liejua tai savea.
8	tyydyttävä	pehmeä pohja, pohjanäytteiden LSED-8, 9, ja 77 mukaan ja on tyypiltään pinnalta liejua, mutaa ja syvemmältä savea.
9	tyydyttävä	pehmeä pohja, pohjanäytteiden LSED-16 ja 72 mukaan ja on tyypiltään pinnalta liejua, hiekkaa ja savea sekä syvemmältä savea.

Merituulivoimapuiston ulkopuolella pohjoisessa sijaitseva läjitysalue Laine-4 soveltuu virtausolosuhteiltaan merituulivoimapuiston massojen läjitykseen hyvin (liite 5). Sitä voidaan mahdollisesti hyödyntää tuulivoimapuiston pohjoisen osan rakentamisessa syntyville haitta-aineita sisältäville

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

massoille. Läjitysalueella ei esiinny suojelualueita tai riutta- ja särkkämallin mukaisia riuttoja tai vedenalaisia hiekkasärkkiä. Syvyyden puolesta siellä ei myöskään esiinny vesikasvillisuutta. Vuoden 2022 pohjaeläinnäytteenotossa katkojen biomassa läjitysalueen Laine-4 näytepisteellä LSED-15 oli noin 50 % (liite 4), eli pohja voidaan tulkita valkokatkapohjien luontotyypiksi. Valkokatkojen vuosien välisessä esiintymisessä havaittiin vaihtelua (liite 4 ja 5), joten tulosten perusteella ei täysin varmasti pystytä sanomaan esiintyykö läjitysalueella rakentamisen aikaan valkokatkapohjia. Liikkumiskykyisinä ne pystyvät kuitenkin siirtymään muualle häiriön eli ruoppaustoiminnan alkaessa. Läjitysalueelta häviää pohjaeliöstö, mutta kokonaisuudessaan pohjaeläimistöön kohdistuva vaikutus arvioitiin vähäiseksi. Hankealueen ulkopuolelle sijoittuvalle potentiaaliselle läjitysalueelle ei ole mallinnettu sameuden tai sedimentaation leviämistä, mutta jos sen arvioidaan olevan samanlaista kuin tuulivoimapuiston sisällä mallinnettujen läjitysalueiden kiintoaineksen leviäminen niin sillä ei arvioida olevan merkittävää haitallista vaikutusta vaikutusalueen vedenalaisiin luontotyyppeihin. Vaikutusalueella ei ole suojelualueita tai vesikasvillisuutta.

Merituulivoimapuiston läjitysalue Laine-7 soveltuu virtausolosuhteiltaan merituulivoimapuiston massojen läjitykseen hyvin (liite 5). Sitä voidaan hyödyntää tuulivoimapuiston eteläisen osan rakentamisessa syntyville puhtaille massoille. Läjitysaluetta Laine-7 voidaan täydentää läjitysalueella Laine-8 tai Laine-9, jotka arvioitiin tyydyttäviksi läjitysalueiksi. Sijoitettaessa ruoppausmassat tuulivoimapuiston alueelle, vesirakentamisen vaikutukset hankealueen ulkopuolella ovat vähäiset. Läjitysalueilla ei esiinny riutta- ja särkkämallin mukaisia riuttoja tai vedenalaisia hiekkasärkkiä. Valkokatka-merivalkokatkapohjia ei esiintynyt läjitysalueilla vuoden 2022 ja 2023 kartoituksissa eikä syvyyden puolesta vesikasvillisuuttakaan voi näillä alueilla esiintyä. Läjitysalueelta häviää pohjaeliöstö, mutta kokonaisuudessaan pohjaeläimistöön kohdistuva vaikutus arvioitiin vähäiseksi, koska liikkumiskykyiset lajit voivat hakeutua suotuisemmille alueille. Läjitysalueen kiintoaineksen leviämisellä ei arvioida olevan merkittävää haitallista vaikutusta vaikutusalueen vedenalaisiin luontotyyppeihin. Vaikutusalueella ei ole suojelualueita tai vesikasvillisuutta.

Erillisessä ekologisen riskin arvioissa (liite 6) on tarkasteltu Laineen merituulivoimapuiston ja siihen liittyvien kaapeli- ja putkireittien sedimenttien haitta-aineista mahdollisesti aiheutuvia kulkeutumis- ja ekologisia riskejä tulevassa käytössä vesirakentamisen sekä meriläjityksen osalta. Tarkastelussa on arvioitu sekä sedimenttiin sitoutuneiden että veteen kulkeutuvien haitta-aineiden vaikutuksia vesiympäristön eliöstöön vertailemalla haitta-ainepitoisuuksia ekologisiin viitearvoihin. Haitta-aineiden liukenemista sedimentistä veteen on arvioitu laskennallisesti. Raportin johtopäätökset on kuvattu seuraavaksi.

Sedimenttien sisältämien haitta-aineiden aiheuttama kulkeutumisriski ja vesieliöihin kohdistuva haitta arvioitiin merkityksettömäksi tai vähäiseksi alueesta riippuen. Merituulivoimapuiston eteläosassa sedimentin läjityskelpoisuus tutkituilla alueilla oli pitoisuustasolla 1A ja 1B, jolloin ne ovat läjitettävissä hyvälle tai tyydyttävälle läjitysalueelle, esim. alueelle Laine-7. Pohjoisosassa sedimentin läjityskelpoisuus oli tutkituilla alueilla korkeimmillaan pitoisuustasolla 2. Lähtökohtaisesti tason 2 sedimentit tulisi nostaa maalle, ellei niiden meriläjitys ole kokonaisuutena tarkastellen kestävämpi vaihtoehto. Ruoppaustoiminnan aikana todetuista haitta-ainepitoisuuksista ei arvioitu aiheutuvan merkittävää haittaa eliöstölle. Mikäli teknillis-taloudellisista syistä on tarve hyvälle läjityspaikalle myös tuulivoima-alueen pohjoisosasta syntyville ruoppausmassoille (lyhyempi kuljetusmatka proomulle), voidaan puiston ulkopuolella sen koillispuolella sijaitseva läjitysalue Laine-4 ottaa mukaan jatkotarkasteluun, sillä se on luokiteltu hyväksi meriläjitysalueeksi. Myöhemmässä vaiheessa, suunnittelun tarkentuessa vesilupavaiheessa, tulee tarkastella, onko merituulivoimapuiston pohjoisosan korkeita haitta-ainepitoisuuksia sisältävät sedimentit kestävämpää läjittää puiston sisäalueen tyydyttäville läjitysalueille vai ulkopuolisille koillisessa sijaitseville hyville läjitysalueille.

Lähtökohtaisesti Ympäristöministeriön sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohjeen mukaan (*2015*) haitta-ainetason 2 sedimentit tulisi nostaa maalle, ellei niiden meriläjitys ole kokonaisuutena tarkastellen kestävämpi vaihtoehto. Tason 2 sedimentit voidaan sijoittaa hyvälle läjityspaikalle, jos tapauskohtaisella tarkastelulla ja riskinarvioinnilla sekä riskinhallintatoimenpiteillä voidaan osoittaa, että maalle sijoittaminen on ympäristön kannalta veteen läjittämistä huonompi ratkaisu.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Tarkastelussa tulee verrata sijoitusvaihtoehtoja ja niiden ympäristövaikutuksia ja kustannuksia sekä osoittaa ympäristön kannalta saavutettava kokonaishyöty. Tämän riskitarkastelun perusteella ei pitoisuustason 2 haitta-aineista arvoitu aihetuvan merkittäviä riskejä vesieliöstölle vesirakentamisen yhteydessä. Mikäli pitoisuustason 2 ruoppausmassoja esitetään meriläjitettäväksi, tulee lisäksi tehdä eri osa-alueiden ja kustannusten kokonaistarkastelu sekä suunnitella läjittäminen tarkemmin ruoppauksen ja läjityksen yksityiskohtaisemmassa suunnittelussa tiiviissä yhteistyössä viranomaisen kanssa. Siinä yhteydessä tulee myös tarkemmin pohtia mahdollisuuksia ehkäistä työnaikaisen kiintoaineen leviäminen meriympäristöön.

Rakentamiseen liittyvän lisääntyneen proomuliikenteen vaikutukset merituulivoimapuiston alueella

Alusten potkurivirrat voivat aiheuttaa jatkuvaa samentumista (*Koponen & Virtanen 1995, VTT 1996, Oulasvirta & Leinikki 2003*) ja pohjan eroosiota (*Rytkönen ym. 2000*) vilkkaasti liikennöidyillä väylillä sekä satamien lähellä. Koska merituulivoimapuiston alue on syvää merialuetta, ei rakentamisen aikaisella lisääntyvällä alusliikenteellä arvioida olevan havaittavissa olevia vaikutuksia esimerkiksi alueen merenpohjiin, merinisäkkäisiin tai muuhun meriympäristöön. Rannikolla lisääntyvä liikenne voi lisästä samentumaa merituulivoimapuiston rakentamisen aikana ja vaikuttaa meriympäristöön haitallisesti. Rakennusvaiheen tarkkoja liikennöintimääriä ja alusten kulkureittejä on kuitenkin haastavaa arvioida ennen tarkempia rakennussuunnitelmia. Ympäristövaikutusten arvioinnin yhteydessä tehdyssä mallinnuksessa samentumavaikutuksissa ei huomioitu lisääntyvän liikenteen aiheuttamaa sameutta, joten samentuma-arvioon sisältyy jonkun verran epävarmuutta.

Mahdollinen radioaktiivinen kontaminaatio sedimenteissä

Tšernobylin onnettomuudesta peräisin olevat radioaktiiviset aineet levisivät Itämeren alueelle epätasaisesti. Onnettomuudessa ilmaan vapautuneet radioaktiiviset aineet kulkeutuivat ilmavirtausten mukana ja suurin osa niistä huuhtoutui alas sateen mukana. Sateiden määrä ja voimakkuus vaihtelivat eri puolilla, joten maan ja meren pinnalle tulleiden radioaktiivisten aineiden määrä vaihteli tuntuvasti. Tšernobylin onnettomuudesta on ehtinyt kulua jo kohta 40 vuotta. Ympäristön kannalta merkittävimmänkin radionuklidin Cs-137:n aktiivisuus on ehtinyt jo kertaalleen puoliintua (Cs-137:n puoliintumisaika on 30 vuotta). Säteilyturvakeskuksen arvion mukaan sedimenteistä ei voi irrota niin paljoa radioaktiivisia aineita, että niillä olisi terveydellisiä vaikutuksia ihmisille tai eliöstölle. (*Säteilyturvakeskus 2024*)

5.3.1.2 Merikaapeli-/vetyputkireitit

Vedenlaatu

Sähkönsiirtokaapelit ja/tai vetyputket voidaan laskea merenpohjan päälle tai asentaa sedimentin sisälle eri tavoilla riippuen merenpohjan olosuhteista. Niiden osalta sedimentin leviämismalli on tehty kahdella mahdollisella eri asennusmenetelmällä. Toisessa tapauksessa kaivu on oletettu tehtävän koko matkalla vesipainepuhalluksena, jossa kaikkien 100 % sedimentin hienoaineksesta vapautuu veteen. Toisessa alle 15 metrin syvyiset osuudet ruopataan ja massat läjitetään läjitysalueille 2 tai 3. Alustava läjitysalue 1 ei tutkimusten perusteella virtausolosuhteiltaan sovellu läjitykseen lainkaan, joten se on hylätty hankesuunnitelmasta, mutta se oli mukana vielä mallinnusvaiheessa. Hankkeen jatkosuunnittelussa suositellaan selvittämään mahdollisuuksia hyödyntää alueita 2 tai 3 kaikissa energiansiirtoreittien läjitystarpeissa tai selvittää pohjoisesta uusi hyvä läjitysalue. Mallinnus on tehty myös kaikille eri rantautumisvaihtoehdoille huomioiden eri rantautumisosuudet.

Yhteensä vedenlaatumallinnuksessa käytettiin merikaapelien suhteen neljää eri skenaariota (liite 2):

- 1a: vesipainepuhallus koko kaapelin pituudelta, a-rantautumisalueet
- 1b: vesipainepuhallus koko kaapelin pituudelta, b-rantautumisalueet

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

- 2a: vesipainepuhallus 15 metriä syvemmillä alueilla ja tätä matalammat alueet ruopataan ja ruopattu materiaali läjitetään, a-rantautumisalueet
- 2b: vesipainepuhallus 15 metriä syvemmillä alueilla ja tätä matalammat alueet ruopataan ja ruopattu materiaali läjitetään, b-rantatutumisalueet

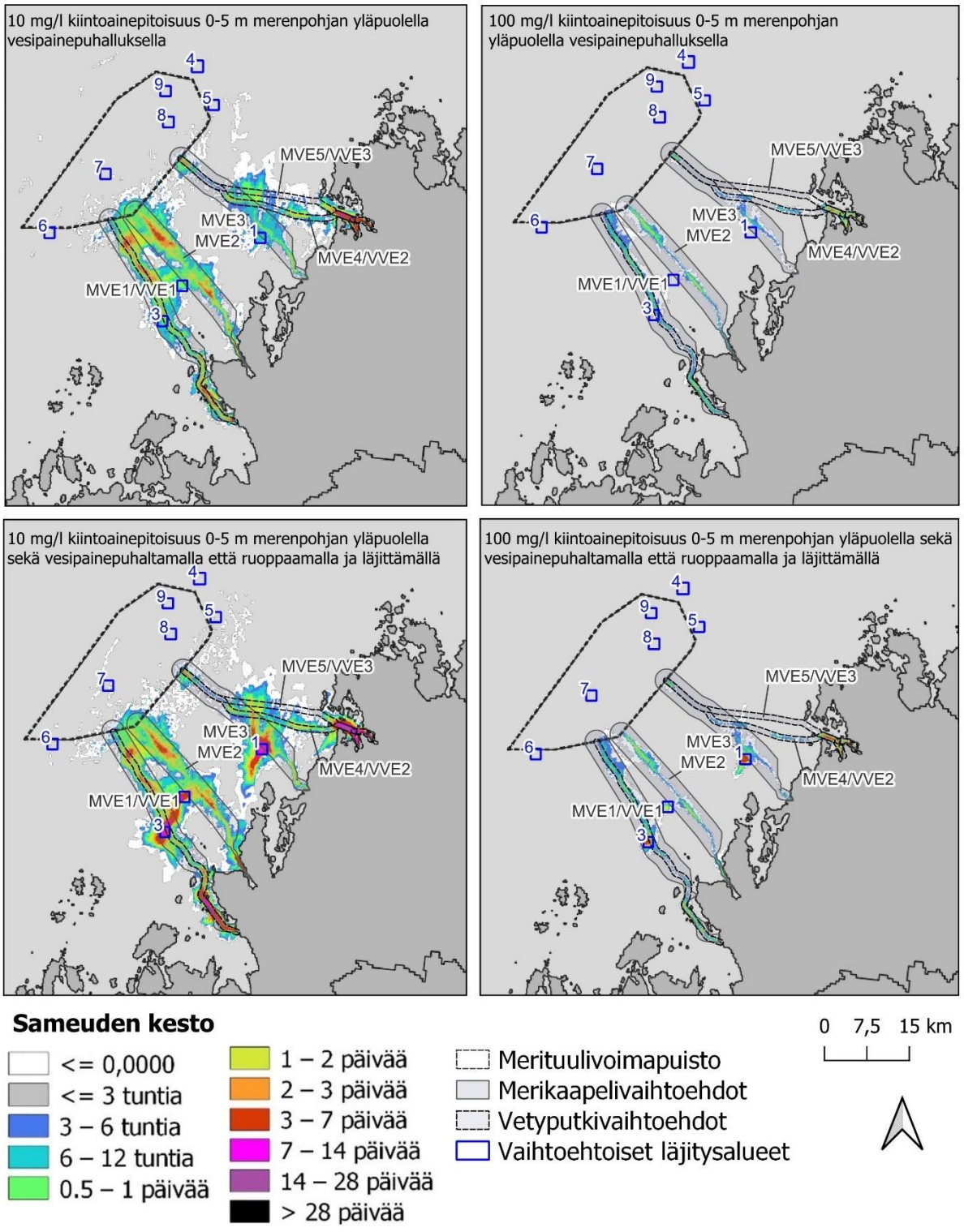
Kaapelireiteillä suurimmat ja pitkäkestoisimmat kiintoainepitoisuusnousut esiintyvät pohjan läheisyydessä työkohteiden lähellä sekä rannikon läheisyydessä matalammilla alueilla, joilla sedimenttipitoisuus laimentuu syvyyssuunnassa vähemmän. Mallinnuksen mukaan kaapelireiteillä kiintoainepitoisuuden nousua 100 mg/l esiintyy vain suppealla alueella kulloisenkin työalueen läheisyydessä, riippuen pohjan laadusta enintään muutamien satojen metrien päässä työkohteesta ja samentuma kestää alle päivän (Kuva 5-28 ja Kuva 5-29). Maksimipitoisuus vesipainepuhalluksen työkohteilla on noin 200 mg/l, mutta ruoppaus- ja läjityskohteilla luokkaa 450 mg/l. Kiintoainepitoisuuden nousua 10 mg/l esiintyy laajemmalla alueella, muutamien kilometrien etäisyydellä kulloisestakin työkohteesta. Lievän samentuman (10 mg/l) kesto on enimmillään noin 3–14 päivää riippuen asennusmenetelmästä (Kuva 5-28 ja Kuva 5-29). Sekä vaikutusalueen laajuus että samentuman kesto ovat suurimmat pohjan läheisyydessä, erityisesti ruoppaus- ja läjitys menetelmässä (Kuva 5-28 ja Kuva 5-29). Ruoppauksessa ja erityisesti läjityksessä useamman päivän kestävää samentumista aiheutuu myös pintaan, vesipainepuhalluksessa sameusvaikutusta ulottuu pintaan lähinnä vain matalammilla rantautumisalueilla.

Mallinnuksen perusteella vesipainepuhalluksella on asentamisvaiheessa vähäisemmät vaikutukset kuin ruoppauksella, johtuen erityisesti läjityksen vaikutuksista, mutta myös vaikutus rannan läheisillä matalammilla alueilla jää vähäisemmäksi.

Reittivaihtoehdoissa MVE1 ja MVE2 lähellä tuulivoimapuistoa hienojakoisen sedimentin määrä on suurempi, mikä aiheuttaa suurempaa samentumisvaikutusta. Reitti MVE1 on myös pisin (noin 44 km), joten sillä vaikutusalue on kaiken kaikkiaan suurin. Reiteillä MVE3, MVE4 ja MVE5 on ulommilla alueilla monin paikoin karkeita sedimenttejä, jolloin samentumavaikutus jää vähäisemmäksi (Kuva 5-28 ja Kuva 5-29). Rantautumisvaihtoehdoissa MVE1a, MVE4 ja MVE5a ja 5b samentumavaikutukset ovat laajimmat ja pitkäkestoisimmat. Vähäisimmät vaikutukset ranta-alueille kohdistuvat kaapelireiteillä MVE2a ja MVE3 (Kuva 5-28 ja Kuva 5-29), joissa pohjan laatu on pääosin hiekkaa. Kaapelireittien MVE1, MVE2 ja MVE3 läheisyydessä sijaitsevien meriläjitysalueiden 2 ja 3 välillä ei ole samentumavaikutusten osalta merkittävää eroa (Kuva 5-28 ja Kuva 5-29). Kuten edellä on todettu läjitysalue 1 on hylätty hankesuunnitelmasta virtausolosuhteiden perusteella.

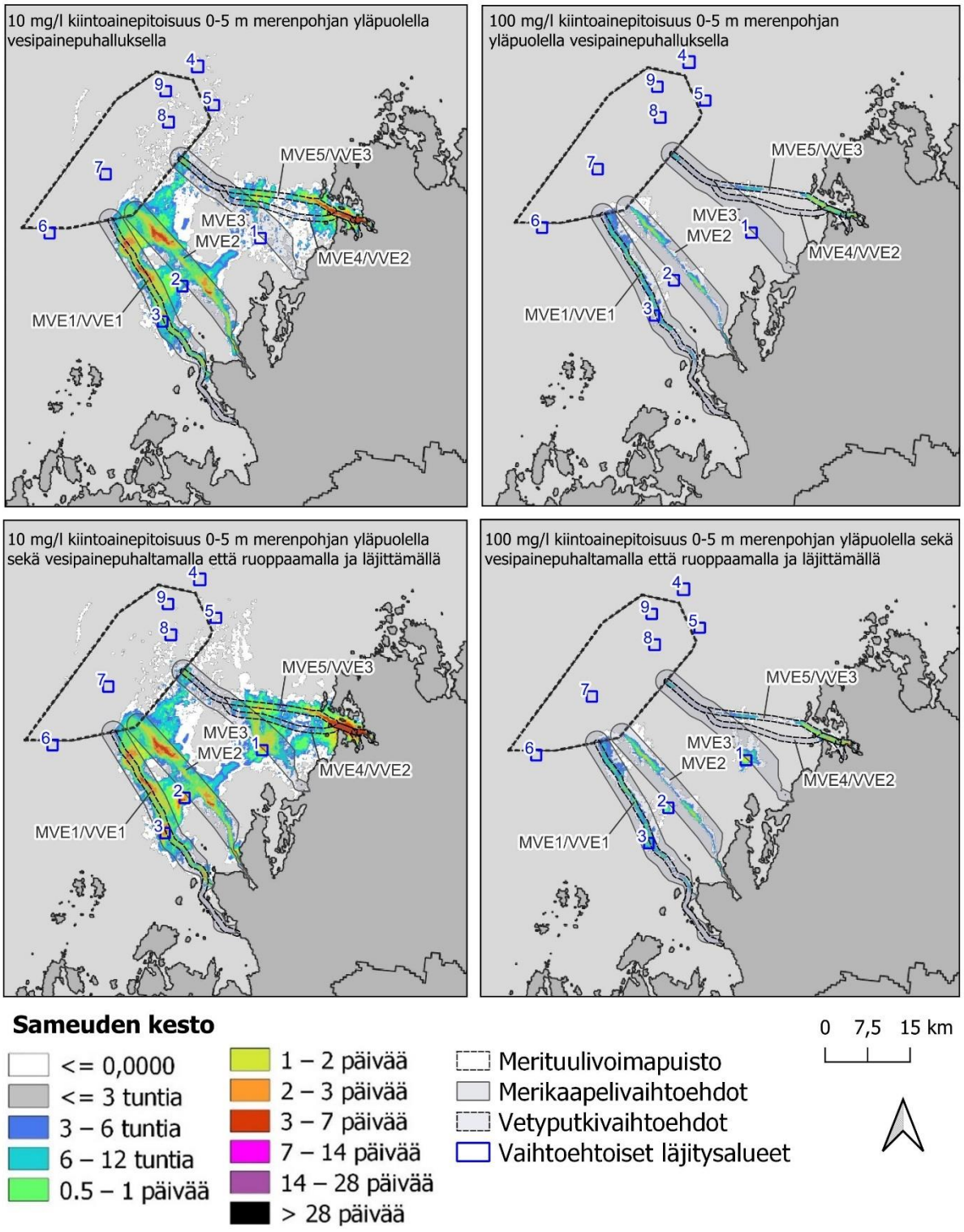
Kaapelireittien MVE1, MVE4 tai MVE5 käytäviin voi sijoittua myös suunniteltu vetyputkireitti VVE1, VVE2 tai VVE3. Vetyputkesta (1 kpl) asentamisesta aiheutuu vähemmän vaikutuksia kuin maksimikaapelimäärällä (5).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-28. Merikaapeli/vetyputkireittien sedimenttipitoisuuden ≥10 mg/l (vasemmalla) ja ≥100 mg/l (oikealla) kesto vesipatsaan alimmassa 5 metrissä kahdella eri työmenetelmällä (vesipainepuhallus yläkuva, vesipainepuhallus + ruoppaus ja läjitys alakuva). Reitit MVE1a/VVE1, MVE2a, MVE3, MVE4/VVE2 ja MVE5a/VVE3 (rantautumisen osalta) (Niras 2023a liite 2). Huom. kuva esittää vaikutusten enimmäislaajuutta, jos kaikki rakennustyöt tehtäisiin yhdellä avovesikaudella, reitit ja läjitysalueet myös osin vaihtoehtoisia.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-29. Merikaapeli/vetyputkireittien sedimenttipitoisuuden ≥10 mg/l (vasemmalla) ja ≥100 mg/l (oikealla) kesto vesipatsaan alimmassa 5 metrissä kahdella eri työmenetelmällä (vesipainepuhallus yläkuva, vesipainepuhallus + ruoppaus ja läjitys alakuva). Reitit MVE1b/VVE1, MVE2b ja MVE5b/VVE3 (koko reitti sekä rantautuminen) (Niras 2023a, liite 2). Huom. kuva esittää vaikutusten enimmäislaajuutta, jos kaikki rakennustyöt tehtäisiin yhdellä avovesikaudella, reitit ja läjitysalueet myös osin vaihtoehtoisia.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Vesistömallinnuksen mukaan kaapelireiteillä vesipainepuhallusmenetelmällä sedimentaatio on enimmillään noin 2 cm. Kaapelireiteillä yli 1 mm sedimentaatiota ulottuu mallinnuksen mukaan enintään noin ±400 metrin etäisyydelle reitin molemmin puolin. Reiteillä MVE3, MVE4 ja MVE5 on myös joitain osuuksia, joilla sedimentaatio on alle 1 mm, mikä johtuu pohjan karkeammasta aineksesta (Kuva 5-30).

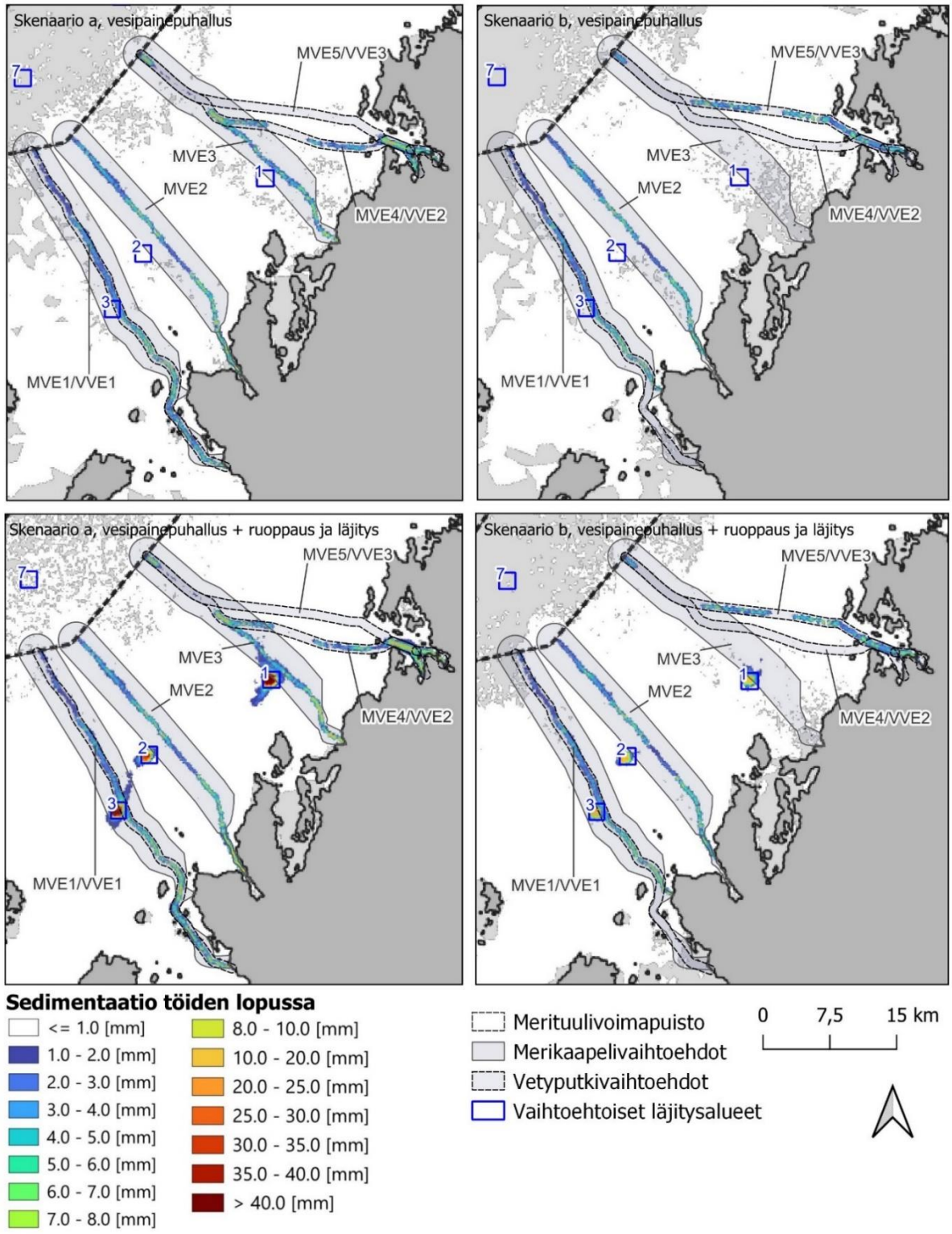
Osittaisessa ruoppausmenetelmässä kaapelireiteillä yli 1 mm sedimentaatiovaikutus ulottuu samalla tavoin noin ±400 metrin etäisyydelle reitin molemmin puolin. Sedimentaatio on voimakkainta, >4 cm, läjitysalueilla ja niiden ympäristössä. Matalammilla rantautumisosuuksilla esiintyy myös monin paikoin noin 2 cm sedimentaatiota (Kuva 5-30).

Samentuman tavoin sedimentaatiovaikutukset ovat kokonaisuutena hieman suuremmat reiteillä MVE1 ja MVE2 johtuen MVE3, MVE4 ja MVE5 reittien osin karkeammasta pohja-aineksesta. Rannan läheiset vaikutukset ovat toisaalta sedimentaationkin suhteen suurimmat vaihtoehdoissa MVE4 ja MVE5. Myöskään kaapelireittien MVE2 ja MVE3 meriläjitysaluevaihtoehtojen välillä ei ole merkittäviä eroja (Kuva 5-30).

Reiteillä MVE1/VVE1, MVE2a ja MVE3 haitta-ainepitoisuudet olivat sedimenttitutkimusten perusteella vähäisiä ja mahdolliset ruoppausmassat soveltuvat sijoittaviksi sekä hyvälle että tyydyttävälle läjityspaikalle. Pohjoisemmilla kaapeli- ja putkireiteillä MVE4/VVE2 ja MVE5/VVE3 rannikon läheisyydessä esiintyy laaja-alaisesti sekä haitta-aineita että eroosioherkkää sedimenttiä.

Rantautumisreitillä MVE1a todettiin yksittäisissä näytteessä nikkeliä pitoisuustasolla 2 ja muita metalleja korkeintaan tasolla 1A. Rantautumisvaihtoehdossa MVE2b yksittäisessä näytteessä todettiin tason 1C ylittävä PCDD/F-yhdisteiden pitoisuus ja kyseiset massat tulisi sijoittaa vain hyvälle läjityspaikalle. Rantautumisvaihtoehdoissa 4 ja 5 esiintyy PCDD/F-yhdisteitä korkeimmillaan pitoisuustasolla 1C huomioiden sedimentin eroosioherkkyys sekä lisäksi mm. tributyylitinaa ja öljyhiilivetyjä esiintyy pitoisuustasolla 1B.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-30. Asennustöiden aiheuttama sedimentaatio (mm) merikaapeli/vetyputkireiteillä. Skenaario a (reittien a-rantautumisvaihtoehdot, vasemmalla) ja b (reittien b-rantautumisvaihtoehdot oikealla) kahdella eri työmenetelmällä (vesipainepuhallus yläkuvat, vesipainepuhallus + ruoppaus ja läjitys alakuvat) (Niras 2023a, liite 2).

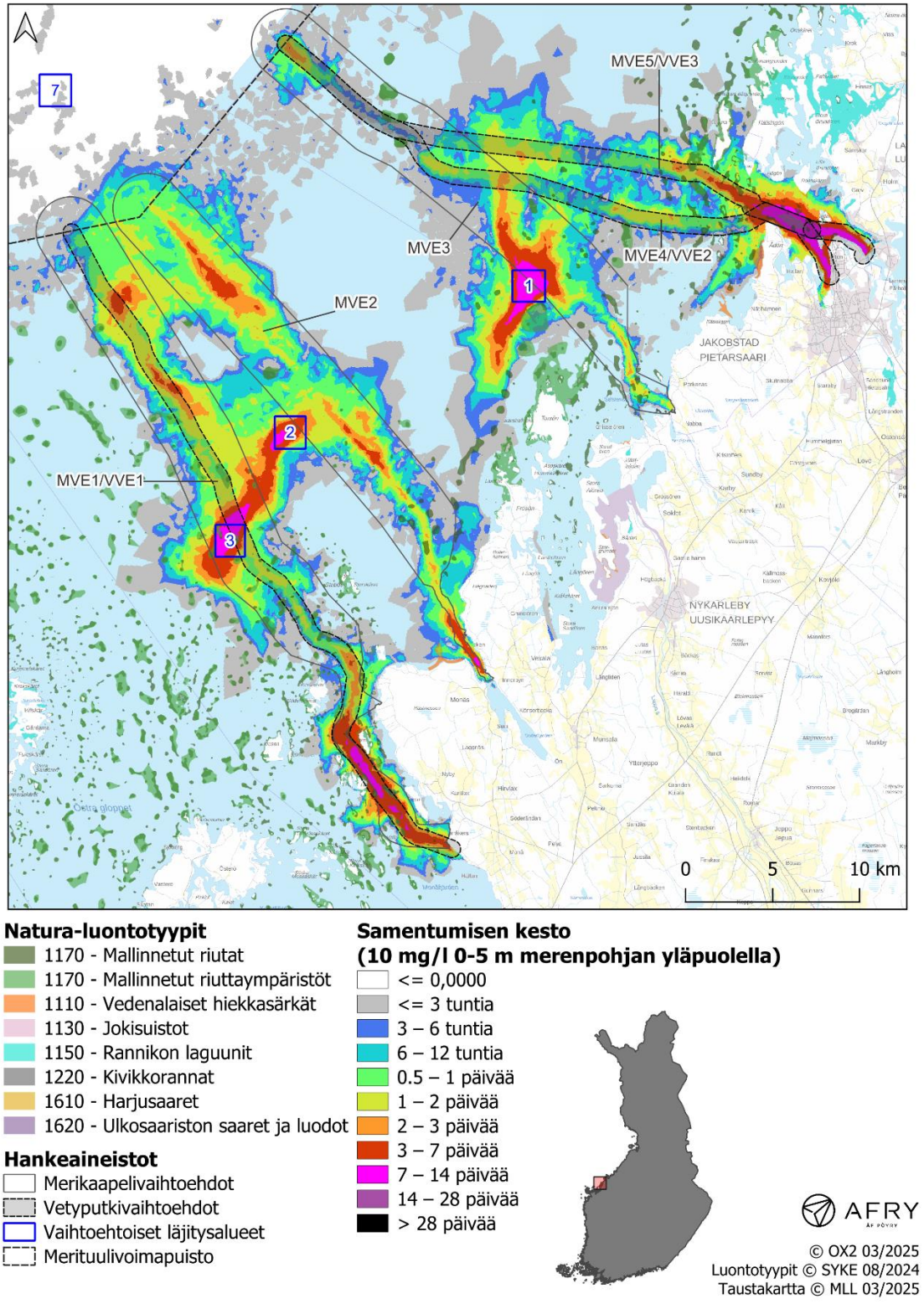
Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Vaikutukset luontotyyppeihin ja vesieliöstöön

Vesipainepuhalluksella samentuminen ei leviä yhtä laajalle kuin ruoppaamalla ja läjittämällä ja samentumisen kesto on myös lyhyempää. Samentuminen on pitkäkestoisinta läjitysalueilla, joista eteläisimmällä (Laine-3) riutta- ja särkkämallin mukaan esiintyy riuttoja sekä MVE1a/VVE1 varrella ja MVE4/VVE2 sekä MVE5/VVE3 rantautumisalueilla (Kuva 5-31). Pitkään kestävä samentuma MVE4/VVE2- ja MVE5/VVE3 -reittien varrella sijaitsee EMMA-, Natura- ja yksityisellä luonnonsuojelualueella (Kuva 5-32). Kaapeli-/vetyputkireittien sedimentaatio on yhtä suurta vesipainepuhaltamalla ja ruoppaamalla. Pieniä eroja on havaittavissa rantautumisalueiden lähellä, jossa ruoppaamalla vaikutukset ovat hieman suurempia. Sedimentaatiota voi ulottua riutoille ja rannikon laguuneihin sekä suojelualueille (Kuva 5-33 ja Kuva 5-34). Läjitysalueiden sedimentaatio on paljon suurempaa kuin kaapeli-/vetyputkireittien asentamiseen liittyvä sedimentaatio, eikä läjitysalueiden sedimentaatiota esiinny, jos kaapelit/vetyputki asennetaan vesipainepuhaltamalla.

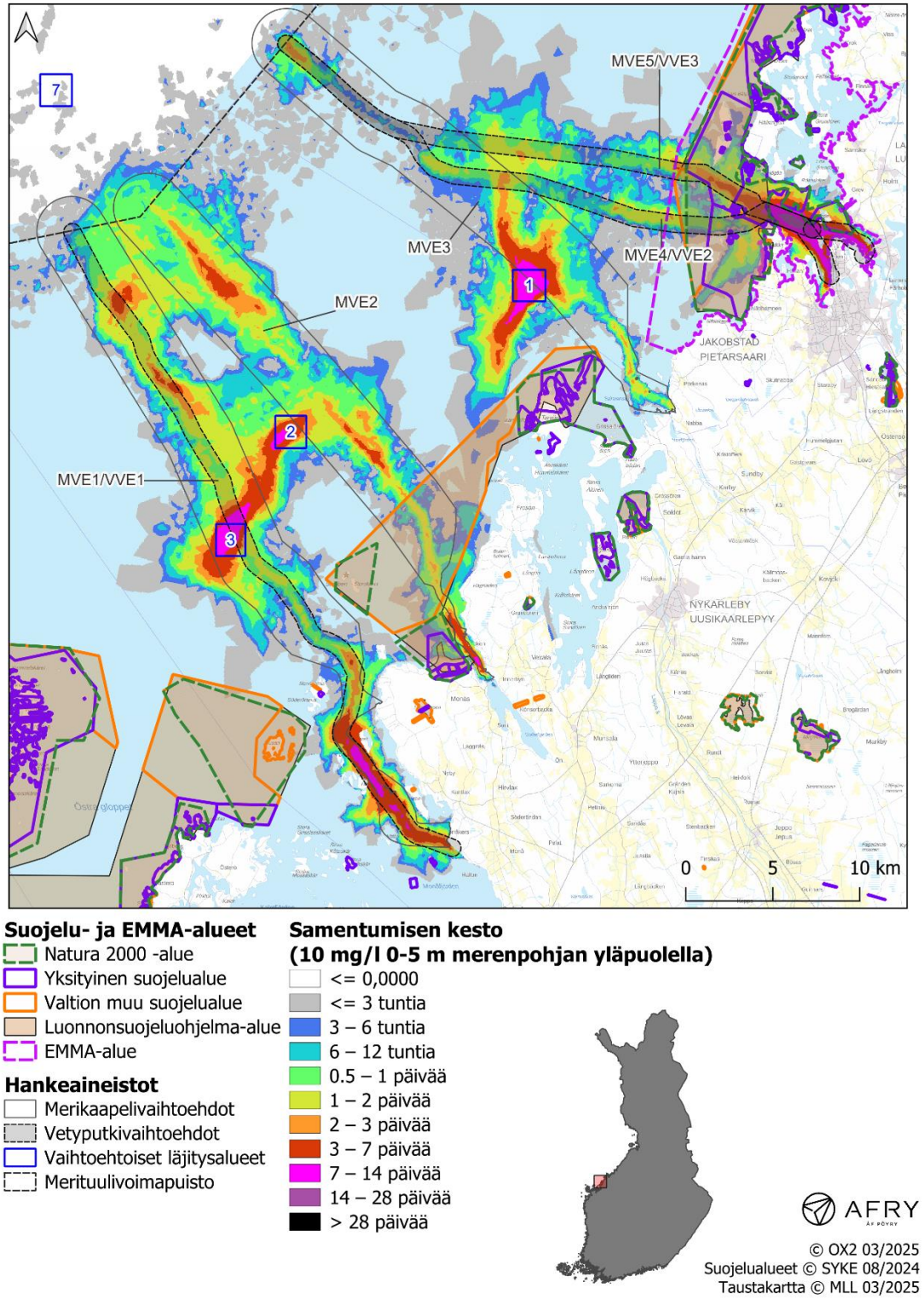
Vaikutusarviossa hyödynnetään samentuma- ja sedimentaatiomallia, jossa oletuksena on ollut kaapelien asentamisen ajoittuminen yhdelle avovesikaudelle. Todellisuudessa kaapelien asentaminen voi ajoittua kahdelle avovesikaudelle. Mallin kuvaama samentuman kesto tapahtuu kullakin alueella vain kerran, sillä malli huomioi kaikkien kaapelireitille asennettavien kaapeleiden asennuksen. Kaapelit asennetaan suurimmalla osasta menetelmiä niin että kaapeli saadaan kerralla valmiiksi asennettua. Poikkeuksena on valmiiksi kaivetut kaivannot, joita voidaan hyödyntää alueilla, joilla maaperä on kovaa, esimerkiksi savea tai tiivistynyttä hiekkaa, johon kaivanto voidaan tehdä ennalta valmiiksi. Kaapeli lasketaan merenpohjaan aiemmin tehtyyn kaivantoon, minkä jälkeen se voidaan suojata lisäämällä erikseen kiviä tai soraa varmistamaan riittävä suojaus. Samentumavaikutuksia tulee todennäköisesti syntymään sekä kaivannon kaivuusta, että kivien tai soran laskemisesta kaivantoon, mutta eniten kuitenkin kaivamisesta. Jos kaapelin ja kivien laskeminen tehdään vasta seuraavana vuonna, ei samentuma- ja sedimentaatiovaikutusten arvioida olevan merkittävästi suurempia kuin toimintojen ajoittamisella samalle avovesikaudelle. Jos kaivantojen kaivaminen ja niiden täyttö tehdään eri vuonna, ei sen arvioida vaikuttavan haitallisesti vesikasvillisuuteen tai luontotyyppeihin verrattuna toimintojen ajoittamisella samalle avovesikaudelle. Yksittäisellä alueella arvioidaan töitä tehtävän vain yhtenä vuonna, vaikka työt kokonaisuutena kestäisivätkin useamman vuoden.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



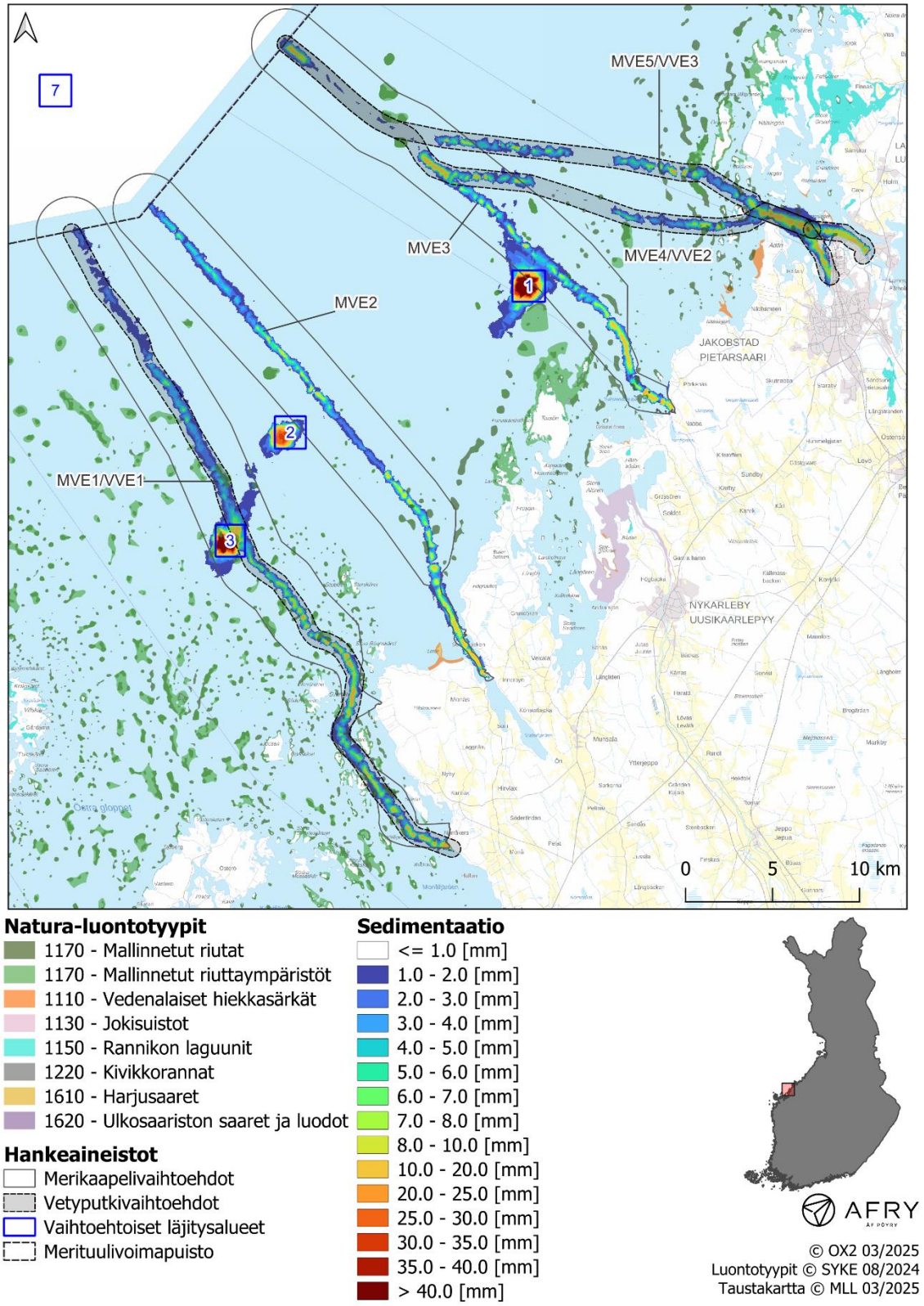
Kuva 5-31. Samentumisen kesto ruoppaus- ja läjitysmenetelmällä sekä luontodirektiivin luontotyyppien esiintyminen. Pisimpään samentuminen kestää läjitysalueilla sekä rannikon lähistöllä MVE1a/VVE1-, MVE4/VVE2- ja MVE5a ja b/VVE3a ja b -reittien varrella. Malli kuvaa tilannetta, jossa kaikki kaapelireitit toteutuisivat. Todellisuudessa reiteistä toteutuu enintään kaksi ja MVE4 sekä MVE5 ovat toisilleen vaihtoehtoisia.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



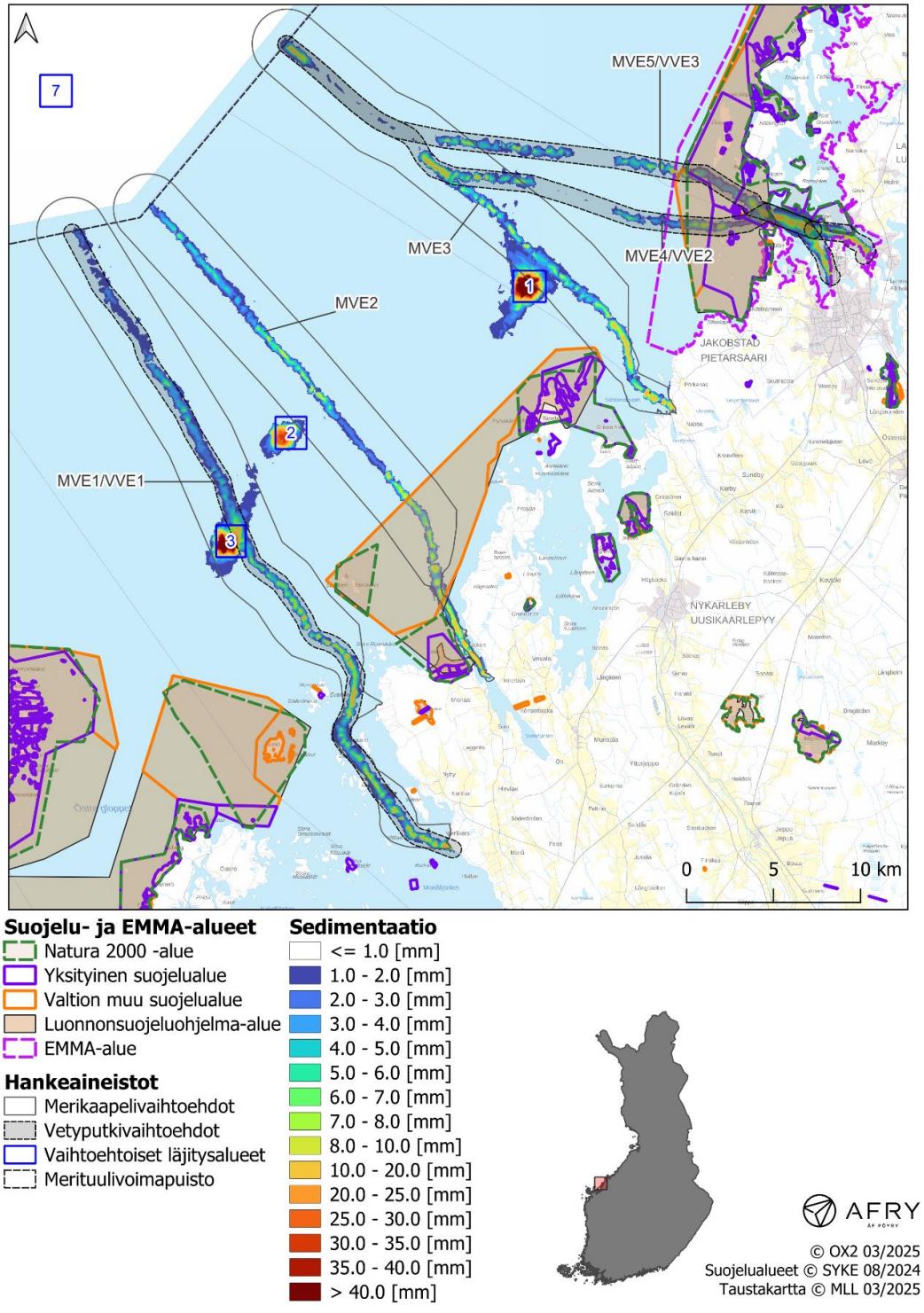
Kuva 5-32. Samentumisen kesto ruoppaus- ja läjitysmenetelmällä sekä suojelu- ja EMMA-alueiden sijainti. Pisimpään samentuminen kestää läjitysalueilla sekä rannikon lähistöllä MVE1a/VVE1-, MVE4/VVE2- ja MVE5a ja b/VVE3a ja b -reittien varrella. Suurimmat vaikutukset suojelu- ja EMMA-alueisiin on MVE4/VVE2- ja MVE5/VVE3 -reiteillä. Malli kuvaa tilannetta, jossa kaikki kaapelireitit toteutuisivat. Todellisuudessa reiteistä toteutuu enintään kaksi ja MVE4 sekä MVE5 ovat toisilleen vaihtoehtoisia.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-33. Sedimentaation määrä ruoppaus- ja läjitysmenetelmällä sekä luontodirektiivin luontotyyppien esiintyminen. Runsainta sedimentaatio on läjitysalueilla. Sedimentaatiota voi ulottua riutoille ja rannikon laguuneihin. Malli kuvaa tilannetta, jossa kaikki kaapelireitit toteutuisivat. Todellisuudessa reiteistä toteutuu enintään kaksi ja MVE4 sekä MVE5 ovat toisilleen vaihtoehtoisia.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-34. Sedimentaation määrä ruoppaus- ja läjitysmenetelmällä sekä suojelu- ja EMMA-alueiden sijainti. Runsainta sedimentaatio on läjitysalueilla. Sedimentaatiota ulottuu suojelualueille MVE2-, MVE4/VVE2- ja MVE5/VVE3-reiteillä. Malli kuvaa tilannetta, jossa kaikki kaapelireitit toteutuisivat. Todellisuudessa reiteistä toteutuu enintään kaksi ja MVE4 sekä MVE5 ovat toisilleen vaihtoehtoisia.

Merenpohjaan sekä kasvillisuuden päälle laskeutuneen kiintoaineksen vaikutukset vesikasvillisuuteen riippuvat mm. kasvusyvyydestä, avoimuudesta ja levä-/kasvilajista. Kiintoaines on

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

vähemmän haitallista lähempänä pintaa ja avoimilla paikoilla, jossa aallokko puhdistaa levät ja vesikasvit kiintoaineksesta paremmin kuin suojaisilla ja syvemmillä alueilla. Suojaisilla paikoilla kiintoaines kasautuu levien ja kasvien päälle ja vähentää yhteyttämiseen käytettävissä olevaa valon määrää. Jos kiintoainekuormitus ajoittuu lisääntymisaikaan, voi sedimentaatio estää levien tsygoottien kiinnittymisen tilanteessa, jossa kovat pohjat ovat sedimentin peitossa. Tällöin vaikutukset voivat olla huomattavia. Hankealueella vedenalaisen luonnon monimuotoisuus on suurinta rantaviivan tuntumassa, jossa kasvillisuus koostuu pääasiassa pehmeillä pohjilla elävistä lajeista. Suurimmat haitalliset vaikutukset sedimentaatiosta kohdistuvat suojaisiin rantoihin, jossa kasvien päälle laskeutunut kiintoaines ei helposti kulkeudu pois, sillä aallokko ei pääse siinä määrin huuhtomaan alueita kuin ulompana. Koska hankealueen monipuolisimpien alueiden kasvillisuus koostuu pääasiassa pehmeillä pohjilla kasvavista lajeista, sedimentaatio merenpohjassa ei haittaa lisääntymistä. Kiintoaineksen lisääntyminen vesipatsaassa voi muuttaa pinnanalaisia valo-olosuhteita. Vesikasvit ja levät tarvitsevat valoa yhteyttämiseen.

Pohjaeläinten osalta kasvaneen **samentuman sekä sedimentaation** vaikutusmekanismeja käsitellään myös aiemmissa kappaleissa merituulivoimapuiston osalta. Suurimmat pohjaeläimistöön kohdistuvat vaikutukset aiheutuvat yleisesti ottaen lisääntyneestä sedimentaatiosta ja eniten haittavaikutuksia kohdistuu suodattaviin pohjaeläimiin, mikäli kiintoainepitoisuudet ovat suuria. Kaapelireittien pehmeiden pohjien pohjaeläimistössä esiintyy syvyydestä ja pohjanlaadusta riippuen melko suurta vaihtelua, mutta pohjaeläimistö on pääosin epäherkäksi luettavaa lajistoa, joka on sopeutunut muuttuviin oloihin. Tietyt lajit kuten häiriötä sietävä liejuputkimato voi jopa hyötyä lisääntyneestä sedimentaatiosta ja mahdollisesta ravinnelisäyksestä, mutta muutoksen ei arvioida olevan niin suurta, jotta lajiyhteisö muuttuisi laajemmin tai pohjaeläimistön ekologinen tila heikkenisi. Kokonaisuudessaan samentumasta sekä lisääntyneestä sedimentaatioista aiheutuva haitta arvioitiin vähäiseksi, mutta vaikutuksia käsitellään alla vielä reittikohtaisesti.

Monåfjärden (MVE1a/VVE1 ja MVE1b)

Jos merikaapelien asennusmenetelmä on vesipainepuhallus niin pisimpään (3–7 päivää) kestävää pohjanläheistä (0–5 metriä merenpohjan yläpuolella) sameutta (10 mg/l) esiintyy kaukana rannikosta MVE1/VVE1 varrella merituulivoimapuiston lähellä. Tällä alueella ei kuitenkaan esiinny kasvillisuutta, riuttoja, särkkiä, suojelualueita tai uhanalaisia valkokatka-merivalkokatkapohjia tai muuta huomionarvoista pohjaeläinlajistoa. Myös lähempänä rannikkoa esiintyy useita päiviä kestävää samentumista, joka sijoittuu osittain päällekkäin mallinnettujen riuttojen kanssa. Rannikon läheisillä matalilla alueilla voi esiintyä lajistoltaan monipuolisia riuttoja. Merikaapeli-/vetyputkireittien riuttamaisille kohoumille kohdistetuissa kartoituksissa havaittiin kuitenkin, että kartoitetut alueet olivat karuja ja vähälajisia. Samentuma ei leviä suojelualueille asti. MVE1b:n rantautumisalueella ja MVE1b:n ja MVE1a:n välissä kaapeli-/vetyputkireitillä havaittiin avoimia näkinpartaispohjia, mutta MVE1a:n rantautumisalueella ei havaittu mitään LuTu-luontotyypin mukaista luontotyyppiä. MVE1b:n rantautumisalueen avoimet näkinpartaispohjat sijaitsivat hieman suunnitellun rantautumiskohdan pohjoispuolella eikä niihin vesipainepuhalluksella kohdistuisi samentuma tai sedimentaatiovaikutuksia. MVE1a sijaitsee MVE1b:tä kauempana merituulivoimapuistosta ja etäisyyttä a ja b rantautumisvaihtoehdolla on noin yhdeksän kilometriä, jolloin tällä matkalla vaikutuksia kohdistuu mm. reitin varrella sijaitseville riutoille ja mahdollisille avoimille näkinpartaispohjille. Lisäksi asennusaika on MVE1a:ssa pidempi, jolloin vaikutuksia vedenalaiseen kasvillisuuteen kohdistuu MVE1b:tä enemmän. Samentuma ja sedimentaatio leviää mallinnuksen mukaan havaituille avoimille näkinpartaispohjille MVE1a:n ja MVE1b:n välissä. Samentuma (10 mg/l, 0–5 metriä merenpohjan yläpuolella) tällä alueella kestää vesipainepuhalluksella enintään 12 tuntia ja sedimentaation määrä on noin 0,2 cm.

Ruoppaamalla ja läjittämällä sameus (10 mg/l, 0–5 m merenpohjan yläpuolella) kestää enintään kaksi viikkoa läjitysalueen 3 lähellä sekä MVE1a ja MVE1b rantautumisalueiden välillä. Molemmilla alueilla esiintyy riuttamallin mukaan riuttoja. Alueelle kohdistetussa drop-video-kartoituksessa havaittiin pohjanlaadun olevan 100 % hiekkaa eikä lajeja havaittu ollenkaan. Noin kahden kilometrin päässä tältä pisteeltä drop-video-kartoituksissa havaittiin pohjanlaadun olevan 100 % hiekkaa ja

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

pohjaa peitti 70 %:n peittävyydellä näkinpartaiset ja 10 %:n peittävyydellä vita/haura/hapsikka. Tällä kohdin sameus kestää mallinnuksen mukaan 3–7 päivää.

Mallinnuksen mukaan kaapelireitillä MVE1 korkeita kiintoainepitoisuuksia (100 mg/l) esiintyy muita vaihtoehtoja laajemmalla alueella, mikä perustuu alueelta otettujen sedimenttinäytteisiin ja on todennäköisesti yliarvio verrattuna kattavampaan pohjan maalajiaineistoon.

Sedimentaatio leviää vesipainepuhalluksella noin 300 metriä kaapelireitin molemmin puolin ollen enimmillään 1 cm noin kahden kilometrin päässä rannikosta. Muilla alueilla sedimentaatio on keskimäärin noin 0,2 cm. Suuremmat sedimentaatiovaikutukset ja siten vaikutukset vedenalaisiin luontotyyppeihin ja eliöstöön tulee MVE1a:lla kuin MVE1b:llä. Ruoppauksella sedimentaatio on kaapeli-/vetyputkireittien varrella hieman runsaampaa kuin vesipainepuhaltamalla, mutta suurin ero on läjitysalueiden sedimentaatio, jossa sen paksuus ylittää 4 cm. Vain ruoppauksen tapauksessa tulee tarve meriläjittää massoja.

MVE1a:n varrella (LSED-37) sedimenttinäytteissä esiintyi haitta-aineita (2 tason materiaalia) (liitteet 4 ja 5), jotka leviävät kiintoaineen mukana sameusmallin mukaisesti (liite 2). 2-tason sedimentit ovat Ympäristöministeriön ohjeen mukaan (*2015*) periaatteessa mereen läjityskelvottomia. Mikäli rantautumisvaihtoehdoksi valitaan MVE1a, tulee arvioida lisätutkimuksien tarve tutkimuspisteen LSED-37 alueella nikkelipitoisuuksien tarkentamiseksi. Mikäli MVE1a valikoituu toteutettavaksi vaihtoehdoksi, pyritään haitta-aineita sisältävät sedimentit kiertämään mahdollisuuksien mukaan. Yksittäisten lähellä rantaa olevien pienialaisten kontaminoituneiden massojen läjitys maalle voi olla myös vaihtoehto.

Kaapelireiteillä MVE1b ei tutkimusten perusteella arvioida aiheutuvan haitta-aineista johtuvia merkittäviä ekologisia vaikutuksia eliöstölle vesirakentamisen (ruoppaus- tai vesipainepuhalluksen) yhteydessä. Mahdolliset ruoppausmassat soveltuvat sijoittaviksi sekä hyvälle että tyydyttävälle läjityspaikalle. Tarkemmin eliöstölle kohdistuvia ekologisia riskejä on arvioitu erillisessä liitteessä 6.

Valkokatka-merivalkokatkapohjia esiintyi MVE1a:n ja MVE1b:n varrella 2022 ja 2023 näytteenotossa (*Lindfros ym. 2023, 2024,* liite 4 ja 5). Sameus ja sedimentaatio leviävät alueille, jossa valkokatka-merivalkokatkapohjia esiintyi. Suurempi vaikutus luontotyyppiin on MVE1a:n toteuttamisella, sillä tällöin vaikutuksia kohdistuu enemmän kyseiseen luontotyyppiin. Valkokatkapohjien esiintymiseen liittyy kuitenkin epävarmuuksia, mutta liikkumiskykyisinä lajeina valkokatkat voivat siirtyä myös suotuisemmille alueille häiriön ilmetessä. Pohjaeläimistöön kohdistuva haitta on kokonaisuudessaan arvioitu vähäiseksi.

Monässundet (MVE2a ja MVE2b)

Vesipainepuhallettaessa pisimpään (3–7 päivää) kestävää pohjanläheistä (0–5 metriä merenpohjan yläpuolella) sameutta (10 mg/l) esiintyy kaukana rannikosta MVE2 varrella tuulivoimapuiston lähellä. Tällä alueella ei kuitenkaan esiinny kasvillisuutta, riuttoja, särkkiä, suojelualueita tai uhanalaisia valkokatka-merivalkokatkapohjia tai muuta huomionarvoista pohjaeläinlajistoa. Kaapelireitti kulkee Uudenkaarlepyyn saariston valtion muun suojelualueen (RSO100061, HSO100094) ja rantojensuojeluohjelma-alueen (RSO100061) läpi. Näillä alueilla sijaitsee eniten potentiaalisia riuttoja muuhun reittiin verrattuna. Uudenkaarlepyyn saariston Natura-alueelle (FI0800133) sameus ei juurikaan leviä. Suojelualueilla sameus kestää enimmillään seitsemän päivää. Rantakartoituksissa havaittiin, että MVE2a:n rantautumisalueella esiintyi avoimia näkinpartaispohjia, joissa näkinpartaisten peittävyys oli 80 %, kun se taas MVE2b:n rantautumisalueella oli 30 %. MVE2b:n rantautumisalueen pohjoispuolella havaittiin myös avoimia näkinpartaispohjia, jossa näkinpartaisten peittävyys oli 15 %. Lahdella avoimien näkinpartaispohjien kohdalla samentuma kestää mallinnuksen mukaan enimmillään noin 24 tuntia. Vaikutukset vedenalaiseen luontoon ovat vähäisemmät, jos rantautumisalueeksi valitaan MVE2b, jolloin vaikutusalue on rajatumpi eivätkä vaikutukset kohdistu yhtä paljon uhanalaisiin avoimiin näkinpartaispohjiin.

Ruoppaamalla ja läjittämällä sameusvaikutukset ovat runsaammat kuin vesipainepuhaltamalla. Ero on suurin rantautumisalueen lähellä. MVE2a varrella sameus (10 mg/l, 0–5 metriä

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

merenpohjan yläpuolella) voi mallinnuksen perusteella kestää jopa kaksi viikkoa. Tällä alueella esiintyi drop-video-kartoituksissa 100 % hiekkapohjaa, ja 0,1 %:n perittävyydellä vitaa/hauraa/hapsikkaa. Sedimentaation määrä suojelualueilla ja rantautumisalueiden lähellä on ruoppaamalla enimmillään noin 1 cm. MVE2:n ranta arvioitiin kartoituksen perusteella uhanalaisiksi avoimiksi näkinpartaispohjiksi, joten ruoppauksen aiheuttamat vaikutukset arvioitiin merkittäviksi.

Rantautumisvaihtoehdossa MVE2b yhdessä näytteessä (LSED-28 0-28 cm) on todettu PCDD/F-yhdisteistä määritysrajat ylittäviä pitoisuuksia. Normalisoidut pitoisuudet ovat tasolla 1C. Pitoisuustason 1C massa on sijoittavissa vain hyvälle läjityspaikalle. Kaapelireitin vesirakentamisella ei arvioitu olevan kuitenkaan pitkäaikaisia ekologisia vaikutuksia, sillä haitta-aineita arvioidaan esiintyvän hyvin pienialaisesti, ja ne ovat hyvin niukkaliukoisia (liite 6).

Nabba (MVE3)

Vesipainepuhallettaessa pisimpään (3–7 päivää) kestävää pohjanläheistä (0–5 metriä merenpohjan yläpuolella) sameutta (10 mg/l) esiintyy reitillä sijaitsevilla muutamalla riutalla kestäen 6–12 tuntia.

Ruoppaamalla ja läjittämällä samentuma- ja sedimentaatiovaikutukset olisivat suuremmat läjitysalueella, koska erityisesti massojen läjittäminen aiheuttaa samentumaa. Myös kaapeli-/vetyputkireittien varrella vaikutukset ovat hieman, mutta ei merkittävästi suurempia. Reitin varrella sijaitseva läjitysalue (alue 1) on kuitenkin läjitykseen sopimaton siellä vallitsevien virtausolosuhteiden vuoksi (liite 6). MVE3 ruoppausmassat tulisi siis joko kuljettaa eteläisimmille läjitysalueille (alue 2 ja 3), jotka soveltuvat läjitykseen paremmin tai kartoittaa pohjoisemmasta uusi alue. Läjitysalueesta 2 tarvitaan kuitenkin vielä lisätutkimuksia pohjaolosuhteista, joten kaikista parhaiten läjitykseen olemassa olevien tietojen perusteella soveltuu alue 3. Ruoppauksen ja läjityksen aiheuttamat sameus- ja sedimentaatiovaikutukset jäisivät tällöin vähäisemmiksi MVE3:n varrella kuin mallinnus antaa olettaa ja vastaisi todennäköisesti vesipainepuhalluksen aiheuttamaa samentuma ollen kuitenkin hieman tätä suurempia.

MVE3 rakentamisen aiheuttama sameus ja sedimentaatio ei mallinnuksen mukaan leviä reitin eteläpuolella sijaitseville Natura- ja luonnonsuojelualueille. Ne eivät myöskään ulotu näkinpartaisniityille, jotka sijaitsevat Fäbodan ja Pörkenäsin välillä. Sameus ja sedimentaatio voivat levitä rantautumisalueella sijaitsevaan rannikon laguuniin, jos rakentaminen tapahtuu sen lähistöllä. Rakentaminen suositellaan kohdistettavan rannikon laguunien pohjoispuolelle vaikutusten vähentämiseksi.

Pietarsaari (MVE4/VVE2, MVE5a/VVE3a, MVE5b/VVE3b)

Vesipainepuhallettaessa pisimpään kestävää pohjanläheistä (0–5 metriä merenpohjan yläpuolella) sameutta esiintyy MVE4/VVE2:n ja MVE5/VVE3 rantautumisalueen tuntumassa, jossa sijaitsee Luodon saariston Natura 2000 -alue, Luodon saariston EMMA-alue, Luodon saariston rantojensuojeluohjelma-alue sekä yksityinen luonnonsuojelualue. Enimmillään 10 mg/l suuruinen samentuma kestää 14 päivää, mutta näin pitkään kestävä samentuma ulottuu vain EMMA-alueelle. Muilla edellä mainituilla alueilla samentuma kestää enintään seitsemän päivää. Tällä alueella esiintyy riuttamallin mukaan riuttoja, joiden kohdalla 10 mg/l suuruinen samentuma kestää 7–14 päivää. Metsähallituksen biotooppikuvioiden mukaan lähistöllä esiintyy vedenalaisia hiekkasärkkiä, joiden alueelle leviää enintään kaksi päivää kestävää sameutta (10 mg/l). Lajistohavaintoja levistä ja vesikasveista ei VELMU-karttapalvelussa tältä alueelta paljon ole ja vuosien 2022 ja 2023 drop-video- ja rantakartoituksissa (*Vasama & Leinikki 2024,* liite 3*)* ei lajistoa valituilla tutkimuspisteillä havaittu. VELMUn luontotyyppimallien mukaan niillä alueilla, jossa samentuma kestää seitsemän päivää, voi esiintyä suojaisia näkinpartaispohjia, avoimia näkinpartaispohjia sekä haura- ja hapsikkapohjia. 100 mg/l suuruinen kiintoainepitoisuus kestää Ådön-saaren pohjoispuolella 2–7 päivää ja muualla Ådöfjärdenillä kaapelireittien varrella noin 1 km:n leveydellä 6–24 tuntia.

MVE5b/VVE3b:llä on vähäisemmät samentumavaikutukset kuin MVE5a/VVE3a:lla. Sameus (10 mg/l, 0–5 metriä merenpohjan yläpuolella) kestää tällöin Ådöfjärden-lahdella enintään seitsemän

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

päivää, kun se MVE5a/VVE3a:lla kestäisi enintään 14 päivää. Pitkäkestoinen sameus ei myöskään leviäisi yhtä laajalle.

Ruoppauksella ja läjityksellä MVE5a/VVE3a:n aiheuttama sameus (10 mg/l, 0–5 metriä merenpohjan yläpuolella) kestää mallinnuksen mukaan Ådöfjarden-lahdella jopa 14–28 päivää. MVE5b/VVE3b:llä samentuma kestäisi tällä alueella enintään seitsemän päivää. Runsas (100 mg/l) ruoppauksen ja läjityksen aiheuttama pohjanläheinen samentuma kestäisi MVE5a/VVE3a:lla enintään seitsemän päivää. MVE5a/VVE3a:lla 100 mg/l:n suuruinen samentuma kestää tätä lyhyemmän ajan.

Sedimentaatio on suurempaa ruopatessa ja läjittäessä kuin vesipainepuhaltamalla. Ådöfjärdenillä sedimentaation paksuus voi ruopatessa ja läjittäessä olla 2 cm. Alue on suojainen, joten sedimentaatio ei pääse virtausten ja aallokon mukana kulkeutumaan kasvien päältä helposti pois.

MVE4/VVE2- ja MVE5/VVE3-reiteillä rannikon läheisyydessä esiintyy laaja-alaisesti sekä tutkittuja haitta-aineita että eroosioherkkää sedimenttiä. Rannikon läheisyydessä on korkeimmillaan pitoisuustason 1C (PCDD/F) sedimenttejä huomioiden sedimentin eroosioherkkyys. Vastaavasti mm. tributyylitinaa ja öljyhiilivetyjä esiintyy pitoisuustasolla 1B. Valitsevana lajitteena on siltti, jossa savipitoisuus vaihtelee noin 8–20 % välillä. Kahdessa pisteessä (LSED-59 ja LSED-60) sedimentti luokitellaan silttiseksi liejuksi TOC-pitoisuuden perusteella. Kiintoaineksen leviämismallinnuksen perusteella rannan läheisyydessä vaikutukset ovat laaja-alaisempia ja osin pitkäkestoisempia kuin muilla kaapelireiteillä, mihin vaikuttanee merkittäviltä osin muista reiteistä poikkeava sedimentin laatu. Kauempana rannikosta (LSED-56 ja LSED-57) ei merkittäviä haitta-ainepitoisuuksia todettu. Vesirakentamisella kokonaisvaikutusten arvioidaan olevan voimakkaampia ja pitkäkestoisempia vesiympäristön eliöstöön kuin muilla reiteillä.

MVE4/VVE2-, MVE5a/VVE3a- ja MVE5b/VVE3b -reittien haitta-aineita sisältäviä läjitysmassoja ei voida läjittää tarkastelulle läjitysalueelle 1 siellä vallitsevien epäsuotuisien virtausolosuhteiden vuoksi ja alue on karsittu pois jatkosuunnittelusta. Nämä massat tulisi läjittää joko eteläisemmille läjitysalueille (alue 2 ja 3) tai selvittää pohjoisesta uusi hyvä läjitysalue.

Vesipainepuhalluksen vaikutusalue on kiintoaineksen leviämämallin perusteella pienempi ja sameuden nousu kestoltaan lyhytaikaisempi kuin vesipainepuhalluksen sekä ruoppauksen ja läjityksen yhdistelmä. Näin ollen myös vesipainepuhalluksen haitta-aineista johtuvat ekologiset vaikutukset arvioitiin vähäisemmiksi.

Kaikilla rakentamisvaihtoehdoilla ja kaapeli-/vetyputkireiteillä (MVE4/VVE2, MVE5a/VVE3a, MVE5b/VVE3b) sameus- ja sedimentaatiovaikutukset sekä haitta-aineiden leviäminen ulottuvat Natura 2000 -alueelle, luonnonsuojelualueille EMMA-alueelle sekä mallinnetuille riutoille. Pietarsaaren sataman edustan Gräggören-saaren länsipuollella esiintyy lisäksi uhanalaisia avoimia näkinpartaispohjia. MVE4/VVE2-, MVE5a/VVE3a- ja MVE5b/VVE3b-vaihtoehtojen reitit ovat herkkiä useiden eri luonnonsuojelualueiden sekä EMMA-alueen vuoksi, ja näiden varrella esiintyy runsaimmin sedimentin haitta-aineita. Myöskään kovin lähellä reittejä ei vielä ole osoitettu haitta-aineita sisältäville massoille soveltuvaa läjitysaluetta ja niiden läjittäminen vaatisi lisäselvitystä tai pitkiä kuljetusmatkoja.

MVE4/VVE2-, MVE5a/VVE3a- ja MVE5b/VVE3b -reittien rakentamisen aiheuttama sameus ja sedimentaatio ei mallinnuksen mukaan leviä reittien eteläpuolella, Fäbodan ja Pörkenäsin välillä, sijaitseville näkinpartaisniityille ja vedenalaisille hiekkasärkille. Sameus ei kuitenkaan leviä Hällanin länsipuolella sijaitsevalle lahdelle (Svartgrundetille) asti, joka on rannikon laguuni ja jossa Pietarsaaren kaupungin mukaan esiintyy näkinpartaisniittyjä. Hällanin rannikolla on havaintoja uhanalaisesta paunikosta ja suolayrtistä. Samentuma voi levitä mallinnuksen mukaan näille alueille kestäen enintään yhden päivän (Kuva 5-35). Samentuma voi myös levitä Sandgrundet- ja Rönnskäret-saarille, joissa on havaintoja uhanalaisesta suolayrtistä. Sandgrundetin havainnot eivät kuitenkaan sijaitse saaren rannalla, vaan keskellä saarta, jolloin samentuma ei niihin vaikuta. Rönnskäretin havainto sijaitsee rannalla.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

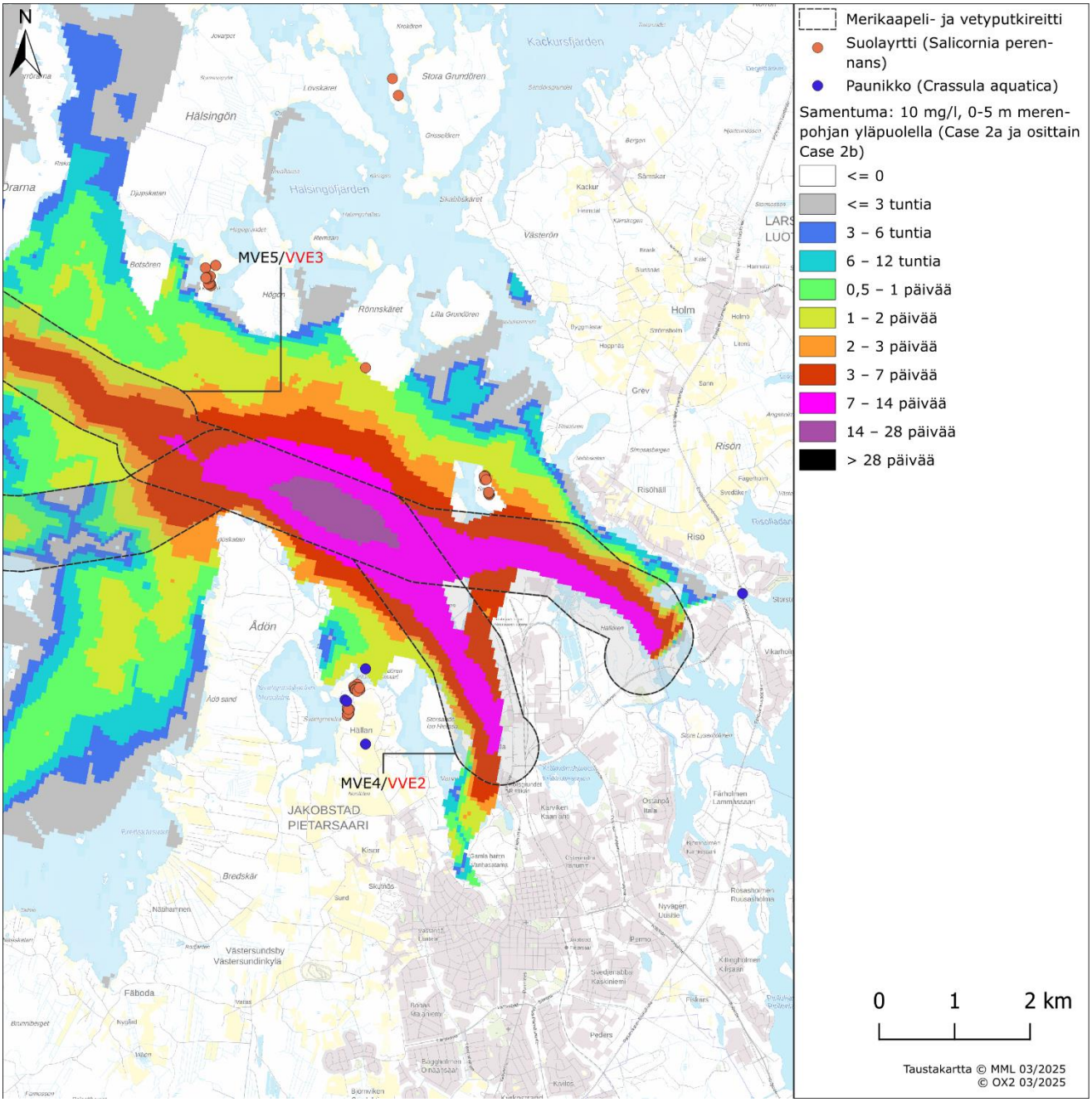
Pohjoisimmalla merikaapeli-/vetyputkireittien läjitysalueella (alue 1) on läjitykseen soveltumattomat virtausolosuhteet, joten pohjoisten reittien osalta tukeudutaan joko eteläisempiin kaapelireittien meriläjitysalueisiin tai kartoitetaan uusi soveltuva hyvä alue pohjoisten reittien läjitykseen vesilupavaiheessa.

Läjitysalue 2 soveltuu läjitykseen virtausten puolesta, mutta vaatisi tarkentavia sedimenttitutkimuksia. Samentuma on suurempaa, jos kaapelit/vetyputki rantautuu MVE1a- ja MVE2a -rantautumisalueille, sillä läjitettäviä massoja olisi tällöin enemmän. Samentuma kestää tällöin läjitysalueella kaksi viikkoa. Jos rantautuminen tapahtuu MVE1b- tai MVE2b -alueille, samentuma kestäisi läjitysalueella enintään yhden viikon. Läjitysalueen lähellä ei ole mallinnettuja riuttoja eikä samentuminen leviä sieltä suojelualueille. Sedimentaatio on läjitysalueella 2 enintään noin 4 cm, MVE1a- ja MVE2a -rantautumisalueiden toteutuessa, ja enintään 2 cm MVE1b- ja MVE2b -rantatutumisalueiden toteutuessa, eikä leviä kauas läjitysalueen ulkopuolelle.

Läjitysalue 3 soveltuu virtausolosuhteiden puolesta kaapelireittien massojen läjitykseen parhaiten. Läjitysalueelle sijoittuu kuitenkin mallinnettuja riuttoja. Läjitysalueen kaksi viikkoa kestävä sameus (10 mg/l 0–5 metrin syvyydellä) leviää laajemmalle alueelle kuin läjitysalueen 2 sameus ja kiintoaines leviää lisäksi mallinnetuille riutoille. MVE1b ja MVE2b -rantautumisalueiden toteutuessa läjitysalueen sedimentaatio on enintään 2 cm ulottuen läjitysalueen riutoille. MVE1a- ja MVE2a -rantautumisalueiden toteutuessa sedimentaatio on enintään 4 cm ulottuen mallinnetuille riutoille.

Jos merikaapelien/vetyputkien asennuksessa käytetään vesipainepuhallusta vaikutukset jäävät vähäisimmiksi kuin ruoppaamalla ja läjittämällä. Jos kuitenkin merikaapelit/vetyputki asennetaan ruoppaamalla ja läjittämällä niin kaapeli-/vetyputkireittien läjitysalueista paras olisi alustavasti alue 2 merikaapelireitin MVE2 varrella, jonne kaikkien reittien läjitysmassat voitaisiin läjittää (liite 4).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-35. Samentuma voi levitä paunikon esiintymisalueelle MVE4/VVE2- ja MVE5/VVE3- reittivaihtoehdoilla.

Vaikutukset merinisäkkäisiin

Vedenalaisen melun mallinnuksessa huomioitiin tämän YVA-selostuksen yhteydessä vain merituulivoimapuiston tuulivoimaloiden rakentamisen sekä hankkeeseen liittyvän laivaliikenteen melun leviäminen (*Niras 2023b*), eikä mallinnukseen sisältynyt energiansiirtoreittien rakentamisen melu (liite 7).

Merikaapelien/vetyputkien rakentamisen aikaiset merinisäkkäisiin kohdistuvat kielteiset vaikutukset arvioitiin jokseenkin vastaaviksi kuin merituulivoimapuiston rakentamisen aikaiset vaikutukset, mikäli rakentamiseen liittyy merenpohjan louhintoja, joista aiheutuu vedenalaista melua.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Meriläinen & Lindforsin (*2018*) mukaan vedenalaisen louhinnan melu on lyhytkestoista ja impulssimaista, mutta kuitenkin usein erittäin voimakasta ja laajakaistaista.

Ruoppauksen ja vesipainepuhalluksen melutasot ovat arviolta selkeästi alhaisemmat kuin louhinnan.

Vedenalainen louhinta ja räjäytykset voivat aiheuttaa pyöriäisille ja hylkeille haitallisia äänen-painetasoja. Muissa hankkeissa tehtyjen vedenalaisten mallinnusten sekä väyläviranomaiselle tehdyn selvityksen perusteella tilapäisen kuulonaleneman altistusetäisyys voi mallinnuksen mukaan olla vedenalaisessa louhinnassa pyöriäisellä ja hylkeellä noin 1,5 kilometriä ja pysyvän kuulonaleneman altistusetäisyys noin 0,5 kilometriä (*Meriläinen & Lindfors 2018*).

Melun etenemiseen vaikuttaa alueen vesisyvyys, veden suolapitoisuus ja lämpötila sekä näistä aiheutuva kerrostuneisuus. Lisäksi äänen taajuus sekä merenpohjan ja merenpinnan olosuhteet vaikuttavat äänen heijastumiseen ja absorboitumiseen. Melun haitallisuuteen vaikuttavat melun voimakkuuden lisäksi altistusaika, äänienergian jakautuminen eri taajuuksille, melun laatu sekä lajin yksilöllinen herkkyys melulle.

Pakenemisreaktion maksimietäisyydet vedenalaisessa räjäytyksessä voivat olla sekä pyöriäisellä että hylkeillä jopa noin 14 kilometriä. Keskimääräiset räjäytysmenetelmällä tehtävän louhinnan altistusetäisyydet ovat edellä mainittua pienempiä (*Meriläinen & Lindfors 2018*).

Kaiken kaikkiaan haitat merinisäkkäille rakentamisen aikana arvioitiin melko pieniksi, koska hankealueella on jo nykyisellään häiriötä ja vedenalaista melua aiheuttavaa toimintaa (esimerkiksi laivaliikennettä), eikä merinisäkkäitä todennäköisesti esiinny alueella kovin runsaasti. Väliaikaisen elinympäristön menetyksen kestoa ja käyttäytymiseen liittyvien välttämisreaktioiden pysyvyyttä pidetään kuitenkin merinisäkkäiden osalta lyhytaikaisena, koska hylkeet voivat palata alueelle merikaapeleiden/vetyputkien asennuksen jälkeen.

Mikäli reittien rakentamiseen liittyisi vedenalaisia räjäytyksiä, tulee niiden osalta tehdä tarkempi suunnittelu ja tarvittaessa mallinnus vesilupavaiheessa. Jatkosuunnittelussa tulee varmistaa soveltuvilla karkottimilla merinisäkkäiden siirtyminen riittävän etäälle työkohteesta. Myös kovinta melua aiheuttavien työvaiheiden yhteydessä tulisi käyttää soveltuvia äänen vaimentamisen menetelmiä kuten kuplaverhoja, joilla voidaan tehokkaasti vaimentaa vedenalaisen melun leviämistä ja näin saada vaikutuksia vähäisemmiksi. Rakentamisen aikaiset vaikutukset ovat luonteeltaan väliaikaisia ja tilapäisiä, joskin ne tulevat arvion mukaan kestämään useamman avovesikauden.

Rakentamiseen liittyvällä laivamelulla on todennäköisesti vaikutusta hylkeisiin ja niiden käyttäytymiseen energiansiirtoreittien varrella. Se voi esimerkiksi aiheuttaa muutoksia niiden ravinnonhankintamallissa alusten läheisyydessä (*Richardson ym. 1995, Wisniewska ym. 2016*).

Hylkeiden herkkyys laivamelulle arvioitiin kuitenkin pieneksi, koska vaikutus käyttäytymiseen on rajallinen ja hyvin lyhytkestoinen. Välttämisreaktiota odotetaan vain alusten välittömässä läheisyydessä. Laivamelun vaikutuksen suuruus ja laajuus arvioitiin siksi pieneksi negatiiviseksi. Vaikutuksen tarkastelussa on huomioitava myös, että hankealue rajoittuu Pohjanlahden päälaivaliikenneväyliin ja on päällekkäinen niiden kanssa. Rakentamiseen ja toiminnan ajan kunnossapitoon liittyvän laivaliikenteen lisävaikutus jää näin ollen vaatimattomaksi. Kaiken kaikkiaan laivoista aiheutuvan vedenalaisen melun seuraukset hylkeille Laineen merituulivoimapuiston hankealueella arvioitiin vähäisiksi, eikä melu vaikuta kantoihin lyhyellä tai pitkällä aikavälillä. (*Niras 2023b*, liite 7)

Rakentamiseen liittyvän lisääntyneen proomuliikenteen vaikutukset vedenalaiseen luontoon energiansiirtoreiteillä

Alusten potkurivirrat voivat aiheuttaa jatkuvaa samentumista (*Koponen & Virtanen 1995, VTT 1996, Oulasvirta & Leinikki 2003*) ja pohjan eroosiota (*Rytkönen ym. 2000*) vilkkaasti liikennöidyillä väylillä sekä satamien lähellä. Rakentamiseen liittyvä lisääntyvä laivaliikenne voi matalilla väylillä ja niiden läheisillä rakentamiskohteilla pitää osaltaan yllä veden samennusta potkurivirtojen sekoittaessa pohjalietettä veteen. Edellä mainittu vaikutus on todennäköisesti havaittavissa

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

ainoastaan matalimmissa osissa energiansiirtoreittejä. Suurin osa rakentamiskohteista tulee kuitenkin sijaitsevaan niin syvällä (yli 10 metrin syvyydessä), ettei ole oletettavaa, että laivaliikenteen vuoksi aiheutuisi merkittävää pohjasedimentin turbaatiota. Näin ollen ei ole oletettavaa, että rakentamisen aikana aiheutuisi merkittäviä vaikutuksia pohjasedimentin sekoittumisen kautta. On otettava huomioon, että myös kovat tuulet voivat sekoittaa pohjasedimenttiä matalilla alueilla ajoittain, minkä vuoksi pohjasedimenttiä ei voida pitää täysin stabiilina ilman laivaliikennettäkään. On myös otettava huomioon, että energiansiirtoreitteihin liittyvä rakentaminen kestää tietyllä kohdalla vain lyhyen aikaa ja näin ollen myös potkurivirtojen pohjaa sekoittava vaikutus kestää yhdellä alueella vain rajallisen ajan. Samoin rakentamiseen liittyvän meriliikenteen häiriövaikutus mm. melun osalta kestää tietyllä alueella vain lyhyen aikaa, eikä näin ollen ole sitä kautta merkittäviä kielteisiä vaikutuksia odotettavissa mm. merinisäkkäisiin ja muuhun meriympäristöön liittyen.

Yhteenveto energiansiirtoreittien rakentamisenaikaisista vaikutuksista

Kiintoaineen leviämismallinnuksen perusteella pienimmät ruoppauksen aiheuttamat vaikutukset ranta-alueella ovat havaittavissa kaapelireiteillä MVE2a ja MVE3, mihin vaikuttanee suurelta osin sedimentin vallitseva raekoko, joka on hiekka. Hiekka laskeutuu nopeammin ja kulkeutuminen on vähäisempää kuin hienoaineksella. Näin ollen pienimmät vaikutukset itse veden sameudesta alueen eliöstöön arvioitiin olevan kaapelireittien MVE2a ja MVE3 vesirakentamisella. MVE3 on kuitenkin suotuisampi vaihtoehto verrattuna MVE2:een sillä MVE3:n varrella ei sijaitse luonnonsuojelualueita. Lisäksi MVE3:n samentuma- ja sedimentaatiovaikutukset ovat mallinnuksen mukaan pienemmät kuin MVE2:n sekä vesipainepuhaltamalla että ruoppaamalla ja läjittämällä. MVE3:n kaapelien rantautumisalueella sijaitsee kuitenkin rannikon laguuni, jonne samentuma voi levitä, jos rakentaminen tapahtuu laguunin lähellä. Rannikon laguunin lähistöllä rakentamista tulee välttää. MVE3:n rannat arvioitiin kartoituksissa avoimiksi näkinpartaispohjiksi kuten myös MVE2:n rannat. MVE3 nähdään silti parhaimpana vaihtoehtona energiansiirtoreitille.

5.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset

Tuulivoimapuiston alueella pohjan muokkaukset ja rakenteet aiheuttavat muutoksia paikallisiin virtausolosuhteisiin. Voimalat myös muuttavat tuulikenttää alueella, mikä vaikuttaa edelleen virtauksiin ja veden sekoittumiseen laajemmalla alueella.

Lisäksi merituulivoimalat aiheuttavat vedenalaista melua. Merituulivoimaloiden aiheuttama vedenalainen melu tulee pääasiassa kahdesta lähteestä: koneiston (vaihteiston jne.) mekaanisesta tärinästä, joka välittyy tornia pitkin ja säteilee edelleen ympäröivään veteen; ja tuulivoimapuiston huoltoveneiden aiheuttamasta vedenalaisesta melusta.

Tuulivoimapuiston toiminnanaikaisten vaikutusten selvittämiseksi tehtiin vesistömallinnus, jossa huomioitiin fyysisen ympäristön muutokset (voimalarakenteet ja ruoppaukset), tuulivoimapuiston aiheuttama tuulikentän muutos sekä vedyntuotannon aiheuttama lämpö- ja suolakuorma. Mallinnus on YVA-selostuksen liitteenä 2 (*Niras 2023a, täydennetty 2024*). Lisäksi Niras (*2023b*) mallinsi vedenalaisen melun leviämistä toiminnan aikana (liite 7).

Mahdolliseen vedyn tuotantoon tarvitaan merivettä ja jäähdytystä, mistä aiheutuu lämpö- ja suolakuormaa veteen. Lämpötilan ja suolaisuuden muutoksia arvioitiin vedenlaatumallinnuksen yhteydessä (*Niras 2023a, täydennetty 2024*).

Muut käytön aikaiset vaikutukset liittyvät lähinnä korjaustöihin ja mahdollisiin häiriötilanteisiin.

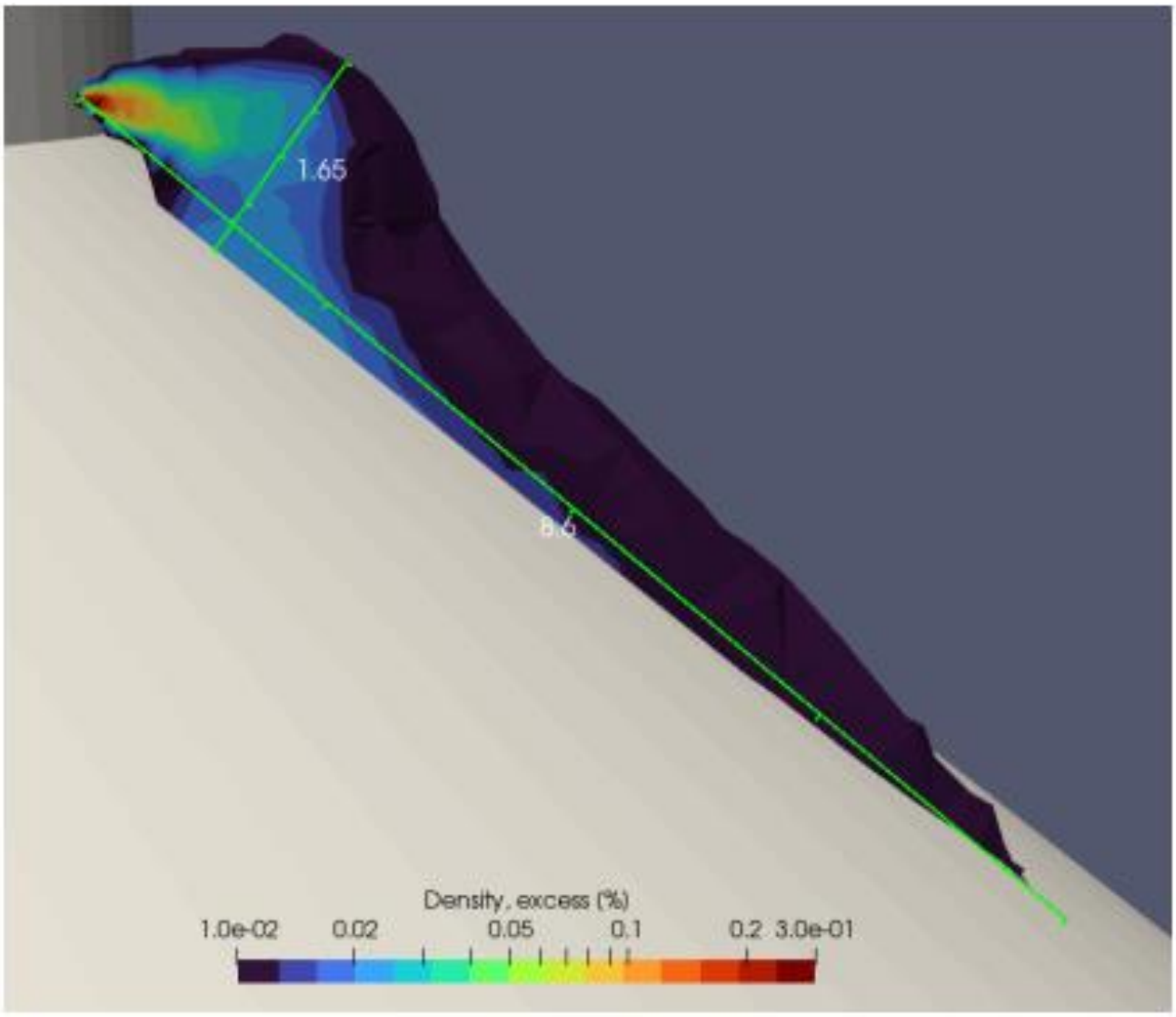
5.3.2.1 Merituulivoimapuisto

Vedyn tuotannon vaikutukset

Vetyä on tarkoitus tuottaa joko hajautetusti jokaisessa voimalassa tai keskitetysti 3–8 merisähköaseman yhteydessä. Hajautetun vedyntuotannon mallinnustulokset osoittavat elektrolyyseristä vapautuvan lämpimän ja suolapitoisen veden aiheuttavan voimalan läheisyyteen plyymin, jonka

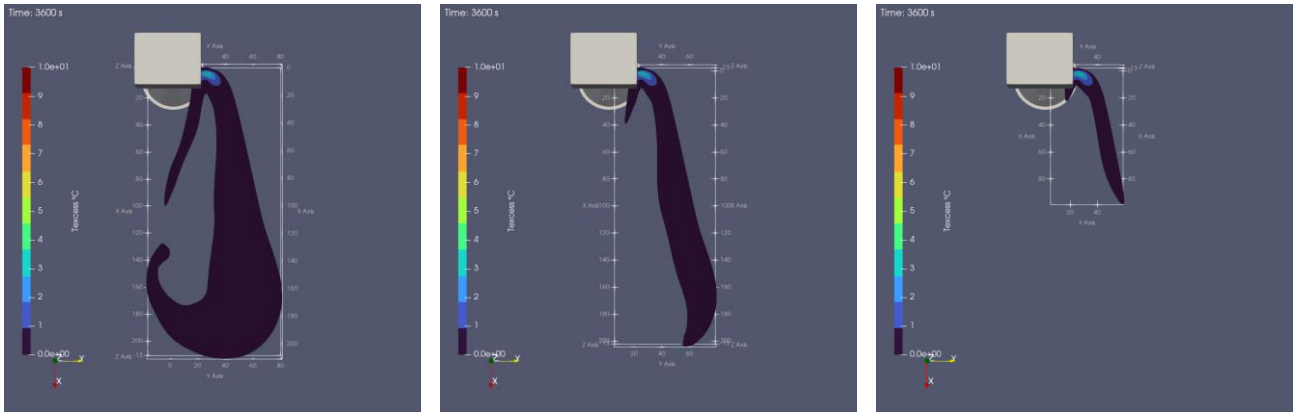
Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

laajuus on noin 8 metriä ja tiheyden kasvu 1 % (Kuva 5-36). Suolapitoisuuden muutos on luokkaa 0,1 PSU, mikä on merkityksetön luontaiseen vaihteluun verrattuna. Vaihtoehtojen VE1 ja VE2 välillä ei ole tämän suhteen merkittävää eroa. Mahdollisen keskitetyn vedyntuotannon tapauksessa vaikutus alusveden lämpötilaan ja suolaisuuteen olisi suurempi, mutta mallinnuksen mukaan plyymi laimenee kuitenkin nopeasti 0,25–0,5 %:iin alle 100 metrin matkalla. Laimentuminen 0,1 %:iin ja alle 1 °C:n lämpötilanousuun tapahtuu noin 200 metrin matkalla tilanteessa, jossa vedyntuotanto on jaettu kolmelle tuotantoasemalle (Kuva 5-37 ja Kuva 5-38) (liite 2). Kerrostuneessa tilanteessa vedenotto on oletettu termokliinin alapuolelle ja purku yläpuolella, jolloin plyymi sekoittuu ja jäähtyy nopeasti (Kuva 5-38). Kerrostuneessa tilanteessa aiheutuu vain vähäistä häiriötä termokliiniin. Keskitetyn vedyntuotannonkin tapauksessa vaikutus jäisi siten edelleen hyvin rajatulle alueelle merituulivoimapuiston sisälle. Vedyntuotannon mallinnus tehtiin konservatiivisesti vakioiduissa olosuhteissa, kun luonnossa esimerkiksi virtaussuunnat vaihtelevat.

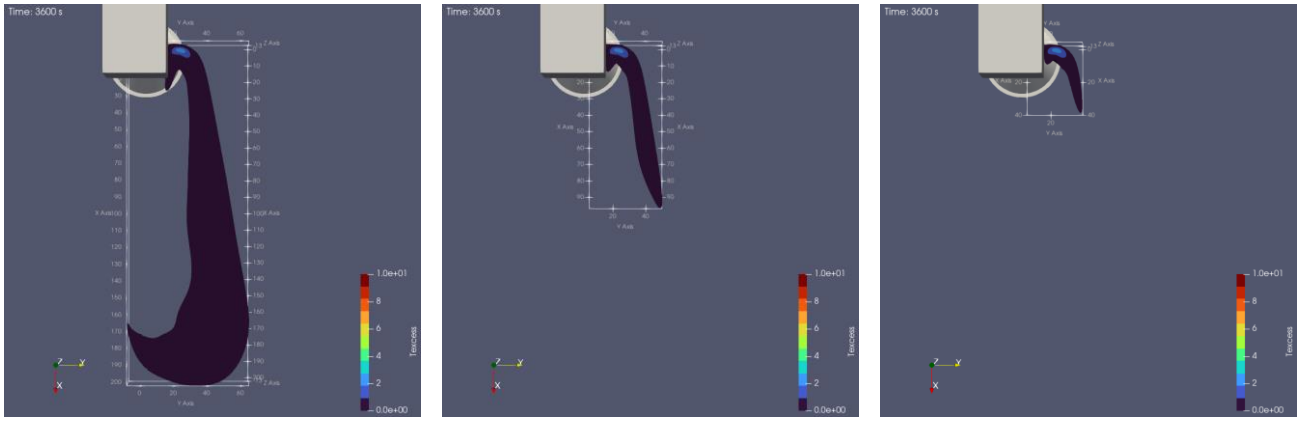


Kuva 5-36. Elektrolyyserin aiheuttaman lämpimän ja suolapitoisen vesiplyymin poikkileikkaus tuulivoimalan perustuksen myötäisesti (hajautettu vedyntuotanto). Selite: Density = tiheys, excess =arvo ylittää tietyn % osuuden. (Niras 2023a, liite 2).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-37. Hyvin sekoittunut tilanne: keskitetyn vedyntuotannon aiheuttama lämpimän ja suolapitoisen vesiplyymin laajuus 1 tunnin kuluttua eri laimennusasteilla (vasemmalta oikealle 0,1 %, 0,25 % ja 0,5 %), Näkymä ylhäältä virtausta vasten. Akselien yksiköt ovat metreinä. (liite 2, Niras 2023a täydennetty 2024, tarkemmat kuvat liitteessä).



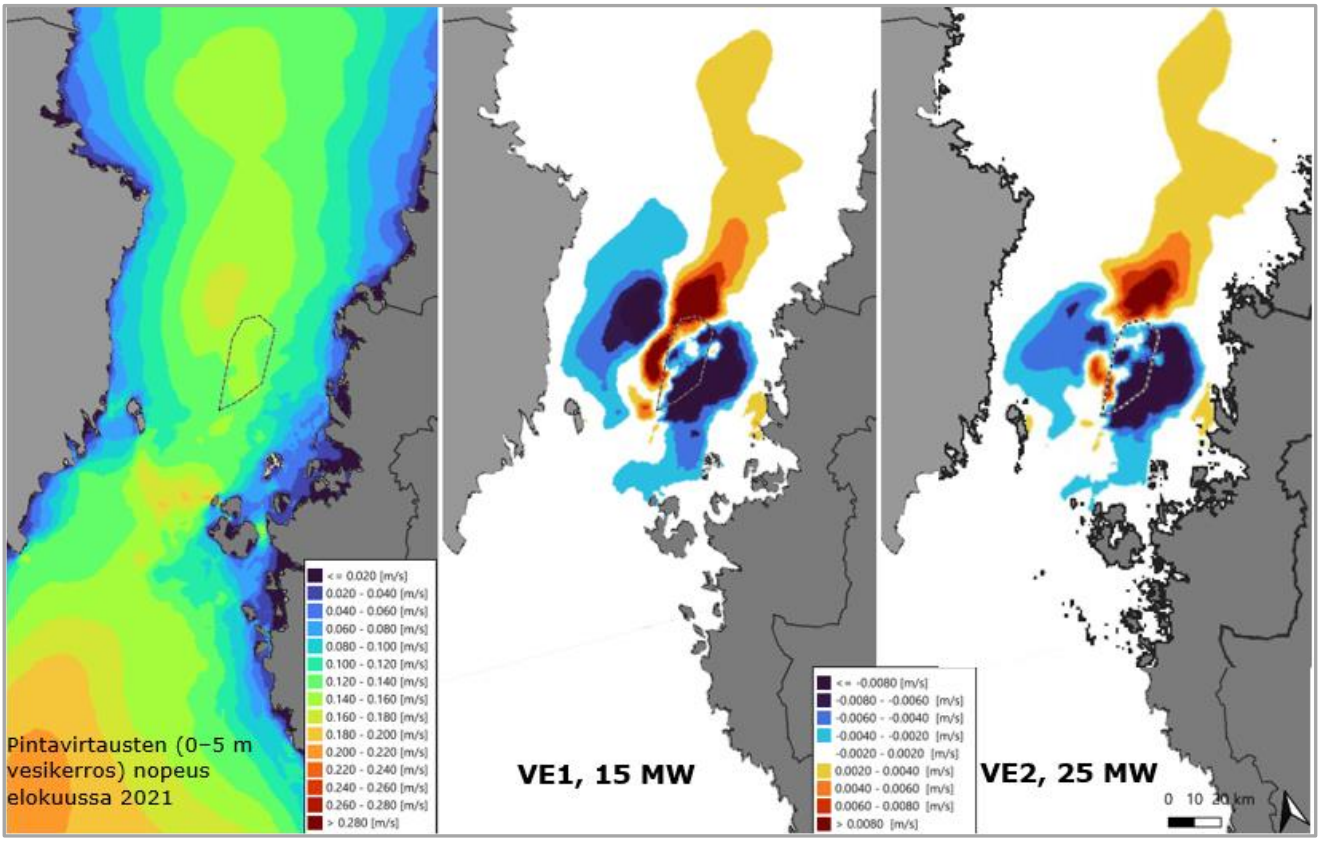
Kuva 5-38. Kerrostunut tilanne: keskitetyn vedyntuotannon aiheuttama lämpimän ja suolapitoisen vesiplyymin laajuus 1 tunnin kuluttua eri laimennusasteilla (vasemmalta oikealle 0,1 %, 0,25 % ja 0,5 %), Näkymä ylhäältä virtausta vasten. Akselien yksiköt ovat metreinä. (liite 2, Niras 2023a täydennetty 2024, tarkemmat kuvat liitteessä).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Vaikutukset virtauksiin, lämpötilaan ja suolaisuuteen

Merituulivoimapuiston ennustettu vaikutus keskimääräisiin tuulennopeuksiin on arvioitu olevan vuositasolla noin 0,1 m/s 30 kilometriä alueen etelä- ja pohjoispuolella sekä noin 10 km itä- ja länsipuolella. Vaikutus on saman tasoinen molemmissa vaihtoehdoissa VE1 ja VE2. Vaikka vaihtoehdossa VE2 on vähemmän voimaloita, ovat ne suurempia ja aiheuttavat voimakkaamman yksittäisen vaikutuksen tuuleen. Tuulimuutoksella on vaikutusta myös merialueen virtauksiin, sillä etenkin avovesikaudella tuuli on merkittävin pintavirtauksiin vaikuttava tekijä. Myös tuulivoimapuiston rakenteet estävät paikallisesti virtauksia.

Mallinnuksen mukaan tuulivoimapuisto pienentää pintavirtauksia alueella vuositasolla keskimäärin noin 15 % (noin 1,5 cm/s). Samalla syvemmissä vesikerroksissa virtaukset kiihtyvät hieman, keskimäärin 0,5 cm/s. Vaikutus vaihtelee vuoden aikana ja kesällä kesäkuusta elokuuhun pintavirtaus mallin mukaan kiihtyy. Virtausmuutosten vaikutusalue ulottuu mallin mukaan yleensä noin 30–40 kilometrin päähän tuulivoimapuistosta, mutta elokuussa enimmillään yli 100 km päähän (Kuva 5-39). Vaihtoehdossa VE2 virtausmuutosten vaikutusalue jää jonkin verran pienemmäksi verrattuna vaihtoehtoon VE1. Enimmillään virtausnopeuden muutoksen kuukausikeskiarvo voi mallinnuksen mukaan olla paikoin 4–5 cm/s. Vaikka virtausnopeuden muutokset voivat olla suhteellisesti suuriakin, vaihtelevat virtaukset merialueella luonnollisesti pääasiassa tuulien mukaan ja maksiminopeudet ovat joitakin kymmeniä cm/s.

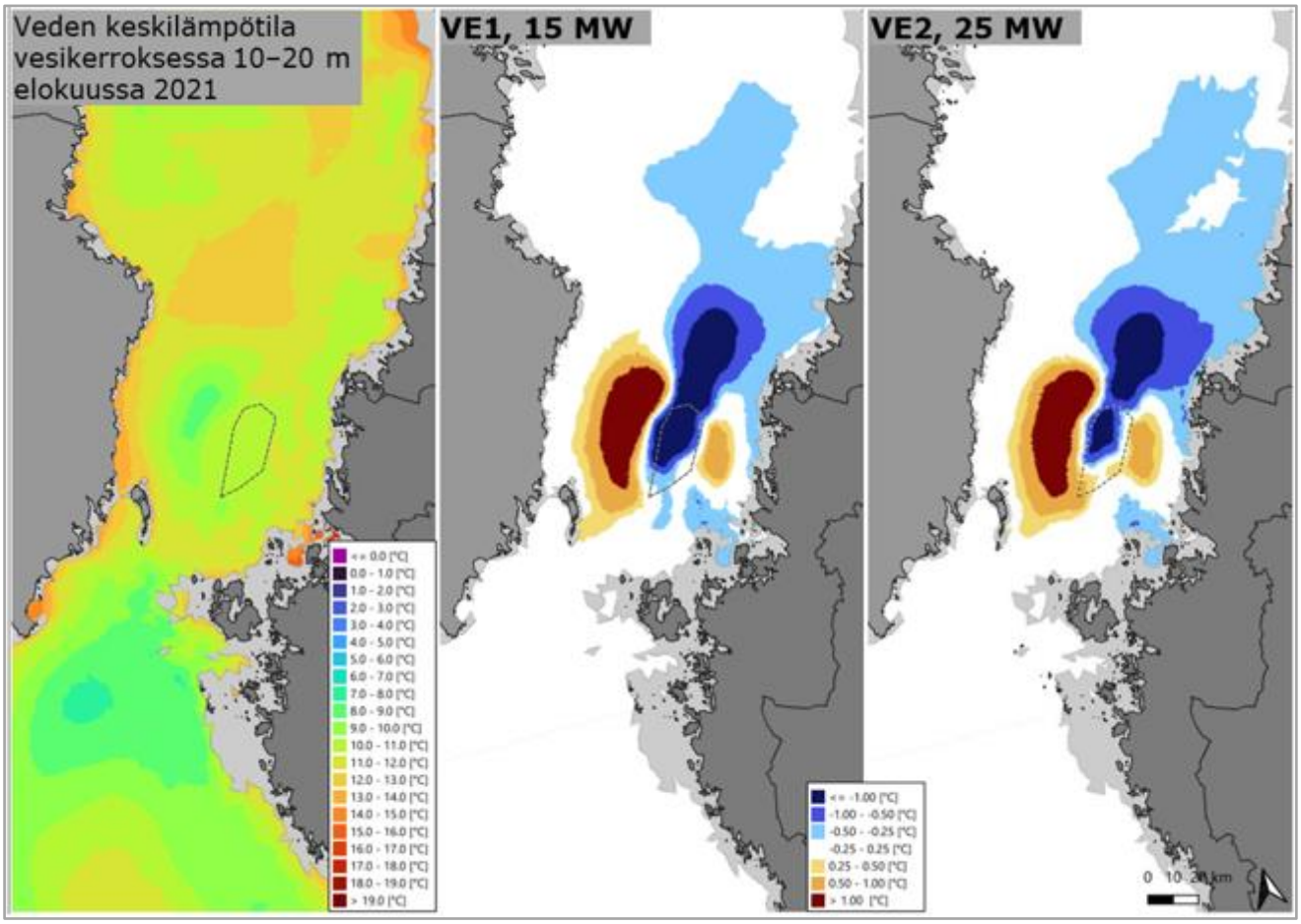


Kuva 5-39. Elokuun keskimääräinen virtausnopeus 0–5 m vesikerroksessa (vasen paneeli). Keskellä 15 MW:n (VE1) ja oikealla 25 MW (VE2) tuulivoimapuistovaihtoehdoista aiheutuva virtausnopeuden (m/s) muutos elokuussa, joka kuvaa laajimman vaikutuksen tilannetta. (Niras 2023a, täydennetty 2024). Kuvassa tummimpana esitetyn alueen sisällä virtausmuutos enimmillään 2 cm/s.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

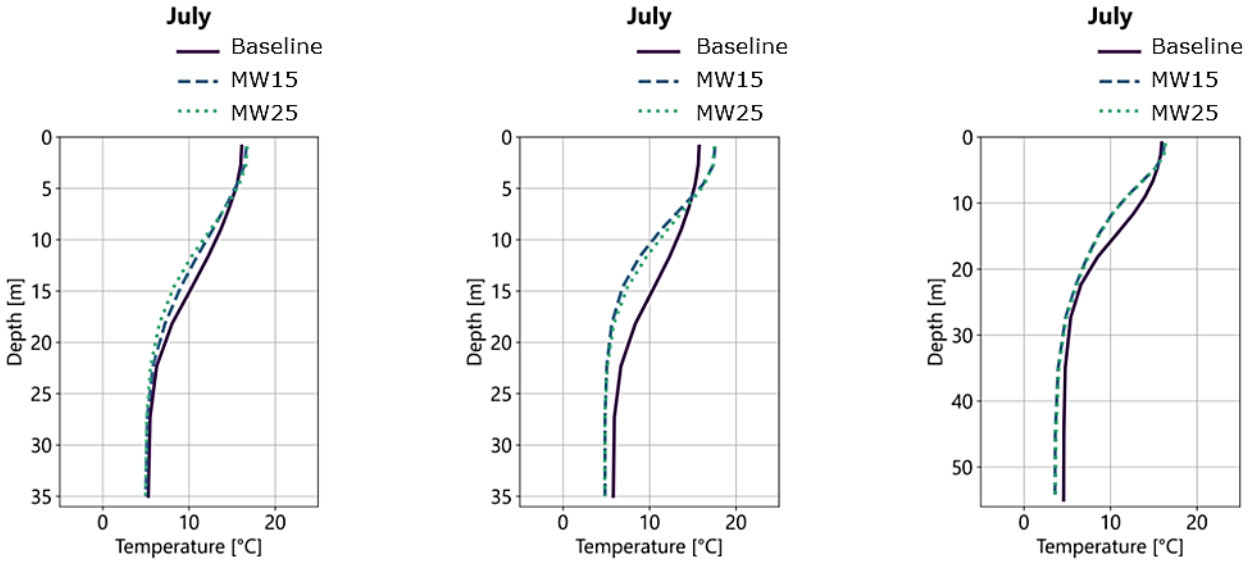
Virtausmuutokset vaikuttavat myös veden lämpötilaan, kerrostumiseen ja sekoittumiseen ja sitä kautta voivat vaikuttaa myös vedenlaatuun ja eliöstöön. Lämpötilamallinnuksessa on lisäksi huomioitu hajautettu vedyn tuotanto, jonka vaikutukset jäävät kuitenkin hyvin paikallisiksi edellä kuvatun mukaisesti. Mallinnuksen (*Niras 2023a*, liite 2) mukaan vedyn tuotannossa muodostuva purkuvesi lämpenee 15 °C, mutta purkuvesimäärä on kuitenkin vain muutamia litroja sekunnissa.

Merituulivoimapuiston vaikutus veden vuoden keskilämpötilaan on pääosin noin ±0,5°C, mutta 10–20 metrin syvyydessä hieman suurempi, noin ±1,0°C. Tuulivoimapuiston alueella veden pintalämpötila keskimäärin lämpenee, mutta jäähtyy syvemmällä ja viilentävä vaikutus ulottuu enimmillään elokuussa jopa 130 kilometriä puistosta pohjoiseen (Kuva 5-40). Tuulivoimapuiston länsipuolella vesi keskimäärin lämpenee syvemmällä ja enimmillään vaikutus ulottuu elokuussa lähelle Ruotsin rannikkoa. Mallinnuksen mukaan vähentyneestä sekoittumisesta aiheutuva syvempien vesikerrosten viileneminen tuulivoimapuiston alueella heinä-syyskuussa aiheuttaa termokliinin muodostumista aiempaa ylemmäs vesipatsaassa. Kuvassa 5-41 on esitetty mallinnettu termokliinin muutos tuulivoimapuistoalueen keskellä sekä pohjois- ja eteläpuolilla. Termokliinin nousun arvioidaan vaikuttavan voimakkaimmin tuulivoimapuiston alueella ja sen ulkopuolella pohjois-eteläsuunnassa vaikutus on lievempi. Vastaavasti tuulivoimapuiston länsipuolelle aiheutuu todennäköisesti lievää termokliiniä laskevaa vaikutusta. Mallinnuksen mukaan kesäajan kerrostuneisuus purkautuu normaalisti syyskuussa.



Kuva 5-40. Veden keskilämpötila 10–20 m vesikerroksessa. Keskellä 15 MW:n (VE1) ja oikealla 25 MW:n (VE2) merituulivoimapuistovaihtoehdoista aiheutuva keskimääräinen lämpötilan muutos laajimmillaan elokuussa (Niras 2023a, täydennetty 2024, liite 2).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-41. Vesipatsaan lämpötilaprofiilit merituulivoimapuiston pohjoispuolella (vasen kuva), keskellä (keskimmäinen kuva) ja eteläpuolella (oikea kuva) nykytilanteessa (baseline) 2021 sekä tuulivoimapuiston vaihtoehdoissa 15 MW (VE1) ja 25 MW (VE2). (Niras 2023a, täydennetty 2024).

Merituulivoimapuiston aiheuttamat muutokset veden sekoittumisessa vaikuttavat myös veden suolapitoisuuksiin. Lisäksi myös vedyn tuotannosta vapautuva suolaisempi vesi vaikuttaa merituulivoimaloiden lähellä. Mallinnuksen (*Niras 2023a,* liite 2) mukaan vedyn tuotannossa muodostuvan purkuveden suolaisuuden arvioitiin noin kaksinkertaistuvan tasolta 2,5 tasolle 5 PSU, mutta purkuvesimäärä on kuitenkin vain muutamia litroja sekunnissa.

Mallinnuksen perusteella sekoittumisen vähentyminen ja vedyn tuotanto lisäävät keskimäärin veden suolaisuutta hieman välivesikerroksissa (10–20 m). Pinnan suolaisuus vastaavasti keskimäärin hieman (0,05 PSU) vähenee. Kuukausittain tilanne vaihtelee, mutta suolapitoisuuden muutos jää pääosin hyvin vähäiseksi, noin ±0,1 PSU ja ajoittain vain hyvin paikallisesti 0,1–0,25 PSU. Saliniteetin luontaiseen vaihteluun nähden muutokset ovat vähäisiä, enimmilläänkin suolaisuuden muutos 0,25 PSU on alle 10 % Merenkurkun suolapitoisuudesta, joka vaihtelee rannikon läheltä ulkoalueille noin tasolla 3–6 PSU.

Merituulivoimapuiston aiheuttamasta tuulimuutoksesta sekä mahdollisesta vedyn tuotannosta arvioidaan aiheutuvan vain vähäisiä vaikutuksia merialueen veden laatuun. Termokliinin muutoksen ei arvioida vaikuttavan merkittävästi alusveden muuhun laatuun kuten happitilanteeseen johtuen alueen pohjien lähtökohtaisesti hyvästä happitilanteesta. Muutos myös lisää alusveden määrää ja voi vaikuttaa joidenkin alueen matalimpien (noin 20 m) pohjien lämpötilaan muutamia asteita.

Vaikutukset jääpeitteeseen

Merituulivoimapuistojen vaikutuksesta jääpeitteeseen ei ole juurikaan tutkimustietoa (*Valtioneuvosto 2024*). Jääpeitteen vuosittaiset vaihtelut ovat myös luontaisesti suuria, mikä vaikeuttaa arviointia. Erilaisissa skenaarioissa merituulivoimapuisto voi joko murtaa liikkuvaa jääkenttää tai pysäyttää sen liikettä.

Merituulivoimalat lisäävät yleisesti jääkentän pidäkevoimia tuulivoimapuiston alueella ja jääkentän liikkeelle lähtö edellyttää siten suurempaa tuulen ja veden virtausten kitkavoimaa kuin ilman voimalarakenteita. Toisaalta voimaloiden tärinä myös rikkoo jäätä voimaloiden ympärillä. Jäiden murtuminen voimaloita vasten jarruttaa jään liikettä ja jäätä voi myös kasaantua ja juuttua tuulivoimala-alueelle aiheuttaen jäävalleja ja puristusta jääkenttään. Merituulivoimapuisto pyritään

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

suunnittelemaan siten, että jäävoimien vaikutus voimaloihin jäisi mahdollisimman vähäiseksi. Jäävoimien vaikutusta merituulivoimaloihin voidaan vähentää erityisillä rakenteilla, jotka päätetään vasta myöhemmässä suunnittelussa.

Tuulivoimaloiden aiheuttama tuulimuutos vaikuttaa laajemmin merialueen virtauksiin, aallokkoon ja sekoittumiseen, millä on vaikutusta myös veden lämpötilaan kuten edellisessä kappaleessa on kuvattu. Mallinnuksen mukaan toisaalla merialueella pintakerroksen lämpötilat hieman nousevat ja toisaalla laskevat. Tuulimuutoksen aiheuttamat lämpötilavaikutukset ovat pääosin lieviä jääden kuukausitasolla alle yhden asteen, muutos voi kuitenkin viivyttää toisaalla ja edistää toisaalla jäänmuodostusta. Vedyntuotannon vaikutukset veden lämpötilaan jäisivät mallinnuksen perusteella hyvin vähäisiksi.

Merituulivoimapuisto vaikuttaa alueellisesti merialueen jääpeitteisyyteen ja sen kestoon, mutta vaikutusten voimakkuus ja laajuus todennäköisesti vaihtelee vuosittain sääoloista riippuen. Yksittäisten voimaloiden pitkä välimatka (noin 1,5–2 kilometriä) osaltaan lieventää jääpeitteeseen kohdistuvia vaikutuksia. Vaikutuksia jääoloihin on kuvattu myös liikennettä käsittelevässä luvussa 14.3.2.1.

Mahdolliset haitta-aineet

Merituulivoimapuiston toimintaan liittyvät merkittävimmät kemikaalit ovat muuntajissa ja voimaloissa olevat öljyt ja jäähdytysnesteet. Tuulivoimaloissa on keruualtaat, joilla estetään kemikaalien pääsy ympäristöön mahdollisen vuodon sattuessa. Merituulivoimaloista tai niiden perustuksista voi vähäisissä määrin liueta vesistöön haitallisia aineita tai irrota mikromuoveja (esim. bisfenoli A (BPA)) (*Tuulivoimayhdistys ry 2024*). Tuulivoimalat on suunniteltu kestämään niihin kohdistuvat luonnonolosuhteet ja lavat ne on päällystetty erittäin kulutuksenkestävällä polyuretaanimateriaalilla. Lapojen kärkialueen johtoreunalta päällimmäisestä maalikerroksesta voi irrota hyvin pieniä määriä pölymäistä inerttiä materiaalia voimaloiden lähialueelle, jossa se pääosin painuu pohjaan ja mineralisoituu (aiheesta tarkemmin luvussa 7).

Vaikutukset luontotyyppeihin, vesikasvillisuuteen ja pohjaeliöstöön

Merituulivoimaloiden perustukset sekä mahdolliset kaapelien suojaukset (lohkareet) voivat luoda uusia kasvualustoja kovien pohjien lajeille. Näiden uusien elinympäristöjen täydellinen asuttaminen voi kuitenkin kestää useita vuosia, mikä on havaittu myös Tahkoluodon nykyisen merituulivoimapuiston alueella tehdyissä tutkimuksissa (*KVVY Tutkimus Oy 2020a*).

Lajien kiinnittymiskyky kuitenkin vaihtelee perustustyypistä riippuen. VELMU-hankkeen kartoitustietojen (*KVVY Tutkimus Oy 2020a*) perusteella merituulivoimaloiden perustusten vedenalaiset kaltevat tai pystysuorat pinnat eivät täysimääräisesti sovellu Suomessa esiintyville, pinnoille kiinnittyville lajeille eivätkä tuulivoimaloiden ympärille kasatut räjäytys-louhitut kivenlohkareet korvaa matalampia riutta-alueita, koska perustusten eroosiosuojaus sijaitsee pääsääntöisesti liian syvällä makroleville. Vesiselkärangattomien lajimäärän on silti todettu kasvaneen merituulivoimapuistoalueilla (*Linley ym. 2007)* mutta todennäköisesti näin ei käy Suomen olosuhteissa eikä etenkään syvemmillä merialueilla, jossa lajimäärä on jo luonnostaan hyvin vähäinen eikä kiinnittyviä lajeja juuri esiinny. Esiintyvistä lajeista esimerkiksi murtovesisieni ja polyypit voisivat mahdollisesti hyötyä uusista pinnoista, joita perustuksista ja kaapeleista syntyy. Lisäksi on otettava huomioon, että Laineen hankealueella talviset jääolosuhteet aiheuttavat pintojen raapimista eliöstöstä puhtaaksi ja voidaan olettaa, että ainakin aika-ajoin perustusten pinnalle mahdollisesti kiinnittynyt lajisto tulee kärsimään jäästä johtuvasta eroosiosta, mutta tämä koskee lähinnä lähellä pintaa sijaitsevia perustusten osia.

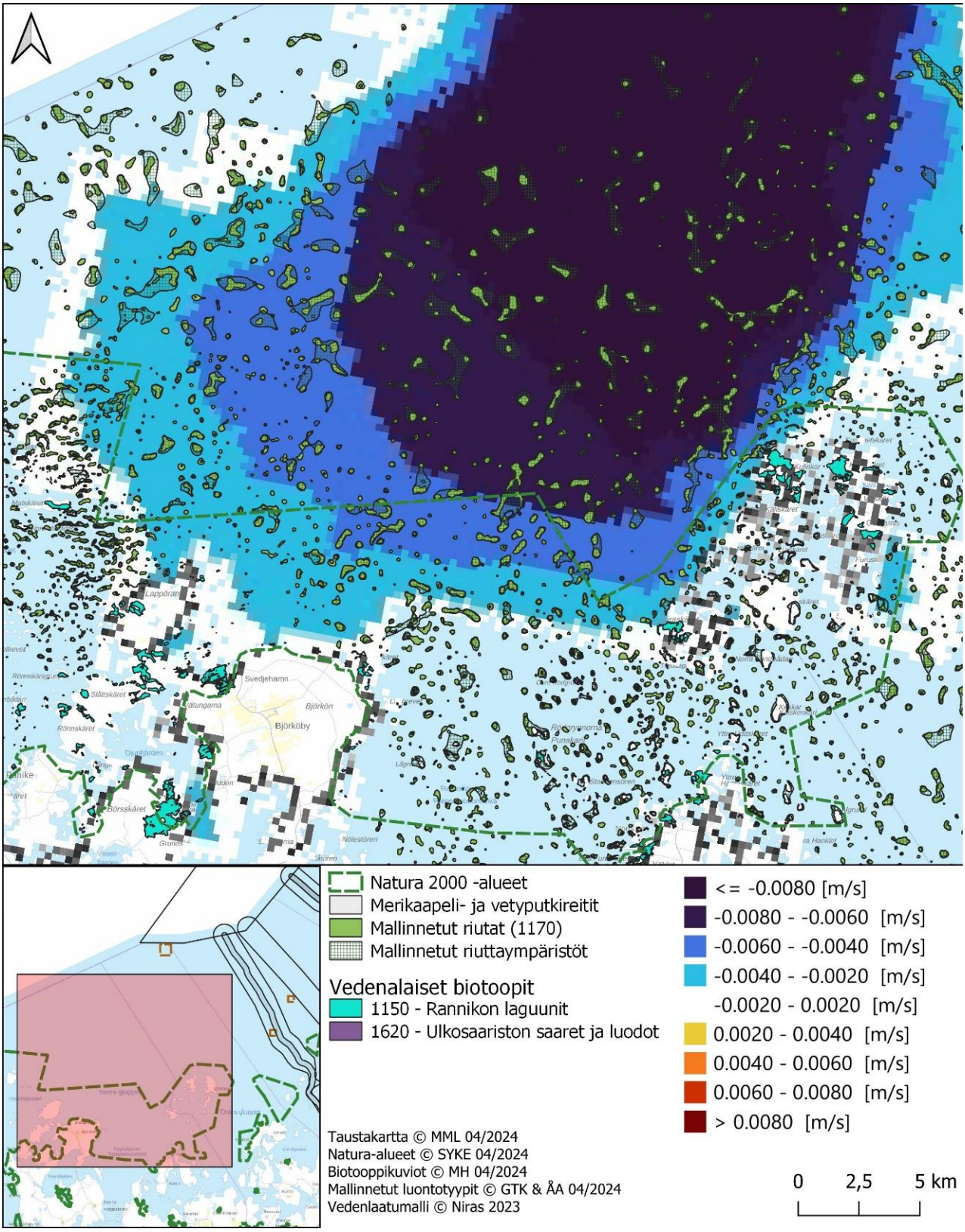
Virtaukset vaihtelevat merialueella luontaisesti paljon sääolosuhteiden mukaan, mutta tuulivoimapuiston toiminnan aikana jatkuvasti samoille alueille kohdistuvat virtausnopeuden muutokset voivat vaikuttaa vedenalaiseen kasvillisuuteen ja pohjaeläimistöön mm. sedimentaation muutosten kautta. Virtausten hidastuessa sedimentaatio voi lisääntyä ja nopeutuessa sedimentaatio alueella vähentyä. Suurimmat virtausten muutokset kohdistuvat tuulivoimapuiston alueelle ja sen ympärille, eikä ulotu rannikon matalille alueille asti, jossa vedenalainen luonto on monipuolisinta

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

ja jossa sijaitsee luonnonsuojelualueita. Syvillä alueilla merituulivoimapuiston itäpuolella esiintyy kuitenkin riuttoja, joihin virtausten muutokset voivat vaikuttaa sedimentaation muutosten myötä. Hankealueella toteutetuissa kartoituksissa havaittiin, että potentiaaliset riutat olivat karuja ja vähälajisia, joten vaikutukset näihin arvioitiin vähäisiksi.

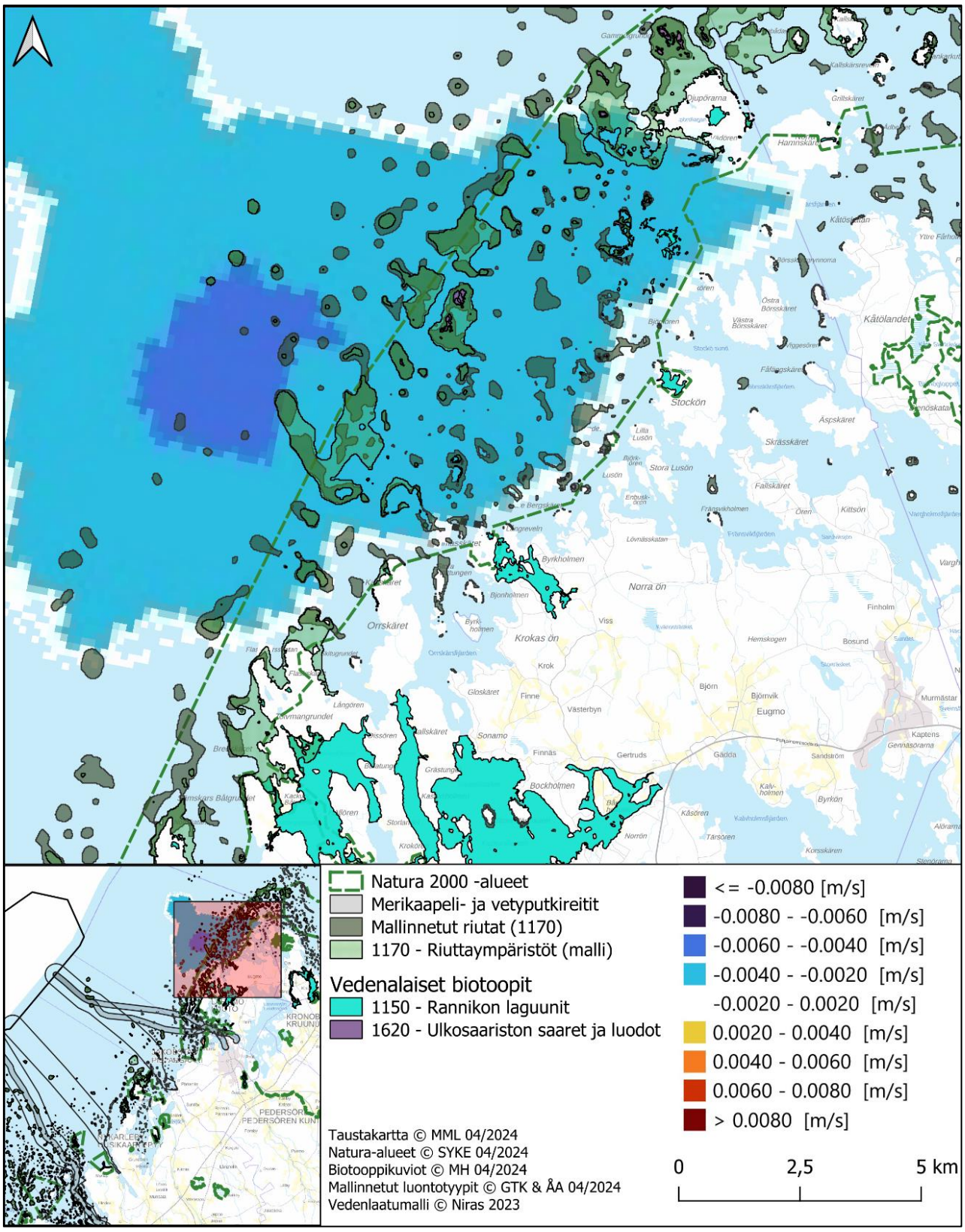
Laaditun hydrodynaamisen mallinnuksen mukaan joinakin kuukausina virtausten muutokset voivat ulottuvat rannikon suojelualueille. Pintaveden virtaukset nopeutuvat merituulivoimapuiston itäpuolella tammi-, touko-, kesä-, marras- ja joulukuussa ulottuen Uudenkaarlepyyn saariston valtion muulle suojelualueelle (RSO100061, HSO100094) ja rantojensuojeluohjelma-alueelle (RSO100061). Virtaukset nopeutuvat tammi-, touko-, marras- ja joulukuussa suojelualueella 0,2–0,4 cm/s ja kesäkuussa 0,8 cm/s. Uudenkaarlepyyn saariston suojelualueella pintavirtaukset voivat hidastua helmikuussa (0,2–0,6 cm/s). Huhti-, kesä-, elo-, marras- ja joulukuussa pintaveden virtausten hidastuminen (0,2–0,4 cm/s) voi ulottua Merenkurkun saariston Natura 2000 -alueelle (Kuva 5-42). Syys- ja marraskuussa virtausten nopeutuminen (0,2–0,4 cm/s) voi ulottua Luodon saariston Natura-alueen ja EMMA-alueen länsirajalle. Virtausten hidastuminen voi mallinnuksen mukaan ulottua Luodon saariston Natura-alueelle (Kuva 5-43).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-42. Pintaveden virtaukset hidastuvat Merenkurkun saariston Natura-alueella joinain kuukausina. Kuvassa toukokuun mallinnettu muutos.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-43. Merituulivoimapuisto aiheuttaa vedenlaatumallinnuksen mukaan virtauksissa muutoksia, jotka ulottuvat Luodon saariston Natura-alueelle. Kuvassa pintaveden virtausten hidastuminen kesäkuussa.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merenkurkun saariston pohjoisosissa Mikkelinsaarilla, joiden lähistöllä pintavirtausten arvioidaan joinain kuukausina hidastuvan, esiintyy runsaasti rannikon laguuneja. Siellä sijaitsee myös Mikkelinsaarten EMMA-alue, jonka useat metsälammet ja fladat ovat kalojen ja vesilintujen tärkeitä ruokailu- ja lisääntymispaikkoja (*Lappalainen ym. 2020*). Alueen vesi on kirkasta, ja alueella tavataan pehmeän pohjan lajistoa. Alueella esiintyy monipuolinen levä- ja vesikasvilajisto ja siellä on havaittu uhanalaista paunikkoa (*Crassula aquatica*). Alue on tärkeä lisääntymisalue kaupallisesti merkittävälle kalakannalle, ahvenelle, ja myös merikutuinen siika (VU) lisääntyy alueella. Virtausten hidastumisen ja siitä mahdollisesti seuraavan sedimentaation lisääntymisen alueella ei arvioida aiheuttavan haittaa rannikon laguuneille ja niiden lajistolle, sillä laguuneissa on luontaisesti alhainen veden virtaus ja pehmeää pohjaa. Alueella esiintyvillä riutoilla sen sijaan virtauksen hidastuminen voi mahdollisesti aiheuttaa lisääntyvää sedimentaatiota, jolloin kivipinnat voi aiempaa enemmän peittyä sedimentillä ja vaikeuttaa levien kiinnittymistä.

Virtausten nopeutuminen Uudenkaarlepyyn saariston uloimmissa osissa viitenä kuukautena ei arvioida vaikuttavan haitallisesti alueen luontotyyppeihin tai lajistoon. Uudenkaarlepyyn saariston Natura-alueen suojeluperusteena olevia ulkosaaristossa esiintyviä luontotyyppejä ovat riutat ja vedenalaiset hiekkasärkät, joille virtausten nopeutumisen ei arvioida aiheuttavan haitallista vaikutusta. Helmikuun virtausten hidastumisen ei arvioida aiheuttavan haitallisia vaikutuksia tällä alueella, sillä alueen virtausten arvioidaan keskimäärin nopeutuvan vuositasolla.

Virtausnopeuden muutokset voivat vaikuttaa termokliinin siirtymiseen muutamalla metrillä ylöspäin merituulivoimapuiston alueella ja muutos on suurinta heinäkuussa. Merituulivoimapuiston alue on niin syvää, ettei vaikutus kohdistu tämän alueen pohjan elinympäristöihin.

Virtausmuutoksissa ei ole merkittävää eroa eri merituulivoimapuiston vaihtoehtojen välillä.

Vedyn tuotannosta aiheutuva suola- ja lämpökuormitus on luontaiseen vaihteluun nähden pientä, ettei sillä ole vaikutusta pohjaeläimistöön tai luontotyyppeihin.

Merenpohjan menettämisestä voimaloiden ja merisähköasemien perustusten ja yhdyskaapelien alta aiheutuvia vaikutuksia käsitellään myös luvussa 5.3.1.1. Merenpohjaa menetetään enintään noin 5,2 km^2 alueelta merituulivoimapuistossa, mikä on 1,2 % koko tuulivoimapuiston pinta-alasta. Hankkeen suunnittelun edetessä tarkennetaan tietoja habitaattikohtaisten menetysten tai häiriöiden osalta. Tuulivoimapuiston osalta karkeasti arvioiden noin 50 % on kovaa pohjaa ja 50 % pehmeää pohjaa (liite 3).

Vaikutukset merinisäkkäisiin

Merituulivoimaloiden aiheuttama vedenalainen melu tulee pääasiassa kahdesta lähteestä: koneiston (vaihteiston jne.) mekaanisesta tärinästä, joka välittyy tornia pitkin ja säteilee edelleen ympäröivään veteen; ja tuulivoimapuiston huoltoveneiden aiheuttamasta vedenalaisesta melusta. Merituulivoimapuistolla voi olla sekä rakentamisen, että toiminnan aikaista vaikutusta kaloihin ja sitä kautta myös merinisäkkäisin, jotka käyttävät kaloja ravintona. Merituulivoimapuiston toiminnan aikaisia vedenalaisen melun vaikutuksia merinisäkkäisiin on tarkasteltu vedenalaisen mallinnuksen avulla liitteessä 7 (*Niras 2023b*). Seuraavassa on tiivis kuvaus perustuen Niraksen raporttiin (*2023b*) sekä muuhun saatavilla olevaan tutkimustietoon.

Merituulivoimapuistojen vaikutuksista merinisäkkäisiin on tehty tutkimuksia eteläisellä Itämerellä ja havaittu niiden sopeutuvan tulivoimaloiden rakenteisiin, mutta toisaalta häiriintyvän rakennustöistä ja lisääntyneestä ihmistoiminnasta (*Dietz ym. 2000, 2003; Tougaard ym. 2004*). Tuulivoimaloiden vaikutuksista norppaan ei ole tutkimustuloksia (*Vehanen ym. 2010*). Melun arvellaan olevan merkittävin häiriö merinisäkkäille, jotka käyttävät kuuloa ja ääniä monipuolisesti saalistamiseen, suunnistamiseen ja kommunikointiin (*Madsen ym. 2006, Nehls ym. 2007, Richardson ym. 1995*). Haittavaikutukset voivat olla äänilähteen houkuttava tai karkottava vaikutus, äänien sekoittuminen, merinisäkkäiden omien äänien peittyminen tai pysyvät kuulovauriot (*Vehanen ym. 2010*). Kriittisimmiksi nähdään vaikutukset, jotka kohdistuvat merinisäkkäiden elinkierron kannalta tärkeisiin alueisiin (levähdys- pesintä- ja ruokailupaikat) tai ajanjaksoihin (kuten lisääntyminen ja pesintä) (*Vehanen ym. 2010).*

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merituulivoimapuistolla on mahdollinen vaikutus myös hylkeiden metsästykselle merituulivoimapuiston muodostaman estevaikutusten vuoksi. Puistoissa metsästämistä ei kuitenkaan lähtökohtaisesti ole kielletty ja kulkua puiston alueella rajoitetaan pääasiallisesti vain turvallisuussyistä puiston rakennusaikana.

Laineen merituulivoimapuisto sijaitsee ulkomerialueella, jolla ei ole hylkeiden käyttämiä levähtämis- ruokailu- tai pesimispaikkoja, kuten luotoja tai saaria. Alueella tai sen lähistöllä liikkuvien hylkeiden arvioidaan avovesikaudella pääasiassa olevan satunnaisesti ohikulkevia yksilöitä. Hylkeet käyttävät aluetta kuitenkin jääpeitteiseen aikaan poikimisalueena. Merituulivoimapuisto voi alueellisesti hieman vaikuttaa merialueen jääpeitteisyyteen ja pidentää sen kestoa. Koska molemmat lajit, harmaahylje ja itämerennorppa, poikivat jäälle ja etenkin norppa myös lepäilee ja vaihtaa karvaansa jäällä, siten mahdollisesti pidentynyt jääpeitteen kesto voi jopa hyödyttää hylkeitä. On kuitenkin otettava huomioon, että hylkeet todennäköisesti välttelevät merituulivoimaloiden läheisiä alueita ja siten edellä mainittu hyöty voi jäädä teoreettiseksi.

Toiminnan aikaiset vaikutukset merinisäkkäille arvioitiin vähäisemmiksi, kuin rakentamisen aikaiset vaikutukset. Pääasiassa toiminnan aikainen vaikutus on toiminnasta syntyvä melu, jonka hylkeet pystyvät havaitsemaan noin 100 metristä muutamaan kilometriin, mutta toiminnan aikaisen melun ei arvella aiheuttavan kuulovaurioita tai haittaa kommunikoinnille (*Dietz ym. 2000, Tougaard ym. 2004*). Kilometrin päässä sijaitsevan tuulivoimalan ääni vastaa 100 kilometrin päässä kulkevan rahtialuksen ääntä. (*Madsen ym. 2006).* Tuulivoimapuiston alueella ihmistoimintaa on muuta avomerialuetta enemmän, mikä voi luoda häiriötekijän alueen eläimistölle (*Vehanen ym. 2010*).

Hylkeiden herkkyys tuulivoimapuiston toiminnasta aiheutuvalle vedenalaiselle melulle on pieni tai olematon, mikä perustuu olemassa olevaan tietoon hylkeiden käyttäytymisestä merituulivoimapuistojen alueilla. Laineen merituulivoimapuiston alue ei ole tärkeä ravinnonhankinta-alue norpille tai harmaahylkeille. Toimintamelun vaikutuksen suuruus ja laajuus arvioitiin olemattomaksi. Vaikutuksen tarkastelussa on huomioitava myös, että hankealue rajoittuu Pohjanlahden päälaivaliikenneväyliin ja on päällekkäinen niiden kanssa. Tuulivoimapuiston toiminnasta aiheutuvan vedenalaisen melun lisävaikutus on näin ollen vaatimaton. Kaiken kaikkiaan turbiinien toiminnasta aiheutuvan vedenalaisen melun seuraukset hylkeille arvioitiin olemattomaksi, eikä melu vaikuta hyljekantoihin lyhyellä tai pitkällä aikavälillä.

5.3.2.2 Merikaapeli-/vetyputkireitit

Vaikutus vedenlaatuun

Merikaapeleilla tai vetyputkella ei arvioida olevan juurikaan käytönaikaista vaikutusta merialueen vedenlaatuun. Mahdolliset vaikutukset liittyvät lähinnä mahdollisiin korjaustöihin, joissa pohjaa jouduttaisiin kaivamaan uudelleen auki kaapelien tai putkien kohdalta. Tässä tapauksessa vaikutukset olisivat samankaltaisia kuin rakennusvaiheessa, mutta pienemmässä mittakaavassa ja kestoltaan sekä alueeltaan hyvin rajattuja.

Vaikutukset luontotyyppeihin, vesikasvillisuuteen ja pohjaeliöstöön

Asennuksen jälkeen kaapeleiden vaikutus vedenalaiseen kasvillisuuteen ja pohjaeläimistöön on korkeintaan vähäinen. Pohjamateriaali ja siten elinympäristö voi lopullisesti muuttua kaapeli-/vetyputkireiteillä, jos kaapelit/vetyputki suojataan kivillä. Kaapeli-/vetyputkireiteillä yli 15 metrin syvyydellä pohjan muutos tulee oleman 0,5 metrin leveydeltä ja alle 15 metrin syvyydellä 3,5 metrin leveydeltä (Kuva 7-2). Kaapelireittien pohjamateriaalista on noin 30 % mutaa, 30 % moreenia, 20 % savea ja loput soraa ja hiekkaa ja hieman kalliota (on otettava huomioon, ettei tarkempaa merenpohjan tietoa ole ollut käytettävissä reittien MVE4 ja MVE5 alueilta). Niillä alueilla, jossa esiintyy pehmeää pohjaa, voi jatkossa esiintyä kovaa pohjaa ja kovalle pohjalle tyypillistä lajistoa. MVE2b:n alueella esiintyy suojeltu luontotyyppi, jonka luonnontilaisuuden vaarantaminen vaatisi poikkeusluvan hakemista.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kaapeleiden mahdollisesti aiheuttamalla sähkömagneettisella kentällä voi periaatteessa olla vaikutuksia pohjaeläimistöön. Mm. leväsiiralla (*Idotea baltica*) on havaittu laboratoriokokeissa muutoksia sen suunnistamiskyvyssä, sillä lajin on todettu käyttävän hyödykseen magneettikenttiä (*Hammar & Wikström 2005*), jota kaapelien aiheuttama sähkömagneettinen säteily voi periaatteessa häiritä. Selkärangattomille tehdyssä seurantatutkimuksessa lajien esiintymistä tutkittiin Kaliforniassa 35 kV:n merikaapelin lähettyvillä, jonka magneettinen kenttä ulottui metrin etäisyydelle kaapelista, ja havaittiin, että eroa kaapelireitin eläinyhteisöissä ei ollut alueen ulkopuolella oleviin yhteisöihin (*Love ym. 2017*). Vaikutuksia hankealueella eläville eri pohjaeläinlajeille ei ole kuitenkaan tutkittu, mutta sähkömagneettisen säteilyn vaikutus arvioitiin korkeintaan vähäiseksi. Riippuen kaapelien asennustavasta, pohjaeläinten elinympäristöön voi tulla muutoksia. Mikäli kaapeleita peitetään karkeammalla aineksella, se voi luoda uutta tarttumapintaa kiinnittyvälle pohjaeläimistölle. Lisäksi kaapelien peittäminen vähentää sähkömagneettisen häiriön vaikutusta pohjaeliöstölle sekä kaloille.

Vaikutukset merinisäkkäisiin

Merikaapeli- ja vetyputkireiteillä ei arvioida olevan toiminnan aikaisia vaikutuksia merinisäkkäisiin toiminnan aikana esimerkiksi sähkömagneettisten kenttien kautta.

5.3.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset

Merituulivoimalat ja merisähköasemat, sekä niiden yhteydessä mahdollisesti olevat vedyn tuotantolaitokset poistetaan kokonaan käyttäen vastaavanlaisia menetelmiä kuin asennuksessa, mutta käänteisessä järjestyksessä. Perustukset voidaan poistaa osittain tai kokonaan. Osittain poistettaessa poisto tehdään merenpohjan tasoon tai juuri sen alapuolelle saakka jäljelle jäävän osan jäädessä paikalleen.

Vaikutukset vedenlaatuun, pohjaan, vesikasvillisuuteen, pohjaeläimistöön ja luontotyyppeihin ovat siten samanlaisia kuin rakennusvaiheessa. Mikäli perustukset jätetään osittain paikalle, on vaikutus pienempi, koska veden sameutuminen on vähäisempää. Perustusten poistaminen vaikuttaa niiden alueelle mahdollisesti levinneisiin eliöihin. Ns. riuttavaikutuksen arvioitiin kuitenkin jäävän hankealueella vähäiseksi, joten rakenteiden purkamisen ei arvioida aiheuttavan merkittävää haittaa. Kaapelit poistetaan tai jätetään paikalleen. Jos kaapelien poisto on tarpeen, prosessi on olennaisilta osin sama kuin kaapelia laskettaessa, mutta tapahtuu käänteisessä järjestyksessä. Tällöin vaikutukset luontotyyppeihin ja vesikasvillisuuteen sekä pohjaeliöstöön arvioidaan olevan samanlaisia kuin putkia asennettaessa. Mahdollinen eroosiosuojaus jää todennäköisesti paikalleen, koska valtaosan oletetaan uponneen merenpohjaan, jolloin sen poistamisesta koituisi suurempaa vahinkoa kuin sen jättämisestä alueelle. Eroosiosuojauksen jättäminen pohjaan voi ylläpitää alueen kovien pohjien eliöstöä, jos eroosiosuojaus ei ole uponnut sedimentin sisään.

Toiminnan päättymisen ja purkutöiden jälkeen merinisäkkäille ei ole vaikutuksia, kun merituulivoimapuiston rakenteet ja merikaapelit sekä niihin liittyvät muut rakenteet ovat poistettu alueelta kokonaan tai osittain.

5.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

Mikäli Laineen merituulivoimapuistoa ei rakenneta, vedenlaatuun ja meren pohjaan ei kohdistu vaikutuksia. Luontotyyppien ja vesikasvillisuuden sekä pohjaeläimistön ja merinisäkkäiden tila säilyy nykyisellään ja kehittyy ajan myötä muiden ihmisen aiheuttamien muutosten, kuten ilmastonmuutoksen, rehevöitymisen ja väylien rakentamisen, seurauksena.

5.4 Yhteisvaikutukset

Perämerelle on suunnitteilla useita merituulivoimahankkeita. Lainetta lähin hanke on Kappa merituulivoimahanke noin kilometrin etäisyydellä lännessä Ruotsin talousvyöhykkeellä (*Njordr Offshore Wind AB 2022*). Kappan hankealuetta on viimeisimmän tiedon mukaan muutettu siten,

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

että se on kiinni talousvyöhykkeen rajassa, ollen nyt noin 100 metrin etäisyydellä Laineen hankealueesta, mutta uutta voimalasijoittelua ei ole saatavilla (*Statkraft Offshore Wind AB 2024*).

Muista hankkeista mainittakoon Lunni, Voima ja Reimari, jotka sijaitsevat samalla alueella Laineen kanssa, joten ne eivät voi toteutua samaan aikaan, joten niitä ei oteta huomioon yhteisvaikutusten arvioinnissa.

Rakentamisaikaiset yhteisvaikutukset

Laineen hankkeen alustavan aikataulun mukaan merituulivoimapuiston ja sähkönsiirtoreittien rakentaminen hankkeen osalta ajoittuu vuosille 2029–2031 (kaupallinen käyttöönotto 2030–2031). Kappa –hankkeen alustavan aikataulun mukaan (*Njordr Offshore Wind AB 2022, Statkraft Offshore Wind AB 2024)* rakentaminen ajoittuu vuosille 2031–2033. Rakentamisen ajankohtaan vaikuttavat hankkeen etenemisen lisäksi sekä sääolosuhteet että vuodenaika.

Näiden alustavien aikatauluarvioiden perusteella mahdollisia rakentamisen aikaisia yhteisvaikutuksia hankkeissa syntyisi vuoden 2031 aikana.

Merituulivoimahankkeiden rakentaminen sijoittuisi alustavan aikataulun perusteella pääosin eri ajanjaksolle ja siten rakentamisvaiheen yhteisvaikutukset vedenlaatuun ovat epätodennäköisiä etenkin, koska Laineen voimaloiden perustuksiin liittyvä pohjarakentamien on suunniteltu toteutettavaksi vuosina 2029–2030. Sameuden leviämisen ja sedimentaatiolisäyksen mallinnuksessa havaittiin, että kiintoaines ei merkittävissä määrin leviä kovin kauas hankealueen ulkopuolelle, joten yhteisvaikutusten ilmeneminen edellyttäisi myös lähekkäin sijaitsevien kohteiden rakentamista samana ajankohtana. Hankkeiden välisellä koordinaatiolla ja rakennuskohteiden ja ajankohtien suunnittelulla voidaan ehkäistä yhteisvaikutuksia.

Laineen merituulivoimapuiston tapauksessa vedenalaisen melun kumulatiivisia vaikutuksia voi syntyä, jos samaan aikaan rakennetaan muita tuulivoimapuistoja tai muita hankkeita, jotka aiheuttavat vedenalaista melua. Koska Laineen ja Kappan vedenalainen rakentaminen ajoittuu eri vuosille, ei paalutusta tapahdu kahdella hankealueella samaan aikaan. Laine- ja Kappa-merituulivoimapuistojen vedenalaiseen meluun liittyvien mahdollisten yhteisvaikutusten odotetaan siksi olevan olemattomia.

Rakentamisen aikaiset yhteisvaikutukset merinisäkkäille ovat toiminnanaikaisia suuremmat ja muodostuvat ensisijaisesti rakennustöistä, ruoppauksesta ja pohjan muokkaamisesta aiheutuneesta vedenalaisesta melusta, sekä räjäytyksistä, kun työvaiheita tehdään eri hankkeissa samanaikaisesti. Merituulivoimapuiston rakentaminen sisältää sekä sähkönsiirtoverkon rakennusvaiheen että merituulivoimapuiston rakentamisen. Näistä itse merituulivoimapuiston rakentamiseen liittyy enemmän meluavia ja häiritseviä työvaiheita kuin sähkönsiirtoverkon rakentamiseen.

Toiminnanaikaiset yhteisvaikutukset

Tuulivoimala-alueilla on toimintavaiheessa todennäköisesti yhteisvaikutusta tuulimuutosten kautta. Laineen osalta mallinnukset osoittavat tuulihäviön vaikuttavan melko laajalla alueella merialueen pintavirtauksiin ja edelleen vesien sekoittumiseen ja sitä kautta lämpötilaan, suolaisuuteen ja kerrostumiseen. Kahdensuuren hankkeen yhteisvaikutukset voivat karkeasti arvioituna paikoin kaksinkertaistaa virtausmuutosten voimakkuutta. Virtausmuutokset olisivat silti vain joitakin millimetrejä sekunnissa, joten muutos on lievä vaikkakin se voi olla laaja-alainen. Pintavirtausten hidastuminen voi aiheuttaa harppauskerroksen siirtymistä ylemmäs vesipatsaassa ja toisaalta virtausten kiihtyminen voi vaikuttaa päinvastaisesti. Kerrostuneisuusmuutokset voivat pahimmillaan heikentää syvänteiden happitilannetta ja altistaa merenpohjaa alhaisemmalle happipitoisuudelle. Alueen happitilanne on nykyään erinomainen, joten riski happitilanteen heikentymiselle arvioidaan vähäiseksi. Tilanteessa, jossa tuulivoimapuistoja rakentuu lähistölle useita, myös kerrostumismuutokset voimistuvat. Periaatteessa tuulivoimapuistosta on tarvittaessa mahdollista myös johtaa vedyn tuotannon sivutuotteena muodostuvaa happea merialueelle alusveteen.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Veden sekoittumiseen liittyvät muutokset voivat vaikuttaa edelleen mm. ravinteiden esiintymiseen ja sitä kautta edelleen kasviplanktoniin ja muuhun ravintoverkkoon. Useiden tuulivoimapuistoalueiden tapauksessa em. ilmiöt olisivat todennäköisesti päällekkäisiä ja mahdollisesti kumulatiivisia.

Toiminnan aikaiset yhteisvaikutukset merinisäkkäisiin ovat rakentamisen aikaisia vaikutuksia vähäisemmät. Yhteisvaikutusten voimakkuutta lisää tuulivoimapuistojen läheinen sijainti, jolloin yhtenäinen vaikutusalue on laajempi. Toiminnan aikaiset yhteisvaikutukset muodostuvat pääasiassa turbiinien toimintaan liittyvästä vedenalaisesta melusta sekä tärinästä ja mahdollisista muutoksista alueen jääolosuhteissa ja veden virtauksissa, joilla voi olla vaikutusta merinisäkkäiden elinolosuhteisiin. Merikaapelireiteillä ei arvioida olevan yhteisvaikutuksia merinisäkkäisiin tuulivoimapuiston toiminnan aikana.

Toiminnan päättymisen jälkeiset yhteisvaikutukset

Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset ovat samanlaisia kuin rakentamisen aikaiset vaikutukset, mutta todennäköisesti pienemmät. Jos merituulivoimapuistojen purkaminen ajoittuu samaan aikaan voi purkamisenaikaisia yhteisvaikutuksia syntyä. Yhteisvaikutuksia syntyy erityisesti, jos purku tapahtuu toisiaan lähellä sijaitsevilla kohteilla samaan aikaan.

5.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys

Vaikutusten merkittävyys ja vaihtoehtojen vertailu tehtiin rakentamisajalle ja käytönajalle erikseen sekä tuulivoimapuiston vaihtoehdoille (VE0, VE1, VE2) että eri kaapelireitti/vetyputkivaihtoehdoille (MVE1a/VVE1, MVE1b, MVE2a, MVE2b, MVE3, MVE4/VVE3 ja MVE5a/VVE3a ja MVE5b/VVE3b). Vertailuun on yhdistetty kaikki eri vaikutusmekanismit, joita aiemmissa luvuissa on esitetty ja arvioitu. Kaikki alueet on arvioitu herkkyydeltään vähintään kohtalaisiksi, sillä alueiden pinta-ala on suuri ja kaikille merikaapeli-/vetyputkireiteille sijoittuu arvokkaita vedenalaisen luonnon kohteita.

Rakentamisaikaisten vaikutusten muutoksen suuruus arvioitiin kohtalaisen negatiiviseksi molemmissa tuulivoimapuistovaihtoehdoissa VE1 ja VE2 sekä kaapelireiteillä MVE1, MVE2 ja MVE3. Alueiden herkkyys on arvioitu em. vaihtoehdoissa myös kohtalaiseksi, sillä hankealueen laajuuden vuoksi kaikille sijoittuu suojelualueita tai muita arvokkaita **vedenalaisen luonnon kohteita**. Edellä kuvatun perusteella myös kokonaisvaikutus muodostuu kohtalaisen negatiiviseksi vaihtoehdoissa VE1, VE2, MVE1, MVE2 ja MVE3.

Merikaapelireiteillä MVE4 ja MVE5 rakentamisen aikainen muutos on arvioitu suureksi negatiiviseksi, sillä alueiden suojaisen sijainnin sekä pohjan laadun, mukaan lukien sedimentin haitta-aineet, vuoksi vaikutukset muodostuisivat tällä alueella voimakkaammiksi. MVE4 ja MVE5 on arvioitu myös herkkyydeltään suuriksi, koska reitit myös kulkevat arvokkaiden Natura-, suojelu- ja EMMA-alueiden läpi ja siten myös rakentamisaikainen kokonaisvaikutus muodostuu näillä reiteillä suureksi.

Jos energia siirretään reiteillä vetyputkea pitkin rantaan jäävät vaikutukset reittivaihtoehdoissa VVE1, VVE2 ja VVE3 vähäisemmiksi. Myös asennus menetelmä vaikuttaa vaikutusten laajuuteen ja esimerkiksi ruoppaus ja meriläjitys aiheuttavat laajemmat vaikutukset kuin vesipainepuhallus.

MVE1a- ja MVE1b-vaihtoehtojen välillä ei ole suurta eroa, sillä molempien reitillä sijaitsee mallinnettuja riuttoja ja avoimia näkinpartaispohjia. MVE1b-rantautumisalueella sijaitsi avoimia näkinpartaispohjia, joita ei MVE1b-rantautumisalueella sijainnut. MVE1b kulkee pidemmän matkan rannikon läheisillä merialueilla, jossa avoimia näkinpartaispohjiakin havaittiin, jolloin vaikutuksia vedenalaiseen luontoon kohdistuu enemmän, vaikka suoraan rantautumisalueella ei sijaitsekaan avoimia näkinpartaispohjia. MVE2a- ja MVE2 b-vaihtoehtojen välillä ei myöskään ole suurta eroa, sillä molemmat kulkevat suojelualueen läpi ja molempien vaihtoehtojen rantautumisalueella sijaitsee avoimia näkinpartaispohjia. Näkinpartaisten peittävyys oli suurempi MVE2b-rantautumisalueella kuin MVE2a-rantautumisalueella, ja rakentaminen kohdistuu MVE2b-vaihtoehdossa pienemmälle alueelle, joten MVE2b on hieman parempi kuin MVE2a, mutta silti vaikutuksen merkittävyys arvioidaan molemmilla kohtalaiseksi. MVE5b:llä on vähäisemmät

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

samentumavaikutukset kuin MVE5a:lla, mutta ne molemmat arvioidaan silti kohteen herkkyyden ja muutoksen suuruuden suhteen suuren negatiiviseksi.

Huomattava on, että energiansiirtoreittejä voi yhtäaikaisesti olla käytössä kaksi kappaletta. Näiden kombinaatioiden vaikutuksia ei ole eroteltu merkittävyyden osalta taulukoihin (Taulukko 5-10 ja Taulukko 5-11), vaan jokainen reitti on arvioitu erillisenä vaihtoehtona. Mikäli käytössä on kaksi eri kaapelireittivaihtoehtoa, aiheutuvat vaikutukset laajenevat vaikutusalueen kasvamisen vuoksi.

Käytönaikaisen muutoksen suuruus on arvioitu molempien merituulivoimapuiston vaihtoehtojen osalta vähäiseksi negatiiviseksi liittyen **merenpohjaan sekä virtauksiin ja vesimassojen sekoittumiseen aiheutuviin muutoksiin**. Vaikka tuulihäviön vaikutus ulottuu hyvin laajalle alueelle, on muutos pääosin niin lievä, ettei se juuri erotu luontaisesta taustavaihtelusta. Alueen kohtalainen herkkyys huomioiden tuulivoimapuiston käytönaikaisen kokonaisvaikutuksen merkittävyys muodostuu edelleen vähäiseksi. Merikaapelien ja/tai vetyputkireittien osalta käytönaikaiset vaikutukset ovat hyvin vähäisiä liittyen esimerkiksi merenpohjan muutoksiin ja ajoittaisiin huoltotöihin.

Vedenalaisen melun aiheuttamat **merinisäkkäiden** käyttäytymisreaktiot voivat vaihdella aktiivisuustason pienistä muutoksista pakoreaktioihin, joissa yksilöt välttävät aluetta kokonaan. Hylkeiden herkkyys käyttäytymisvaikutuksille arvioitiin kohtalaiseksi, koska on odotettavissa, että hylkeet välttelevät vaikutusaluetta jossain määrin. Perustusten paalutuksen teoreettinen kesto on noin 5 kuukautta (tehokasta työtä). Tässä oletetaan, että päivässä asennetaan yhdet perustukset ilman taukoja ja paalutusta tehdään 6 tuntia päivässä. Kuten mainittu, perustusten kokonaisasennusaika on kuitenkin yli 5 kuukautta. Väliaikaisen elinympäristön menetyksen kestoa ja käyttäytymiseen liittyvien välttämisreaktioiden pysyvyyttä pidetään kuitenkin molempien lajien tapauksessa lyhytaikaisena sekä merituulivoimapuiston että energiansiirron alueilla, koska hylkeet voivat palata alueelle perustusten asennuksen jälkeen.

Paalutusmelun vaikutuksen suuruus ja laajuus arvioitiin pieneksi negatiiviseksi, koska vaikutusetäisyydet ovat suhteellisen lyhyitä ja koska vaikutusalue ei ole tärkeä ravinnonhankinta-alue norpille tai harmaahylkeille. Vaikutusalue on suhteellisen pieni osa niiden asuinalueesta, ja vaikutukset siihen väliaikaisia. Näin käyttäytymisen välttämisreaktioiden todennäköisyys on pieni. Kaiken kaikkiaan Laineen merituulivoimapuiston hankealueella paaluajon aiheuttaman vedenalaisen melun seurausten arvioitiin olevan vähäistä hylkeille, eikä se vaikuta hyljekantoihin lyhyellä eikä pitkällä aikavälillä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 5-10. Vaikutusten merkittävyys eri hankevaihtoehdoissa rakentamisen aikana liittyen vedenlaatuun ja vedenalaisiin luontotyyppeihin.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus					Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohta-lainen	Vähäi-nen	Ei muutosta	Vähäi-nen	Kohta-lainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäi-nen									
	Kohta-lainen			VE1 VE2 MVE1a MVE1b VVE1 MVE2a MVE2b MVE3		VE0				
	Suuri		MVE4 VVE2 MVE5a MVE5b VVE3							
	Erittäin suuri									

Taulukko 5-11. Vaikutusten merkittävyys eri hankevaihtoehdoissa käytön aikana liittyen vedenlaatuun ja vedenalaisiin luontotyyppeihin.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus					Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohta-lainen	Vähäi-nen	Ei muutosta	Vähäi-nen	Kohta-lainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäi-nen				MVE1a MVE1b VVE1 MVE2a MVE2b MVE3 MVE4 VVE2 MVE5a MVE5b VVE3					
	Kohta-lainen				VE1 VE2	VE0				
	Suuri									
	Erittäin suuri									

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

5.6 Vaikutukset vesien- ja merenhoidon tavoitteisin

Tässä luvussa käsitellään hankkeen rakentamisen ja käytön ajan vaikutuksia suhteessa meren- ja vesienhoitosuunnitelmien tavoitteisiin.

Vesienhoito käsittää rannikkovesimuodostumat, jotka ulottuvat sisäisten aluevesien ulkorajasta yhden meripeninkulman matkan merelle päin. Hanke vaikuttaa merikaapelireitin MVE1/VVE1 osalta Merenkurkun ulkosaariston (Mu) vesimuodostumaan Ritgrund-Norra gloppet sekä Merenkurkun sisäsaariston (Ms) vesimuodostumiin Östra Gloppet ja Monåfjärden-Kalotfjärden. Muut kaapelireittivaihtoehdot vaikuttavat Perämeren ulompien rannikkovesien (Pu) vesimuodostumaan Uusikaarlepyy ulko. Reitti MVE2 vaikuttaa lisäksi Perämeren sisempiin rannikkovesien (Ps) vesimuodostumaan Monäsviken ja reitit MVE4/VVE2 sekä MVE5/VVE3 Kallan ja Pietarsaaren edustan vesimuodostumiin.

Hankkeesta aiheutuu lähinnä rakentamisaikaista haittaa vesimuodostumiin kaapelien ja/tai vetyputken asentamisen aikana, jolloin pohjaa muokataan ja vesiympäristöön leviää sedimenttiä samentaen vettä ja sedimentoituen uusille alueille. Voimakkaimmat vaikutukset syntyvät läjityksestä reittien läheisyydessä sijaitseville läjitysalueille 1, 2 tai 3 (alue 1 on hylätty hankesuunnitelmasta virtausolosuhteiden perusteella). Sedimentin mukana leviää lisäksi myös ravinteita sekä jossain määrin myös haitta-aineita. Muutokset voivat lisätä rehevyyttä ja pohjan liettymistä ja heikentää näkösyvyyttä vesimuodostumissa paikallisesti, mutta rakentamisaikaiset vaikutukset jäävät väliaikaisiksi eikä niiden arvioida heikentävän vesimuodostumien nykyistä tyydyttävää ekologista tilaa laajemmin tai estävän hyvän tavoitetilan saavuttamista. Reiteillä MVE1/VVE1, MVE2a ja MVE3 sedimentit eivät tutkimusten mukaan sisällä merkittävässä määrin haitta-aineita, eikä rakennustöiden näillä reiteillä arvioida heikentävän rannikkovesimuodostumien kemiallista tilaa. Pohjoisemmilla kaapeli- ja vetyputkireiteillä MVE4/VVE2 ja MVE5/VVE3 rannikon läheisyydessä esiintyy laaja-alaisesti sekä haitta-aineita että eroosioherkkää sedimenttiä, joten vaikutukset kemialliseen tilaan ovat mahdollisia lähinnä Pietarsaaren edustan vesimuodostumassa.

Pidempiaikaisia muutoksia vesimuodostumiin aiheutuu pääasiassa pohjan menetyksistä kaapelireittien alueilla. Pohjan muokkaukset heikentävät hieman rannikkovesimuodostumien hydro-morfologista tilaa. kaapelireitit jakautuvat usean eri rannikkovesimuodostuman alueelle ja alustavien laskelmien mukaan lisäävät muutetun pohjan alaa 0,3–2,8 ha ja osuutta 0,01–0,1 % eli hyvin vähän. Enimmillään suhteellinen vaikutus olisi vaihtoehdon MVE2a rantautumisalueella Månasvikenissä, jossa muutetun pohjan osuus on nykytilassa arvioitu olevan pienveneväylien takia 1–2 %. Alustavasti suunnitellut läjitysalueet sijaitsevat pääosin vesienhoidon vesimuodostumien ulkopuolella. Toiminnan aikana vaikutuksia ulottuu rannikkovesimuodostumiin myös tuulimuutoksen aiheuttamina virtaus- ja sekoittumismuutoksina, jotka mallinnuksen mukaan jäisivät kauempana puistosta pääosin lieviksi. Hankkeen ei arvioida myöskään toiminta-aikana heikentävän alueen rannikkomuodostumien ekologista tilaa tai estävän hyvän tilatavoitteen saavuttamista. Käytön aikana tuulivoimaloista ei liukene merkittävässä määrin haitta-aineita veteen, eikä hankkeen arvioida heikentävän myöskään rannikkovesimuodostumien kemiallista tilaa.

Hankealuetta koskee myös Suomen merenhoitosuunnitelman kokonaisuus, siinä asetettu hyvän tilan tavoite sekä erilliset ympäristötavoitteet (asetettu vuosille 2018–2024) *(Suomen ympäristökeskus 2019)*. Merenhoitosuunnitelman toisen toimintakauden ympäristötavoitteiden pääteemoja ovat muun muassa: ravinnekuormituksen vähentäminen, haitallisten aineiden kuormituksen vähentäminen, roskaantumisen vähentäminen, haitallisten vieraslajien leviämisen estäminen, merellisten luonnonvarojen käytön kestävyys sekä luonnonsuojelu ja ennallistaminen *(Suomen ympäristökeskus 2019)*.

Merenhoidon suunnittelussa meriympäristön hyvää tilaa arvioidaan 11 kuvaajan avulla ja käyttämällä niihin liittyviä indikaattoreita. Vesien- ja merenhoitosuunnitelman tavoitteista ja toimenpiteistä olennaisimpia hankkeen ja hankkeen toimialueen kannalta ovat todennäköisesti ne kokonaisuudet, joissa keskitytään ravinnekuormituksen ja roskaantumisen vähentämiseen sekä merenpohjan koskemattomuuteen ja elinympäristöjen tilan parantamiseen. Seuraavassa taulukossa

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

on tarkasteltu meriympäristön tilaa ja hankkeen vaikutuksia kuvaajiin (Taulukko 5-12). Merenhoidon mukaisten eri kuvaajien tila-arvioita (Korpinen ym. 2018) on päivitetty perustuen uusimpiin Suomen meriympäristön tila 2024 -verkkosivuston (*Ympäristöhallinnon verkkopalvelu 2025*) tietoihin sekä merenhoidon tausta-asiakirjoihin (esim. *Ekebom ym. 2024*). Taulukossa on käsitelty myös kalastoa ja kalastusta, mutta tarkempi vaikutusarviointi kalaston ja kalastuksen osalta on esitetty luvussa 6.

Taulukko 5-12. Hankkeen vaikutus merenhoitosuunnitelmassa määriteltyihin meriympäristön hyvän tilan kuvaajiin (Korpinen ym. 2018, Ekebom ym. 2024, Ympäristöhallinnon verkkopalvelu 2025).

Meriympäristön hyvän tilan kuvaajat		
Kuvaaja	**Selitys**	**Nykytila 2024 ja arvio hyvän tilan saavuttamisesta sekä hankkeen vaikutukset tilamuuttujiin**
Meriluonnon monimuotoisuus	Luontotyyppien laatu ja esiintyminen ja lajien levinneisyys ja runsaus vastaavat vallitsevia fysiografisia, maantieteellisiä ja ilmastollisia oloja.	Hyvää tilaa ei ole kaikilta osin saavutettu. Merenpohjan laajoista elinympäristöistä hyvässä tilassa arvioidaan olevat erityisesti halokliinin yläpuoliset pimeät pohjat (circalitoraali). Heikko tila johtui ainoastaan vahingollisen häiriön laajuudesta: useat valoisan vyöhykkeen merenpohjat olivat heikossa tilassa erityisesti rehevöitymisen takia ja Suomenlahden syvät pohjat hapettomuuden tai saastuneiden sedimenttien takia. Perämerellä, Merenkurkussa ja Selkämerellä ei esiinny ulkomeren elinympäristöjä pysyvän suolaharppauskerroksen puuttumisen vuoksi. Pohjanlahden rakkohaurun tila on pysynyt vakaana, mutta punalevien esiintymisvyöhyke Selkämerellä on siirtynyt lähemmäs pintaa eli tila näyttää heikentyneen. Lounaisilla rannikkoalueilla ja Suomenlahdella makrolevien tila on osin parantunut. Pohjaeläinyhteisöt ovat muta- ja hiekkapohjilla hyvässä tilassa suurimmassa osassa merialuetta, mutta Suomenlahden avomeri ja ulommat rannikkovedet sekä Ahvenanmaan, Merenkurkun ja Perämeren sisemmät rannikkovedet ovat heikossa tilassa. Ulappaekosysteemi on kokonaisuudessaan heikossa tilassa sekä Suomen avomeri- että rannikkoalueilla. Perämeren avomerialueen ja Perämeren ja Merenkurkun rannikkoalueiden kasviplanktonyhteisöt ovat kuitenkin ravintoverkkoindikaattorin osalta hyvässä tilassa.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Meriympäristön hyvän tilan kuvaajat		
Kuvaaja	**Selitys**	**Nykytila 2024 ja arvio hyvän tilan saavuttamisesta sekä hankkeen vaikutukset tilamuuttujiin**
Meriluonnon monimuotoisuus		Harmaahylkeiden indikaattorit osoittavat kannan tilan olevan hyvä kaikilla merialueilla. Norppakannan tila on hyvä Perämeren ja Merenkurkun alueella, mutta muilla alueilla heikko norppien määrän ja levinneisyyden jäädessä alle kynnysarvojen johtuen osin jäähabitaatin heikkenemisestä. Meritaimenkantojen tila on erittäin heikko kaikilla merialueilla ja myös Perämeren vaellussiikakannat on myös arvioitu heikkoon tilaan. Merilintujen 25 arvioidusta pesivästä lajista 55–73 % arvioitiin hyvään tilaan, riippuen merialueesta. Pohjanlahdella kaikkien muiden lajiryhmien tila arvioitiin hyväksi, mutta pohjaeläimiä syövien kokosukeltajien ja kahlaajien tila on heikko. **Merituulivoimapuiston alueella voi esiintyä uhanalaisia valkokatka-merivalkokatkapohjia ja riuttoja. Valkokatkojen ja merivalkokatkojen runsaudessa esiintyy suurta vaihtelua vuosien välillä, joten uhanalaisen luontotyypin sijaintikin vaihtelee vuosittain. Riutat ovat syvällä hyvin karuja ja riuttoja lähinnä geologisilta piirteiltään. Merituulivoimapuiston rakentamisen aiheuttamalla samentumalla ja sedimentaatiolla ei arvioida aiheutettavan haittaa luontotyyppien laadulle ja esiintymiselle eikä lajien esiintymiselle tai runsaudelle. Toiminnan aikaisilla virtausmuutoksilla voi olla vaikutusta sedimentaatioon ja termokliinin syvyyteen. Muutosten suuruus on mallinnuksen mukaan kuitenkin sen verran vähäistä, ettei sillä arvioida olevan vaikutusta meriluonnon monimuotoisuuteen. Merikaapeli-/vetyputkireitit kulkevat merituuli-voimapuiston aluetta monimuotoisempien alueiden halki. Niiden alueella sijaitsee luonnonsuojelualueita, EMMA-alueita ja uhanalaisia luontotyyppejä. Kaapelien asentaminen voi aiheuttaa samentumaa, joka leviää edellä mainituille alueille sekä alueille, jossa on havaittu uhanalaisia kasvilajeja.**

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Meriympäristön hyvän tilan kuvaajat		
Kuvaaja	**Selitys**	**Nykytila 2024 ja arvio hyvän tilan saavuttamisesta sekä hankkeen vaikutukset tilamuuttujiin**
Meriluonnon monimuotoisuus		**Rakentamisen aiheuttama sedimentaatio leviää pienemmälle alueelle kuin samentuma, mutta voi peittää kovia kivipintoja ja makrofyyttejä alleen. Rakentamisen vaikutukset ovat kuitenkin ohimeneviä ja kaapeli-/vetyputkireittien valinnalla voidaan välttää se, että vaikutuksia kohdistuisi kaikista monimuotoisimmille alueille. Kaapeli-/vetyputkireiteillä ei merituulivoimapuiston toiminnan aikana ole juurikaan vaikutuksia vedenalaiseen meriluontoon.**
Vieraslajit	Ihmisen toiminnan välityksellä leviävien vieraslajien määrät ovat tasoilla, jotka eivät haitallisesti muuta ekosysteemejä.	Suomen merialueiden tila vieraslajien osalta on heikko johtuen vakiintuneiden vieraslajien levittäytymisestä ja runsastumisesta. Vieraslajeja kuvaavien indikaattorien mukaan Suomen merialueet ovat hyvässä tilassa ainoastaan uusien vieraslajien leviämisen osalta, sillä uusia vieraslajeja ei saapunut merialueelle arviointikauden 2017–2022 aikana. Muut indikaattorit osoittavat heikkoa tilaa, joten kokonaisuudessaan hyvää tilaa vieraslajien suhteen ei ole saavutettu. **Hankealueella esiintyy mm. vakiintunutta vieraslajia liejuputkimatoa, joka voi hyötyä rakentamisen aikaisesta häiriöstä. Matalimpien alueiden voimalarakenteet voivat hyödyttää kiinnittyvistä pohjaeläinlajeista mm. kaspianpolyyppia, mutta vaikutus arvioitiin vähäiseksi molempien lajien osalta, sillä ne ovat verrattain vakiintuneita lajeja hankealueella. Alueelle potentiaalisesti leviävistä kiinnittyvistä lajeista mm. vaeltajasimpukka voi hyödyntää uusia rakenteita, mutta todennäköisesti leviäminen on niin hidasta, ettei kyseinen tai muut lajit muuta olennaisesti alueen ekosysteemiä.**

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Meriympäristön hyvän tilan kuvaajat		
Kuvaaja	**Selitys**	**Nykytila 2024 ja arvio hyvän tilan saavuttamisesta sekä hankkeen vaikutukset tilamuuttujiin**
Kaupalliset kalalajit	Populaatiot ovat turvallisten biologisten rajojen sisällä siten, että populaation ikä- ja kokojakauma kuvastaa kannan olevan hyvässä kunnossa.	Suomen vesillä kalastuksen kohteena olevasta kahdesta silakkakannasta ja yhdestä kilohailikannasta vain Pohjan-lahden silakkakannan katsotaan olevan hyvässä tilassa tarkastelujaksolla 2017–2022. Syy heikentyneeseen tilaan on voimakas kalastus. Molemmat Perämeren lohikannoista ovat hyvässä tilassa. Alkuperäisten meri-taimenkantojen tila Suomenlahdella ja Selkämerellä arvioidaan heikoksi. Muille merialueille tila-arvioita ei tehty. Ankerias on heikossa tilassa koko Suomen merialueella Rannikkolajien kuten kuhan, vaellussiian ja ahvenen kantojen tila arviot ovat puutteellisen aineiston takia epävarmoja. Ahvenen kanta arvioidaan kuitenkin hyväksi. Kovimman kalastuspaineen kohteina olevien Saaristomeren kuhakannan ja Perämeren jokien jäljellä olevien vaellussiikakantojen osalta arvioitiin, että hyvää tilaa ei edelleenkään saavutettu tarkastelujaksolla 2017–2022. Perämeren siikakantojen osalta heikko tila kattaa myös niiden muut tärkeimmät syönnösalueet eli Merenkurkku ja Selkämeri. **Hankkeella ei ole merkittävää vaikutusta kaupallisesti hyödynnettäviin kalalajeihin. Kaapelireittien alueella voi esiintyä tilapäisiä haittavaikutuksia samentumisesta johtuen ja pidempiaikaisia vaikutuksia, mikäli tärkeimpiä kutualueita ei pystytä kiertämään. Kutualueiden tarkempi selvitys vaatii kuitenkin lisätutkimuksia. Laajemmin koko kaupallisesti tärkeiden kalalajien populaatiot huomioiden hankkeesta ei aiheudu merkittäviä haittavaikutuksia Merenkurkun ja Perämeren merialueella**.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Meriympäristön hyvän tilan kuvaajat		
Kuvaaja	**Selitys**	**Nykytila 2024 ja arvio hyvän tilan saavuttamisesta sekä hankkeen vaikutukset tilamuuttujiin**
Ravintoverkot	Kaikki tekijät, siltä osin kuin ne tunnetaan, esiintyvät tavanomaisessa runsaudessaan ja monimuotoisuudessaan ja tasolla, joka varmistaa lajien pitkän aikavälin runsauden ja niiden lisääntymiskapasiteetin täydellisen säilymisen.	Suomen merialueen ravintoverkko arvioidaan kokonaisuudessaan hyväksi koko Pohjanlahdella. Sen sijaan Ahvenanmeren-Saaristomeren alueella, Pohjois-Itämerellä ja Suomenlahdella useampi trofiakilta arvioitiin heikkoon tilaan, mikä tarkoittaa koko ravintoverkon olevan heikossa tilassa näillä alueilla. **Hankkeella ei ole merkittävää vaikutusta ravintoverkkoihin, merkittävimpien vaikutusten eli merenpohjan menetyksistä ja samentumisesta johtuva pohjaeläimistön kautta aiheutuva vaikutus arvioitiin tilapäiseksi.**
Rehevöityminen	Ihmisen aiheuttama rehevöityminen, erityisesti sen haitalliset vaikutukset, kuten biologisen monimuotoisuuden häviäminen, ekosysteemien tilan huononeminen, haitalliset leväkukinnat ja merenpohjan hapenpuute, on minimoitu.	Hyvää tilaa ei ole saavutettu. Suomen merialue on edelleen rehevöitynyt. Erityisesti ravinnepitoisuudet ja kasviplanktonin klorofyllipitoisuus ovat kaikilla avomerialueilla liian korkeita ja näkösyvyys liian matala. Yksittäisten rannikkovesityyppien tasolla ainoastaan Merenkurkun ulkosaariston tila on rehevöitymiskuvaajan suhteen hyvä. Jokien tuoma ravinnekuormitus ei ole laskenut 2000-luvulla, mikä ennustaa, että rehevöityminen ei tule parantumaan ilman merkittäviä kuormitusvähennyksiä. Perämeren osalta kokonaistyppi ja/tai -fosfori sekä näkösyvyys täyttävät keskimäärin hyvän tilan tavoitearvot rannikkovesissä, mutta eivät avomerellä. Perämeren avomerialueella ravinneindikaattoreista vain epäorgaaninen fosfori ilmensi hyvää tilaa. Kasviplanktonin määrää kuvaavan a-klorofylli-pitoisuuden, ja näkösyvyyden osalta kaikki Perämeren osa-alueet ovat heikossa tilassa. Pohjan happitilanne ja pohjaeläinyhteisöt ovat hyvässä tilassa Perämeren avimerialueella. Myös Perä-meren ulommissa rannikkovesissä happipitoisuus on hyvä, mutta laskusuunnassa.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Meriympäristön hyvän tilan kuvaajat		
Kuvaaja	**Selitys**	**Nykytila 2024 ja arvio hyvän tilan saavuttamisesta sekä hankkeen vaikutukset tilamuuttujiin**
Rehevöityminen		**Hankkeen rakentamisvaiheen ruoppausten yhteydessä voi sedimentistä vapautua ravinteita, lähinnä fosforia, millä voi olla vähäinen merialueen rehevyyttä lisäävä vaikutus ja tämä voi näkyä lisääntyneenä plankton- ja rihmalevätuotantona paikallisesti. Vaikutus on kuitenkin tilapäinen ja vain pieni osa sedimenttiin sitoutuneesta fosforista on suoraan perustuottajille käyttökelpoista ja päätyy tuottavaan pintakerrokseen tai rantavyöhykkeeseen.**
Merenpohjan koskemattomuus	Suoraan tai epäsuorasti merenpohjaan kohdistuvat vaikutukset ovat sellaisella tasolla, että ekosysteemien rakenne ja toiminnot on turvattu ja pohjaekosysteemiin ei kohdistu haitallisia vaikutuksia.	Tila oli vuonna 2018 pääosin hyvä ja hyvä tila on mahdollista ylläpitää toteuttamalla olemassa olevia ja joitain uusia toimenpiteitä. Vuoden 2024 tila-arviosta julkaistuissa tiedoissa ei ole saatavissa päivitettyä arvioita tämän kuvaajan tilasta. **Hankkeessa menetetään merenpohjaa voimaloiden sekä merisähköasemien perustusten alta, lisäksi aiheutetaan häiriötä kaapelireittien alueella enimmillään muutamien kymmenien hehtaarien alalla valituista vaihtoehdoista riippuen. Pohjia menetetään perustustavasta riippuen maksimissaan noin 0,24 km2 (0,05 %) alueella tuulivoimapuistossa. Tuulivoimapuiston merenpohja on karua ja vähälajista ja elinympäristöjen tila on arvioitu hyväksi (ulkomeren elinympäristö, ulkomeren pohjaeläinyhteisöt-indikaattorit). Hankkeen suunnittelun edetessä tarkennetaan tietoja habitaattikohtaisten menetysten osalta** **Ekosysteemin rakenne ei häiriinny voimalarakenteiden aiheuttamien pohjien menetysten johdosta, eikä rakentamisella ole merkittävää vaikutusta ottaen huomioon koko Perämeren sekä Merenkurkun merenpohjan laajat elinympäristöt.**

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Meriympäristön hyvän tilan kuvaajat		
Kuvaaja	**Selitys**	**Nykytila 2024 ja arvio hyvän tilan saavuttamisesta sekä hankkeen vaikutukset tilamuuttujiin**
Hydrografiset muutokset	Olosuhteiden pysyvät muutokset eivät vaikuta haitallisesti meren ekosysteemeihin	Hydrografisten muutosten pinta-alat arvioitiin kokonaisuudessaan vähäisiksi kaikilla alueilla ja siksi Suomen rannikkovedet ovat niiden osalta hyvässä tilassa. Perämerellä muuttuneiden rannikkoalueiden pinta-alaksi arvioidaan 0,25 %. **Tuulivoimapuiston rakenteet sekä vedyn tuotannosta aiheutuva vähäinen suola- ja lämpökuorma vaikuttavat paikallisesti hydrografisiin olosuhteisin voimaloiden tai keskitettyjen vedyntuotantoasemien lähialueella. Tuulivoimapuiston toiminnan aikainen tuulihäviö vaikuttaa vesien virtauksiin ja sekoittumiseen laajalla alueella, mutta nämä muutokset arvioitiin kokonaisuutena lieviksi. Hydrografisista muutoksista aiheutuvat ekosysteemitason vaikutukset arvioitiin vähäisiksi.**
Epäpuhtauksien (haitalliset ja vaaralliset aineet) pitoisuudet	Pitoisuudet tasoilla, jotka eivät johda pilaantumisvaikutuksiin.	Ympäristömyrkkyjen pitoisuudet ovat yleisesti vähentyneet Itämeressä, mutta yksittäisten aineiden pitoisuudet ovat edelleen liian korkeita ja osoittavat heikkoa tilaa. Koko merialueen mittakaavassa 80 % mitatuista aineindikaattoreista osoittavat hyvää tilaa ja 20 % heikkoa tilaa. Liian korkeita pitoisuuksia mitattaan tributyylitinalle ja kuparille pintasedimentissä sekä palonestoaineille (PBDE) ahvenessa ja silakassa. **Alueella todetut haitta-ainepitoisuudet huomioidaan läjityksen suunnittelussa**
Kalojen epäpuhtaustasot	Epäpuhtaustasot eivät ylitä lainsäädännössä tai muissa asiaa koskevissa normeissa asetettuja tasoja.	Suomalaiset syövät Itämerestä pyydystetyistä kaloista eniten silakkaa, ahventa ja lohta. Silakasta mitattujen 10 vaarallisen aineen pitoisuudet ovat vuoden 2017 mittauksien mukaan kaikki alle haitallisia vaikutuksia osoittavan kynnysarvon. Arvio osoittaa Itämeren ole-van hyvässä tilassa syötäväksi tarkoitetun silakan osalta. **Hanke ei aiheuta muutoksia kalojen haitta-ainepitoisuuksissa, sillä kalat todennäköisesti karkottuvat alueelta ennen ruoppaus- ja läjitystöiden alkua. Kontaminoituneista sedimenteistä aiheutuva riski on arvioitu pieneksi.**

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Meriympäristön hyvän tilan kuvaajat		
Kuvaaja	**Selitys**	**Nykytila 2024 ja arvio hyvän tilan saavuttamisesta sekä hankkeen vaikutukset tilamuuttujiin**
Meren roskaantuminen	Ei aiheuta ominaisuuksiltaan eikä määrältään haittaa rannikko- ja meriympäristölle.	Roskien määrä rannoilla on arvioitu ensimmäistä kertaa meriympäristössä ja tila arvioitiin hyväksi Selkämerellä ja Merenkurkussa. Perämeren, Saaristomeren ja Suomenlahden rannoilla roskamäärät ylittävät kuitenkin kynnysarvon. Mikroroskien ja merenpohjan makroroskien osalta tila-arviota ei vielä voitu tehdä, sillä seurantatietoa ei ole kertynyt riittävästi, eikä niille ole asetettu hyvän tilan kynnysarvoja. **Hankkeessa pyritään ensisijaisesti käyttämään rakennusmenetelmiä, joista ei aiheudu roskaantumista. Vähäistä roskien leviämistä saattaa aiheutua rakentamisvaiheessa. Roskien ajautumista rannoille seurataan havaintojen perusteella ja havaitut roskat kerätään pois.**
Energia ja melu	Ei ole tasoltaan sellaista, että se vaikuttaisi haitallisesti meriympäristöön	Vedenalaista melua arvioidaan jatkuvan ja hetkellisen melun avulla. Hetkellisen melun kannalta tila arvioidaan hyväksi, mutta arviossa on suurta epävarmuutta johtuen aineiston heikosta saatavuudesta, koska se kerätään vapaaehtoisella ilmoitusmenettelyllä. Jatkuva melu ylittää luontaisen äänenpainetason 20 dB:llä yli viidesosassa Suomenlahden ja Pohjois-Itämeren altaista, mikä ylittää kansainvälisesti sovitun kynnysarvon ja nämä merialueet arvioitiin heikkoon tilaan. **Tuulivoimaloiden rakentamistyöt ja niihin liittyvä alusliikenne lisäävät hetkellistä vedenalaista melua alueella ja toiminnan aikana syntyy vähäistä jatkuvaa vedenlaista melua. Laineen hankkeessa on tehty melumallinnus, eikä sen arvioida olennaisesti heikentävän meriympäristön tilaa vedenalaisen melun osalta Perämerellä tai Merenkurkussa.**

5.7 Arvioinnin epävarmuudet

Suunnitellun hankkeen vesistövaikutusten arviointi perustuu käytössä oleviin tutkimuksiin sekä YVA-menettelyä varten tehtyihin selvityksiin hankealueella. Merituulivoimasta on vasta vähän käytännön kokemuksia Suomen olosuhteissa. Arviointiin sisältyy tiettyjä epävarmuustekijöitä, koska arviointityössä on ajoittain jouduttu käyttämään oletuksia sekä esimerkiksi ulkomaisia tutkimustuloksia kokemusperäisen ja Suomen olosuhteisiin perustuvan tiedon puuttumisen takia.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Epävarmuutta liittyy myös käytettyyn tutkimusaineistoon, jota ei hankealueen laaja mittakaava huomioon ottaen ole käytettävissä kuin osasta hankealuetta. Aineistoa on kuitenkin kerätty useampana vuonna, jonka voidaan arvioida lisäävän aineiston luotettavuutta ja helpottavan vuosien välisen vaihtelun huomioimista arvioinnissa.

Luontotyyppitiedot perustuvat osittain mallinnuksiin, joihin sisältyy epävarmuuksia, mutta aineistoa on myös täydennetty maastokartoituksin. Tehtyjen tutkimusten perusteella pystyttiin kuitenkin luomaan yleiskuva hankealueen merenpohjasta, sen eliöstöstä sekä luontotyypeistä ja hankealueen ulkopuolelta peräisin olevia kartoitustietoja pystyttiin hyödyntämään arvioinnissa.

Arvioinnissa käytettiin aineistona esitettyjä aineistoja merialueen ympäristön ominaisuuksista ja tilasta sekä mallinnusta sameuden, sedimentaation, lämpötilan, suolapitoisuuden ja virtausten muutoksista (*Niras 2023a* liite 2). Jotkut aineistoista olivat mallinnuksia eivätkä mallit kuvasta todellisuutta yhtä varmasti kuin luonnossa havaittu tai mitattu tieto. Mallinnukset on kuitenkin tehty niin kattavasti kuin saatavilla olevalla lähtötiedolla on voitu.

Keskeisenä vaikutusalueen määrittelyssä käytettiin hankkeessa laadittua virtaus- ja vedenlaatumallinnusta, jossa käytettiin hankealueella tehtyjä virtaus- ja vedenlaatumittauksia. Mallinnus on parhaimmillaankin yksinkertaistettu matemaattinen kuvaus vesien liikkeistä ja aineiden kulkeutumisesta ja mallinnuksiin liittyy aina epävarmuutta. Hankkeessa käytetyn mallin toimivuutta testattiin kalibroimalla se paikallisiin olosuhteisiin käyttäen olemassa olevaa dataa mm. vedenkorkeuksista, virtauksista, lämpötilasta ja suolaisuudesta. Mallinnuksessa jouduttiin tekemään paljon oletuksia liittyen mm. merituulivoimaloiden rakenteisiin, rakentamisvaiheen työmenetelmiin ja niistä aiheutuvaan kuormitukseen sekä töiden aikatauluun. Oletukset pyrittiin tekemään kuitenkin maksimivaikutusperiaatteella ja tulokset kuvaavat siten laajinta mahdollista vaikutusta ja osittain menevät sen ylikin.

Mallinnusta tarkennetaan hankkeen myöhemmissä vaiheissa, kun tarkempi voimaloiden sijainti, pohjatutkimukset yms. tarkentuvat hankkeen edetessä. Yleisesti mallinnus on paras tapa simuloida uuden hankkeen konkreettisia vaikutuksia ja epävarmuustekijöistä huolimatta, sillä laskenta antaa hyvän kuvan sedimentin maksimaalisesta leviämisestä vesistössä rakennusaikana sekä käytönaikaisista muutoksista merialueen hydrodynamiikassa. Mallitulosten tulkinnassa yksittäisille laskentatuloksille ei tule antaa liikaa painoarvoa, vaan mallinnuksen tarkoitus on kokonaisuutena auttaa asiantuntijoita johtopäätösten teossa.

Muita käytettyjä malleja olivat mm. GTK:n malli riutoista ja vedenalaisista hiekkasärkistä, SYKEn mallit uhanalaisista luontotyypeistä, GTK:n malli merenpohjan kovista ja pehmeistä pohjista, jonka perusteella merituulivoimapuiston vedenalaisten luontotyyppien ja kiinnittyvien pohjaeläinten kartoitukset kohdistettiin alueen koville pohjille sekä Traficomin merikartta-aineisto, jonka perusteella kaapeli-/vetyputkireittien vedenalaisten luontotyyppien ja pohjaeliöstön kartoitukset kohdistettiin riuttamaisille kohoumille.

Mallien käyttö on perusteltua, sillä etenkin syviltä merialueilta on hyvin vähän olemassa olevaa tietoa mm. pohjanlaadusta ja lajistosta. VELMU-kartoitukset ovat hankealueella kohdistuneet lähinnä monimuotoisuuden kannalta tärkeimpiin mataliin alueisiin. Kenttäkartoituksissa raportoitiin lajiston lisäksi pohjalaatu, joten arviossa pystyttiin hyödyntämään mallia tarkempaa aineistoa pohjanlaadusta. Kerätty aineisto yhdessä VELMU-hankkeen materiaalien kanssa antaa yhtenäisen ja riittävän tarkan käsityksen alueen vedenalaisista luontoarvoista. Mallien avulla selvitettiin lisäksi ympäristössä tapahtuvia muutoksia, joita havaintoaineistolla ei voida tutkia, joten tässäkin kohdin mallin käyttö on perusteltua.

Hankealueelta ei ole kenttäkartoituksin varmennettua tietoa alueella esiintyvistä riutoista ja vedenalaisista hiekkasärkistä. Kartoituspisteiden sijainti määritettiin ennalta perustuen merituulivoimapuistossa GTK:n kovat ja pehmeät pohjat -malliin ja kaapeli-/vetyputkireiteillä Traficomin merikartta-aineistoon tavoitteena kohdistaa kartoitukset alueen koville pohjille ja potentiaalisille riutoille. Koviin pohjiin luokittuvat maalajit sorasta lohkareisiin sekä kalliopaljastumat ja pehmeisiin pohjiin maalajit liejusta hiekkaan. Kartoitukset kohdistuivat kovien pohjien lisäksi pehmeille

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

pohjille, etenkin hiekkapohjille, joten malliin merenpohjan kovista ja pehmeistä pohjista liittyy jonkin verran epävarmuutta. Merituulivoimapuiston alueella 12 % pisteistä kohdistui koville pohjille (kovan pohjan osuus yli 50 % kartoitetun alueen pinta-alasta) ja kaapeli-/vetyputkireiteillä 27 %.

Merikartta-aineisto on myös osittain mallinnettua tietoa, jolloin kartalla sijaitseva kohouma ei välttämättä todellisuudessa ole kohouma. Tulokset kartoitusten lajistosta ja luontotyypeistä eivät täysin luotettavasti kuvaa alueen riuttojen lajistoa, sillä kartoituksia ei kohdistettu kenttäkartoituksin varmistetuille riutoille.

Natura-luontotyyppikuvauksista puuttuvat Perämeren riutat, jotka poikkeavat hyvin paljon Natura-luontotyyppikuvauksen riutoista. Perämeren riutat tulisikin tarvittaessa lisätä Natura-luontotyyppilistaukseen luontotyyppikuvauksineen vaikutusten arvioinnin tueksi, jotta kaikilla olisi yhtenäinen käsitys siitä mikä on Perämerelle tyypillisten riuttojen asema niiden edustavuuden ja suojelun näkökulmasta. Metsähallituksen luonnonsuojelun erityisasiantuntijan, Essi Keskisen, mukaan Perämeren riutat ovat monimuotoisimmillaan 2–5 metrin syvyydellä, kun niillä esiintyy eri vesisammallajeja (*Keskinen 2024*). Tässä arvioinnissa on käytetty aineistona sekä GTK:n mallia riutoista että edellä mainittua kuvausta Perämeren riuttojen monimuotoisuudesta.

Hankkeen jatkotutkimuksissa potentiaalisten riuttojen sijainti tulee selvittää kaikuluotausten perusteella. Viistokaikuluotauksen avulla voidaan selvittää kohoumien pohjanlaatua, jolloin saadaan selville, onko kyse riutasta vai hiekkasärkästä, ja varmistaa rinteiden jyrkkyys, ettei kyse ole todellisuudessa lähinnä tasaisesta pohjasta. Viistokaikuluotausaineiston perusteella drop video- ja sukelluskartoitukset voidaan kohdistaa riuttamaisille kohoumille ja kartoittaa niiden lajistoa ja esimerkiksi kudun esiintymistä ja näin arvioida kyseisten riuttojen luontoarvoja. Epävarmuutta liittyy mm. siihen, että merituulivoimaloiden lopulliset rakennuspaikat eivät ole tässä vaiheessa vielä tarkasti tiedossa. Lopulliset sijaintipaikat ratkeavat vasta voimalamallin valinnan, geoteknisten tutkimusten ja tarkemman rakennussuunnittelun jälkeen.

Yhteisvaikutusten arviointiin liittyy epävarmuuksia merituulivoimapuistojen rakennusaikatauluihin liittyen. Vaikutusarvio on tehty nykyisillä tiedoilla aikatauluista, joissa Laine ja Kappa rakennetaan eri aikana, mutta todellisuudessa tilanne voi muuttua, jos aikatauluissa tapahtuu muutoksia.

Läjitysalueen 4 osalta ei ole ollut käytettävissä kattavia tietoja, mikä tuo arviointiin epävarmuutta. Aluetta suositellaan selvitettävän myöhemmin vesilupaan mennessä tarkemmin, mikäli sen käytölle nähdään tarvetta.

MVE4/VVE2- ja MVE5/VVE3 -reittien pohjanlaaduista ei ollut luodattua tietoa käytössä, joten arvio menetetyistä pohjista perustuu MVE1–3 reittien tietoihin sekä julkisesti saatavilla olevaan karkeaan maaperätietoon.

Merinisäkkäisiin kohdistuviin vaikutuksiin liittyy epävarmuuksia. Merituulivoimapuistojen vaikutuksia hylkeisiin on tutkittu jonkin verran, mutta kattavaa tutkimusaineistoa ei ole saatavilla. Hylkeiden kanta-arviot ja tiedot vuodenaikaisvaelluksista ovat suuntaa antavia ja niihin liittyy epätarkkuuksia.

Olemassa olevan tutkimustiedon määrä on vähäinen. Merinisäkkäitä havainnoitiin mahdollisuuksien mukaan linnustotarkkailun yhteydessä helikopterista käsin jääpeitteiseen aikaan sekä venelaskentojen yhteydessä avovesiaikana. Näin saatiin havaintoja alueella esiintyvistä yksiköistä, joskaan kartoitusta ei suunniteltu erityisesti hyljetarkkailun näkökulmasta. Hylkeitä tarkkaillaan kuitenkin myös viranomaisen toimesta helikopterista käsin eli tältä osin kartoituksessa oli myös yhteneväisyyttä viranomaisen käyttämään menetelmään.

Sekä Itämeren norppa että harmaahylje käyttävät Laineen merituulivoimapuiston hankealuetta säännöllisesti oleskeluun ja lisääntymiseen (*Helcom 2013*). On oletettavissa, että harmaahylkeet käyttävät hankealuetta ympäri vuoden. Ne voivat mahdollisesti käyttää aluetta myös ravinnon hankintaan tai vaelluskäytävänä maallenousualueelta toiselle. Laineen merituulivoimapuisto ei kuitenkaan ole tärkeä ravinnonhankinta-alue harmaahylkeelle tai norpalle, mitä tukee se, että

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Laineen merituulivoimapuiston kalamäärät eivät ole merkittäviä. Siksi alueen merkitys Itämeren harmaahylkeelle arvioidaan pieneksi tai kohtalaiseksi ja itämerennorpalle kohtalaiseksi. Näin ollen, vaikka hankkeen YVA-menettelyn yhteydessä ei tehty varsinaista hyljekartoitusta, voidaan saatua tietoa alueen merinisäkkäistä pitää riittävänä pohjana luotettavan vaikutusarvioinnin tueksi.

5.8 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen

Vedenlaatu ja vedenalainen luonto

Merituulivoimapuiston sijoittamisella syville merialueille voidaan lähtökohtaisesti ehkäistä meriluonnon kannalta kaikkein haitallisimpia vaikutuksia. Suomen merialueilla monimuotoisimmat ja tärkeimmät alueet sijaitsevat matalikoilla, joita tuulivoimapuiston alueella ei ole tämänhetkisten tietojen perusteella. Pohjien menettämisen osalta aiheutuvia vähäisiä haittoja voidaan ehkäistä valitsemalla perustustapa, jonka vaatima pohjan ala on mahdollisimman pieni. Merituulivoimapuiston koko hankealueen pinta-alaan suhteutettuna kaikkien perustustyyppien viemä pinta-ala on kuitenkin alhainen. Merikaapelit/vetyputki pyritään viemään mahdollisimman syvillä alueilla, jolloin matalimmat ja keskimäärin monipuolisemmat alueet jäävät kaapelien/vetyputken sijoituskohteiden ulkopuolelle.

Suojeltujen vedenalaisten luontotyyppien välittömään läheisyyteen sijoitettavien merikaapelien rakennustöitä voidaan pyrkiä mahdollisuuksien mukaan aikatauluttamaan siten, että voimakkainta sameutta aiheuttavat työt tehdään suojeltujen luontotyyppien kasvukauden ulkopuolella. Toinen vaihtoehto on, että arvokkaimmat alueet kierretään riittävän etäältä. Tarkempi reittisuunnittelu tehdään hankkeen myöhemmässä suunnittelu- ja luvitusvaiheessa huomioiden myös teknistaloudelliset vaatimukset ja reitin toteuttamiskelpoisuus. Kaapelit/putki pyritään sijoittamaan mahdollisimman syville alueille, jolloin myös vältetään matalikkojen luontoarvoja. Kaapelien asentamistavan valinnalla voidaan ehkäistä mahdollisia haitallisia vaikutuksia, vaihtoehtoja on arvioitu aiemmissa luvuissa. Hankkeen mittakaava huomioiden rakentaminen tulee kuitenkin pystyä toteuttamaan mahdollisimman joustavasti ja etenkin ulompana merellä hyödyntämään koko avovesikausi.

Rakentamisenaikaisen vedenalaisen melun sekä myös sameuden ja kiintoaineen leviämisen osalta aiheutuvia haittoja voidaan lieventää voimaloiden perustusasennuksissa kuplaverhon käytöllä, joka vaimentaa aiheutuvaa melua sekä vähentää kiintoaineen leviämistä rakentamisalueen ulkopuolelle.

Merinisäkkäät

Negatiivisten vaikutusten arvioitiin muodostuvan pääasiallisesti vedenalaisesta melusta, jonka lieventämiseen on olemassa teknisiä ratkaisuja, etenkin rakentamisen ajalle. Vaimennusvaikutus, joka on tyypillisesti noin 10–20 dB:ä on sidoksissa valittavaan tekniikkaan (*Meriläinen 2019, Koschinski & Lüdemann 2013*). Meluntorjuntakeinoja ovat vaarallisen voimakkaan äänialtistuksen vaimentaminen louhintaräjäytyksissä, jolla vähennetään kalojen ja merinisäkkäiden fyysisen kuulovaurion riskiä sekä karkottimien käyttö, jota voidaan kokeilla ennen meluavia työvaiheita. Melutasoa voidaan myös pyrkiä lisäämään vaiheittain, millä on karkottava vaikutus merinisäkkäisiin. Yksi yleisesti käytetty menetelmä on myös kuplaverho (Kuva 5-44), jota käytetään varsinkin paalutus- ja räjäytysoperaatioissa. Kuplaverho muodostetaan päästämällä paineilmaa pohjasta rei'itetyn letkun läpi, joka on ankkuroitu ja painotettu pysymään pohjassa. Ilmassa ja vedessä on erilainen akustinen impedanssi ja kun ääniaalto kohtaa ilmakuplat, ne toimivat paineen vapauttajana suuren impedanssieron vuoksi. Kuplilla on myös resonanssitaajuus, joka absorboi ääntä. Kuplaverhojen vaikutusta saadaan lisättyä luomalla erikokoisia kuplia ja kasvattamalla ilmavirtaa. (*Meriläinen 2019, Koschinski & Lüdemann 2013.*)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 5-44. Kuplaverho (Kuva: Meriläinen 2019).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

6 KALASTO JA KALASTUS

YHTEENVETO

- Merelle sijoittuvien toimintojen alueella kalastoa on selvitetty olemassa olevan tiedon, ammattikalastajakyselyiden sekä merialueella tehtyjen kalastoselvitysten perusteella. Lisäksi virkistyskalastusta on selvitetty alueen velvoitetarkkailuiden kautta sekä tässä hankkeessa tehdyn asukaskyselyn yhteydessä.
- Merituulivoimapuiston kalasto on varsin harvalukuista koostuen pelagisista parvikaloista, alueen läpi kulkevista vaelluskaloista sekä pohjakaloista. Alueella ei käytössä olevien tietojen perusteella esiinny kaupallisesti tärkeiden kalalajien kutualueita, sillä se on pääosin liian syvää soveltuakseen kutualueeksi. Alueella esiintyy kuitenkin silakkaa, arvion mukaan kaikissa vesikerroksissa ajankohdasta riippuen. Pohja on pitkälti karua hiekka- ja kivikkopohjaa, jossa esiintyy myös riuttamaisia kohoumia. Merituulivoimapuiston alueella harjoitettava kalastus on vähäistä keskittyen lähinnä muutamille verkkopaikoille, joissa pääsaalislajina on siika. Troolikalastusta ei tietojen perusteella harjoiteta.
- Kaapelireiteillä harjoitetaan kaupallista rannikkokalastusta monipuolisesti erityisesti verkko- ja rysäpyynnillä. Verkkokalastuksen pääsaalislaji oli siika. Rysillä kalastettiin lohta, siikaa, silakkaa ja muikkua sekä suomukaloja. Troolikalastusta harjoitetaan lähes kaikkien kaapelireittien läpi kulkevalla alueella.
- Kaapelireiteille tehdyn ns. kutualuesynteesin (tarkastelu alueen soveltuvuudesta kalojen kutualueeksi) perusteella syvempien alueiden riutoilla esiintyy kohtalaisesti ja paikoin runsaasti silakalle sopivia kutualueita ja toisaalta taas usean reitin alueella rannikon tuntumassa esiintyy potentiaalisia siian tai kevätkutuisten lajien poikastuotantoalueita. Reitin MVE2 kutu- ja poikastuotantoaluepotentiaali vaikuttaa hieman muita reittejä heikommalta.
- Merituulivoimapuiston sekä kaapelireitin MVE2a ja b osalta kalasto ja kalastuksen merkitys arvioitiin herkkyydeltään kohtalaiseksi. Kaikkien muiden reittien herkkyys arvioitiin suureksi.
- Merituulivoimaloiden, merisähköasemien, merituulivoimapuiston sisäisen sähkönsiirron sekä mahdollisen vedyn tuotannon ja siihen liittyvän vetyputkiston rakentamistöistä ja ruoppausmassojen meriläjityksestä aiheutuva samentuminen, vedenalainen melu ja lisääntynyt laivaliikenne voivat aiheuttaa kalojen mukaan lukien lohien karkottumista tai vaellusreittien muutoksia, joka on luonteeltaan tilapäistä.
- Alueen laajuus huomioon ottaen kalastoon kohdistuva vaikutus arvioitiin merituulivoimapuiston osalta kohtalaiseksi, lisäksi haittavaikutusta aiheutuu lisääntyneestä sedimentaatiosta, joka ei kuitenkaan uhkaa kaupallisesti tärkeitä kalalajeja tai niiden mahdollisia kutualueita merituulivoimapuiston alueella, sillä se on väliaikaista, kohdistuen rakentamisaikaan.
- Mantereelle johtavien kaapeli-/vetyputkireittien alueella samentumisesta ja lisääntyneestä sedimentaatiosta aiheutuva haittavaikutus on hetkellisesti kohtalaista. Koska työ etenee reittiä pitkin suhteellisen nopeasti, jää kokonaisvaikutus alueellisesti vähäiseksi huomioiden rakentamisen suhteellisen lyhyen keston yhdessä paikassa. Kalastus voi joillain alueilla estyä kokonaan rakentamisaikana johtuen rakentamisen aikaisista alueella liikkumisen rajoituksista ja työn aikainen samentuminen voi aiheuttaa mm. pyydysten likaantumista, jolla voi olla kielteistä vaikutusta kalansaaliisiin. Rakennustöistä tiedotetaan laajasti, jolloin kalastajat voivat nostaa pyydykset ylös merestä ennen töiden aloittamista, jolloin mm. pyydysten likaantuminen estetään. Rakentamistöistä kalastukseen kohdistuvat haittavaikutukset arvioitiin kohtalaisiksi kaapelireittien alueella.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

- Sedimenttien sisältämien haitta-aineiden aiheuttama kulkeutumisriski ja vesieliöihin kohdistuva haitta arvioitiin merkityksettömäksi tai vähäiseksi. Merituulivoimapuiston alueella tapahtuvasta ruoppauksesta, läjityksestä sekä mantereelle johtavien kaapeleiden/vetyputken asennustöistä (reitit MVE1/VVE1, MVE2-MVE3) ei aiheudu kalastoon kohdistuvaa kertymisriskiä tai muita haittavaikutuksia. Merikaapeli-/vetyputkireittien MVE4/VVE2 ja MVE5/VVE3 alueilla esiintyy kontaminoituneita sedimenttejä ja reittien ruoppaamisesta voi aiheutua haittaa vesieliöstölle. Riskit rajoittuvat pääasiassa vesirakentamisen (ruoppaus ja/tai vesipainepuhallus) ja läjitystoiminnan yhteyteen ja ovat näin ollen lyhytaikaisia ja paikallisia.
- Rakentamisaikainen vedenalainen melu arvioitiin kalastoon kohdistuvilta vaikutukseltaan kohtalaiseksi ilman lievennyskeinoja. Lievennyskeinojen esim. kuplaverhojen käyttö lieventää vaikutuksen vähäiseksi. Rakentamisen aikaisia vedenalaiseen meluun liittyviä yhteisvaikutuksia ei arvioida aiheutuvan, sillä Ruotsin talousvyöhykkeellä olevan Kappa merituulivoimahankkeen vesistötyöt alkavat vasta Laineen hankkeen vesistötöiden loppumisen jälkeen. Kahden ison merituulivoimahankkeen mahdollinen rakentaminen peräkkäin kuitenkin lisää vedenalaisen melun kestoa alueella, jolla voi sitä kautta olla kielteistä vaikutusta kaloihin.
- Kalastoon, mukaan lukien lohikaloihin, kohdistuvat melu-, välke- ja varjovaikutukset sekä sähkömagneettisen säteilyn aiheuttamat käytön aikaiset vaikutukset ovat vähäisiä. Myös vedyn tuotannosta aiheutuvan suola- ja lämpökuormituksen vaikutus arvioidaan vähäiseksi.
- Merituulivoimapuiston toiminnan aikaisista vaikutuksista merkittävimmäksi arvioitiin yleinen kalojen elinympäristön muuttuminen (uudet rakenteet ja virtaamamuutokset) ja pohjien menettäminen. Voimalayksiköt tullaan sijoittamaan laajalle merialueelle siinä määrin väljästi, ettei niillä todennäköisesti ole fyysisen esteen muodossa esiintyvää vaikutusta vaelluskalojen eikä muiden kalalajien liikkumiseen tai käyttäytymiseen, sillä kalat voivat väistää voimalarakenteet. Kalojen käyttämät reitit voivat kuitenkin mahdollisesti muuttua, etenkin kahden hankkeen yhteisvaikutuksena (Laine ja Kappa). Merituulivoimapuiston laajuus sekä kaapeli-/vetyputkireittien pituus huomioon ottaen moninaiset haittavaikutukset kaikkine epävarmuustekijöineen kalojen elinympäristöön arvioitiin kokonaisuudessaan kohtalaisiksi molemmissa hankevaihtoehdoissa.
- Yleisesti ottaen troolikalastus voi merituulivoimapuiston myötä vaikeutua, mutta nykyisellään puiston alueella ei kuitenkaan harjoiteta troolikalastusta. Merituulivoimapuiston toiminnan aikana aiheutuva kalastukseen kohdistuva haittavaikutus arvioitiin vähäiseksi, myös muut vaikutukset kuin kalastuksen estyminen (esim. meluvaikutus, elinympäristöjen muuttuminen ja niiden vaikutus kalansaaliisiin) huomioon ottaen. Energiansiirtoreittien alueella kalastukselle aiheutuvat haittavaikutukset ovat vähäisiä, sillä suojaustavat pyritään suunnittelemaan siten, ettei kalastukselle aiheudu haittavaikutuksia.

6.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Merituulivoiman ja sen oheisrakenteiden aiheuttamia kalastoon ja kalastukseen vaikuttavia tekijöitä voivat olla yleisesti ottaen muun muassa voimala- ja sähkönsiirtorakenteet itsessään, rakentamisen aikainen veden samentuminen, kalojen käyttäytymisen muuttuminen tai karkottuminen veden laadun, virtausmuutosten, sähkömagneettisten kenttien tai melun takia, millä voi edelleen olla vaikutusta myös kalastukseen. Kalastukseen kohdistuvia muutoksia voi tulla myös esimerkiksi rakentamisen aikaisten liikkumisrajoitusten takia. Lisäksi mahdollinen vedyn tuotanto voi aiheuttaa suolapitoisuuden sekä lämpötilan nousua tuulivoimapuiston alueella. Kaloihin ja kalastukseen kohdistuvia vaikutuksia ja vaikutusmekanismeja niiden taustalla on kuvattu laajemmin luvussa 6.3.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kalastoon ja kalastukseen kohdistuvia vaikutuksia arvioitiin asiantuntijatyönä olemassa olevaan tietoon (mm. velvoitetarkkailut sekä VELMU-aineisto) ja vesistövaikutusarvioon sekä tehtyyn vesistömallinnukseen (*Niras 2023a*, liite 2) perustuen, minkä lisäksi on tehty useita maastoselvityksiä (Taulukko 6-1), joiden sisältö kuvataan lyhyesti myös seuraavissa kappaleissa. Tarkemmat tiedot erillisselvityksistä ja niiden tuloksista löytyvät YVA-selostuksen liitteistä.

Sekä merituulivoimapuiston että kaapelireittien alueella harjoitettavan **kaupallisen kalastuksen** osalta on selvitetty **kalastustiedustelun** avulla vuosina 2021 sekä 2022 pyyntialueet, kalastajien määrä, saalistiedot sekä pyyntiponnistus tilastoruuduilta 18, 19 ja 24 (*Kala- ja vesitutkimus Oy 2022*, liite 8 ja *Kala- ja vesitutkimus Oy 2023a*, liite 9). Tiedustelun avulla selvitettiin lisäksi alueen kalalajistoa ja kutualueita, vaelluskalojen esiintymistä ja niiden kulkureittejä ja kaupallisesti merkittäviä kalalajeja. Troolikalastuksen osalta hankittiin lisäksi Luonnonvarakeskuksen keräämä avoin paikkatietoaineisto (**VMS-aineisto**, vuodet 2018–2022) (*Lappalainen ym. 2023*). **Vaelluskalojen esiintymistä** selvitettiin tiedustelun antamien tietojen lisäksi **kirjallisuuskatsauksella** sekä muuhun olemassa olevaan tietoon perustuen (mm. merkkipalautukset) (*Kala- ja vesitutkimus Oy 2023a,* liite 9).

Vapaa-ajankalastuksen osalta tiedot perustuvat alueen **velvoitetarkkailuihin** sekä hankkeessa tehtyyn **asukaskyselyyn** (liite 10).

Potentiaalisilla pohjakalojen esiintymisalueilla (20–30 m syvyiset alueet) toteutettiin **COASTAL-verkkokoekalastukset** maastokaudella 2022 (*Kala- ja vesitutkimus Oy 2023b,* liite 11). Koekalastetut alueet sijaitsivat pääosin suunnitellun merituulivoimapuiston koillis- ja eteläosassa. Koekalastus toteutettiin yhteensä 60 verkkoyöllä ja pyyntiponnistus jaettiin kahteen pyyntikertaan.

Vaihtoehtoisten kaapeli- ja vetyputkireittien osalta on tehty **synteesimäistä kutualue- ja poikasaluetarkastelua** (*Kala- ja vesitutkimus Oy 2023a*, liite 9). Tarkastelussa hyödynnettiin useita eri aineistoja, jotka kuvataan tarkemmin liitteessä 9.

Kaloille soveltuvista riuttamaisista ja särkkämäisistä kohteista ja muista luontotyypeistä saatiin tietoa myös hankkeessa tehdyillä **vedenalaisen luonnon kartoituksissa** maastokaudella 2022 ja 2023 (*Vasama & Leinikki 2024,* liite 3). (luku 5.1.3).

Vedenalaisen melun vaikutusten arvioinnin tueksi on **laadittu mallinnus,** jossa on arvioitu myös kalastoon kohdistuvia vaikutuksia ja tehty laaja kirjallisuuskatsaus (katso myös luku 15) (*Niras 2023b,* liite 7). Lisäksi on laadittu **ekologisen riskin arvio** (liite 6) sedimentin haitta-aineista liittyen hankkeen ruoppauksesta ja läjityksestä aiheutuviin riskeihin, jossa arvioidaan myös kalastoon kohdistuvia riskejä.

Taulukko 6-1. Kalastoon ja kalastukseen kohdistuvassa vaikutusarvioinnissa käytetyt aineistot.

Vaikutusarvioinnissa käytetyt aineistot
Kaupallisen kalastuksen kalastustiedustelu vuoden 2021 kalastuksesta (tilastoruudut 18,19,24) (liite 8)
COASTAL-verkkokoekalastukset vuonna 2022 merituulivoimapuiston matalilla alueilla (liite 11)
Kaupallisen kalastuksen kalastustiedustelu vuoden 2022 kalastuksesta (tilastoruudut 18,19, 24) (liite 9)
Asiantuntija-arvio ja kirjallisuuskatsaus vaelluskalojen esiintymisestä sis. Luonnonvarakeskuksen merkkipalautusaineistot ja kalastustiedustelujen havainnot (liite 9)
Asiantuntija-arvio kalojen lisääntymisalueista (eri aineistoihin perustuva synteesi) (liite 9)
Vedenalaisen luonnon kartoitukset vuosina 2022 ja 2023 (liite 3)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Vaikutusarvioinnissa käytetyt aineistot
Muu käytettävissä oleva aineisto (velvoitetarkkailut, Luonnonvarakeskuksen VMS-aineisto, VELMU-hankkeen aineistot, kirjallisuustiedot mm. kalatalousalueen käyttö- ja hoitosuunnitelmat sekä tutkimuskirjallisuus)
Vedenalaisen melun mallinnus sekä kirjallisuuskatsaus (liite 7)
Vesistömallinnus (liite 2)
Asukaskysely (vapaa-ajankalastukseen liittyvät kysymykset) (liite 10)

Edellä mainittujen arviointien ja selvitysten tulosten pohjalta on tehty yhteenveto, jossa arvioidaan eliöstön sopeutumista mahdollisesti muuttuneisiin olosuhteisiin sekä tilapäisiä että mahdollisia pysyviä vaikutuksia merialueen kalakantoihin ja kalastukseen. Vaikutusalueena tarkastellaan hankealuetta (merituulivoimapuisto ja energiansiirtoreitit) sekä arvioitua rakentamisvaiheen samentumien leviämisaluetta. Kalaston ja kalastuksen osalta vaikutukset on pääsääntöisesti arvioitu jokaiselle reittivaihtoehdolle erikseen. Merikaapelit tullaan sijoittamaan enintään kahdelle eri reitille (maksimissaan 5 kaapelia/yksi reitti), jolloin kahden kaapelireitin yhdistelmiä on kuusitoista (16) kappaletta. Vastaavasti vetyputki sijoittuisi ainoastaan yhdelle reitille.

Eri sähkönsiirtovaihtoehtojen yhdistelmiä merituulivoimapuistosta mantereen kantaverkon liityntäasemalle (merikaapelireitti+sähkönsiirtoreitti mantereella) on yhteensä 20 kappaletta, mutta tässä dokumentissa on huomioitu jokainen merikaapelireitti erikseen ja mantereen sähkönsiirtoreitit huomioitu YVA-selostuksen B-osassa (sähkönsiirtovaihtoehtojen yhdistelmät ks. YVA-selostuksen Yleistiedot asiakirja, luku 2.3).

6.2 Nykytila

6.2.1 Kalalajisto

Perämeren eteläosassa sijaitsevan Merenkurkun saariston matalat ulapat ja lahdet ovat monille kaloille tärkeitä alueita. Alueella esiintyy noin 40–50 kalalajia, joista esimerkiksi isotuulenkalan ja särmäneulan pohjoisin levinneisyysalue on juuri Merenkurkussa. Harvinaisin alueen kaloista on äärimmäisen uhanalainen (CR) meriharjus. Tämä murtoveteen kuteva harjuksen muoto on Pohjanlahden kotoperäinen laji, jonka kantaa hoidetaan istutuksin. Harjuksen pääasialliset esiintymisalueet Merenkurkussa sijaitsevat verrattain kaukana hankealueesta Vaasan saaristossa (*Keränen 2015*).

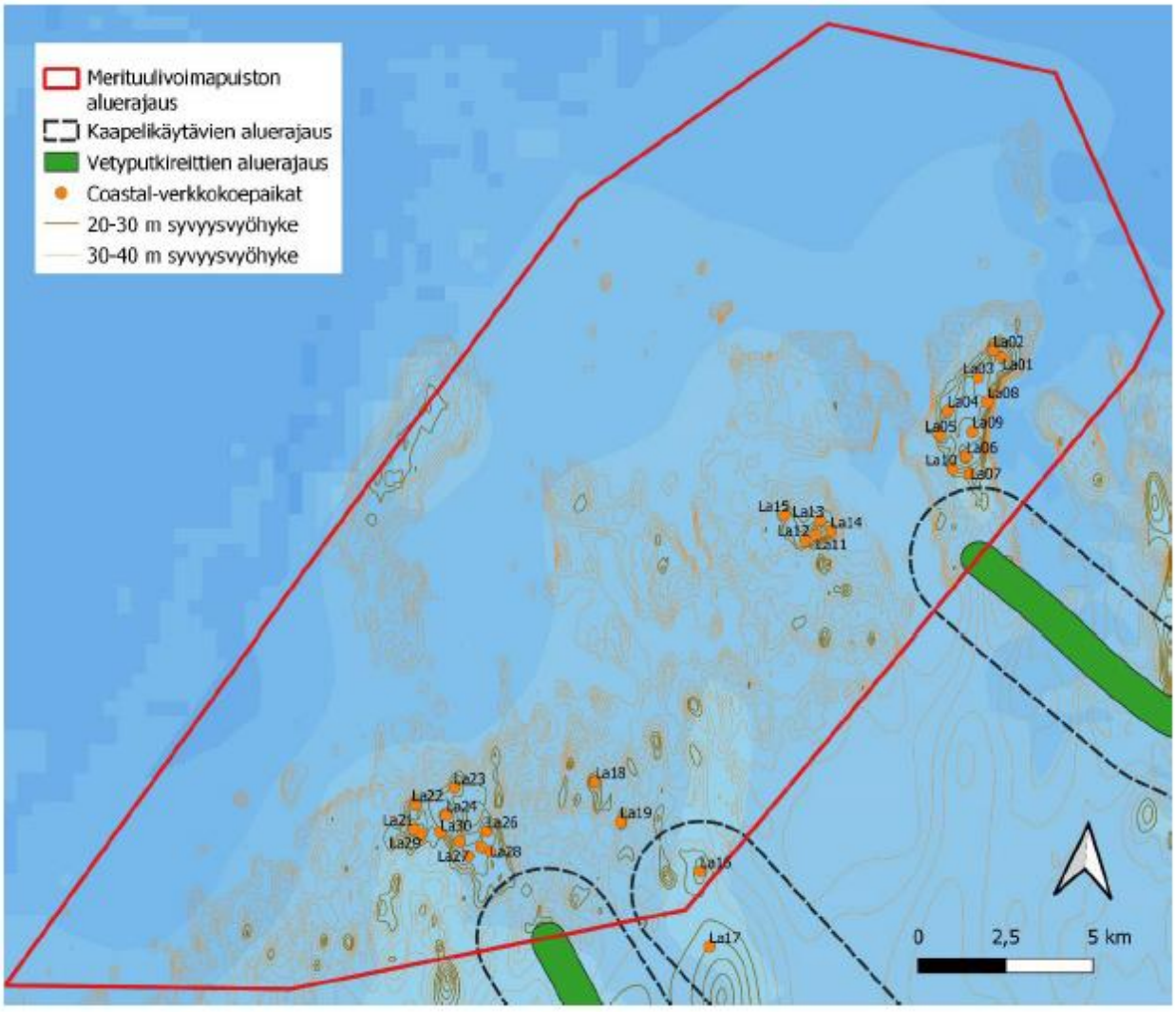
Merellisten kalalajien kampelan, kilohailin ja turskan pohjoisraja on Merenkurkussa. Myös särmäneulan ja isotuulenkalan pohjoisraja on Merenkurkussa. Muikkua, joka on makeanveden laji, esiintyy Itämeressä vain Merenkurkussa ja pohjoisempana Perämerellä. Silakan osalta Merenkurkun, Selkämeren ja Perämeren silakkakannat on vuodesta 2017 lähtien laskettu kuuluvaksi Pohjanlahden silakkakantaan (*Raitaniemi ja Sairanen 2022*).

Merenkurkku muodostaa merkittävän ahvenen ja siian pyyntialueen koko Selkämeren rannikon osalta tarkasteltuna. Merenkurkun eteläpuolisella alueella merikutuisten siikakantojen tila on heikentynyt, koska kutuolosuhteet ovat heikentyneet rehevöitymisestä ja talviaikaisesta lämpenemisestä johtuen (*Raitaniemi ja Sairanen 2022*). Rannikkolajeista ahven on nykyään kaupallisen kalastuksen tärkein kalalaji ja Merenkurkun alueelta saadaan kolmasosa kaupallisten kalastajien koko saaliista (*Pohjoisen Rannikko-Pohjanmaan kalatalousalue 2021).* Siika muodostaa paikallisia kantoja mm. Luodon saaristossa (mm. *Wistbacka 2016*). Vaelluskaloja kulkee alueen läpi, mutta paikallista lohikantaa ei ole. Kaupallisten kalakantojen tila on arvioitu kokonaisuudessaan hyväksi (*Korpinen ym. 2018*). Merialueilla kalaston ekologista tilaa ei arvioida vastaavasti kuin sisävesissä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Uudenkaarlepyyn, Pietarsaaren ja Luodon merialueelle istutetaan vastakuoriutunutta ja 1-vuotiasta vaellussiikaa, meritaimenta sekä ns. Luodon saaristosiikaa (*Pohjoisen Rannikko-Pohjanmaan kalatalousalue 2021*).

Merituulivoimapuiston alue on niin syvää (18–70 m), ettei alueella ole käytössä olevien tietojen perusteella todennäköisesti merkitystä taloudellisten merkittävien lajien lisääntymisalueena, mutta tutkimustietopuutteiden vuoksi asiaa ei voida täysin poissulkea erityisesti silakan osalta hankealueen matalimmissa osissa. Alueen kalasto muodostuu pelagisista parvikaloista (lähinnä silakka ja piikkikalat), vaelluskaloista (lohi ja taimen) sekä pohjakaloista (esimerkiksi härkäsimppu). Merituulivoimapuiston alle 30 metrin syvyisillä alueilla (Kuva 6-1) tehtyjen COASTAL-verkkokoekalastusten perusteella kalamäärä on sekä lajistoltaan (6 eri kalalajia) että määrältään vähäinen (saalis 45 kg/1 086 kpl). Yleisesti koeverkkosaaliissa esiintyi silakkaa, härkäsimppua, isosimppua sekä kuoretta. Yksittäisinä yksilöinä esiintyneitä lajeja olivat kiiski ja siika. Kaikki pyynnissä havaitut lajit olivat viileää tai kylmää vettä suosivia, ja veden lämpötila olikin koekalastusten aikaan pohjalla 3–6 °C. Suurimmat saaliit saatiin syvimpien alueiden verkoista (30 m). Todennäköisesti merituulivoimapuiston alue ei ole lämpimämpiä vesiä suosiville kaloille (esim. ahven) sopiva elinympäristö lämpimänkään veden aikaan, mutta pohjakaloja todennäköisesti esiintyy koeverkkokalastuksen pyyntisyvyyttä (20–30 m) syvemmälläkin alueilla, mutta myös matalikoilla niiden tarjotessa pohjakaloille sopivia suojapaikkoja. Arvion mukaan puiston alueella silakkaa esiintyy jossain määrin kaikissa vesikerroksissa ajankohdasta riippuen. (*Kala- ja vesitutkimus Oy 2023b,* liite 11)



Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kuva 6-1. COASTAL-koeverkkopaikkojen sijainti merituulivoimapuiston alueella. (Kala- ja vesitutkimus Oy 2022b)

Merikaapelireittien osalta seurantatietoja kalaston tilasta on saatavilla merikaapelireittivaihtoehdon MVE3 pohjoispuoliselle ja reittien MVE4/MVE5 väliseltä alueelta perustuen Pietarsaaren edustan merialueen velvoitetarkkailuun (*Eurofins Ahma Oy 2021*), jossa on toteutettu Coastal-verkkokalastuksia sekä poikasnuottauksia. Tiedot soveltuvat lähinnä yleispiirteiseen tarkasteluun näiden alueiden kalastosta. Kaapelien alueilla ei ole toteutettu koekalastuksia tämän hankkeen puitteissa eikä saatavilla olevien tietojen perusteella muissakaan tarkoituksissa muilla reiteillä kuin edellä mainitulla (*Koekalastusrekisteri 2023*). Kalastustiedusteluista ja muista lähteistä saatu kalastotieto on katsottu riittäväksi tältä osin.

Pietarsaaren edustan merialueen kalasto koostuu tehtyjen verkkokalastusten perusteella oheisen taulukon (Taulukko 6-2) mukaisista saalislajeista eri osissa tarkkailualuetta. Yksikkösaaliit ovat olleet suurimmat lähinnä rannikkoa sijaitsevalla vyöhykkeellä ja pienimmät merivyöhykkeellä. Matalilla ja rehevillä rannikkoalueilla on esiintynyt enemmän särkikaloja lukumääräisesti sekä biomassan perusteella kuin saariston ulkopuolisilla alueilla (*Eurofins Ahma Oy 2021*).

Taulukko 6-2. Pietarsaaren edustan merialueen yhteistarkkailun Coastal-verkkokalastusten saalislajien biomassa- ja lukumääräosuudet (% kokonaissaaliista) eri pyyntivyöhykkeillä vuosina 2010, 2015 ja 2020 (Eurofins Ahma Oy 2021).

	Lähirannikko						Saaristovyöhyke						Merivyöhyke					
	2010	2015	2020	2010	2015	2020	2010	2015	2020	2010	2015	2020	2010	2015	2020	2010	2015	2020
	(g)	(g)	(g)	(yks.)	(yks.)	(yks.)	(g)	(g)	(g)	(yks.)	(yks.)	(yks.)	(g)	(g)	(g)	(yks.)	(yks.)	(yks.)
Särki	25,6	38,9	24,2	25,3	50,0	43,3	32,1	28,9	20,4	41,9	21,3	23,3	47,5	30,2	38,5	41,0	18,9	29,3
Ahven	40,2	26,1	34,3	47,3	31,3	40,6	35,3	37,8	29,5	37,6	41,3	33,6	18,7	24,6	29,6	23,1	20,3	28,7
Kiiski	3,5	3,6	2,3	13,2	9,4	9,6	5,9	15,0	12,3	12,0	31,3	32,1	7,3	33,6	17,6	20,5	55,4	32,1
Lahna	15,9	18,9	12,9	5,5	5,1	4,2	15,9	11,7	17,8	2,6	2,5	3,8	3,2	1,0	1,7	0,5	0,1	0,2
Kuha	7,0	4,6	5,8	0,4	0,8	0,4	0,3	0,02	1,9	0,1	0,04	0,2	0	4,7	0,3	0	0,5	0,02
Hauki	4,8	4,0	1,6	0,1	0,1	0,04	5,2	1,0	3,4	0,2	0,04	0,1	0	0	1,1	0	0	0,1
Salakka	0,3	0,2	0,1	0,7	0,3	0,1	0,7	0,2	0,3	0,9	0,3	0,8	0,2	0	0,1	0	0	0,2
Säyne	0,3	2,6	18,1	0,0	0,1	0,7	0,4	2,7	10,7	0,03	0,3	0,4	0,6	0,7	2,4	0,1	0,1	0,4
Silakka	2,3	1,1	0,5	8,0	1,7	1,0	2,4	0,5	0,7	2,3	0,8	1,3	2,5	0,1	1,3	4,9	0,1	2,8
Siika	0	0,1	0,02	0	0,1	0,04	1,3	1,9	1,5	1,4	1,6	1,7	3,6	1,2	2,7	3,3	0,8	2,4
Muikku	0,1	0,0	0,02	0,1	0,1	0,04	0,2	0,3	1,3	0,2	0,6	2,2	0,0	2,3	0,6	0,1	2,0	0,9
Made	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9,6	0	0	0,5	0	0
Muut	0	0,01	0,1	0	0,4	0,1	0,2	0,04	0,2	0,1	0,04	0,4	6,7	1,4	4,1	4,9	1,5	3,0
Särkikalat	42,1	60,6	55,4	30,8	56,3	48,3	49,3	43,5	49,3	46,2	25,0	28,4	58,2	32,8	46,1	48,7	18,9	31,8
Ahvenkalat	50,7	34,3	42,4	60,9	41,5	50,7	41,6	52,8	43,7	49,7	72,5	65,9	26,0	63,0	47,5	43,6	76,2	60,8

Pietarsaaren edustan velvoitetarkkailussa tehdyissä poikasnuottauksissa saaliiksi on saatu siian, silakan, muikun, ahvenen, tokkojen, särkikalojen sekä piikkikalojen poikasia (*Eurofins Ahma Oy 2021*). Runsaimpana saaliissa ovat esiintyneet siian- ja muikunpoikaset, joskin saaliissa on esiintynyt runsasta vaihtelua mm. kevään olosuhteista johtuen.

6.2.2 Kaupallinen kalastus

Kaupallisen kalastuksen tiedot perustuvat kahteen erilliseen kalastustiedusteluun (*Kala- ja vesitutkimus Oy 2022a*, *Kala- ja vesitutkimus Oy 2023*), joiden tuloksissa on tiedusteluteknisistä syistä johtuvia eroja. Alueen kalastuksessa ei kuitenkaan arvioida tapahtuneen merkittäviä muutoksia ja tältä osin kahden erillisen tiedusteluvuoden voidaan katsoa kuvaavan hyvin alueen tärkeimpiä kalastusmuotoja sekä pyyntipaikkoja. Tiedustelun perusteella on saatu arviot kalastajien määrästä (Taulukko 6-3), joita oli vuoden 2022 tiedustelun perusteella yhteensä 25 ruokakuntaa ja joista valtaosa harjoitti kalastusta kaapeli- ja vetyputkireittien alueilla. Eniten kalastajia pyysi kaapelireitin MVE3 sekä pohjoisten vetyputki- (VVE2/VVE3) ja merikaapelireittien (MVE4 ja MVE5) alueella. MVE2 -kaapelireitillä kalasti vähiten kaupallisia kalastajia.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 6-3. Kaupallisten kalastajien lukumäärä merituulivoimapuiston suunnittelualueen lähiympäristössä sekä vaihtoehtoisilla kaapeli- ja vetyputkireiteillä vuosina 2021–2022. Yksi kalastaja on voinut pyytää usealla eri alueella. Osa kalastajista ei mahdollisesti enää kalasta alueella. (Kala- ja vesitutkimus Oy 2023). Luokkaan 1 kuuluvat luonnolliset henkilöt tai yhteisöt, joiden itse pyytämän kalan tai siitä jalostettujen kalastustuotteiden myynnistä kolmen viimeksi kuluneen tilikauden aikana kertyneen liikevaihdon keskiarvo ylittää 10 000 euroa. Luokkaan II kuuluvat muut kuin ryhmään I kuuluvat kaupalliset kalastajat.

	1 lk	2 lk
Suunnittelualueen lähiympäristö	2	1
kaapelireitti MVE1	5	5
kaapelireitti MVE2	5	4
kaapelireitti MVE3	13	9
vetyputkireitti VVE2 & VVE3 (MVE4/MVE5)	13	6

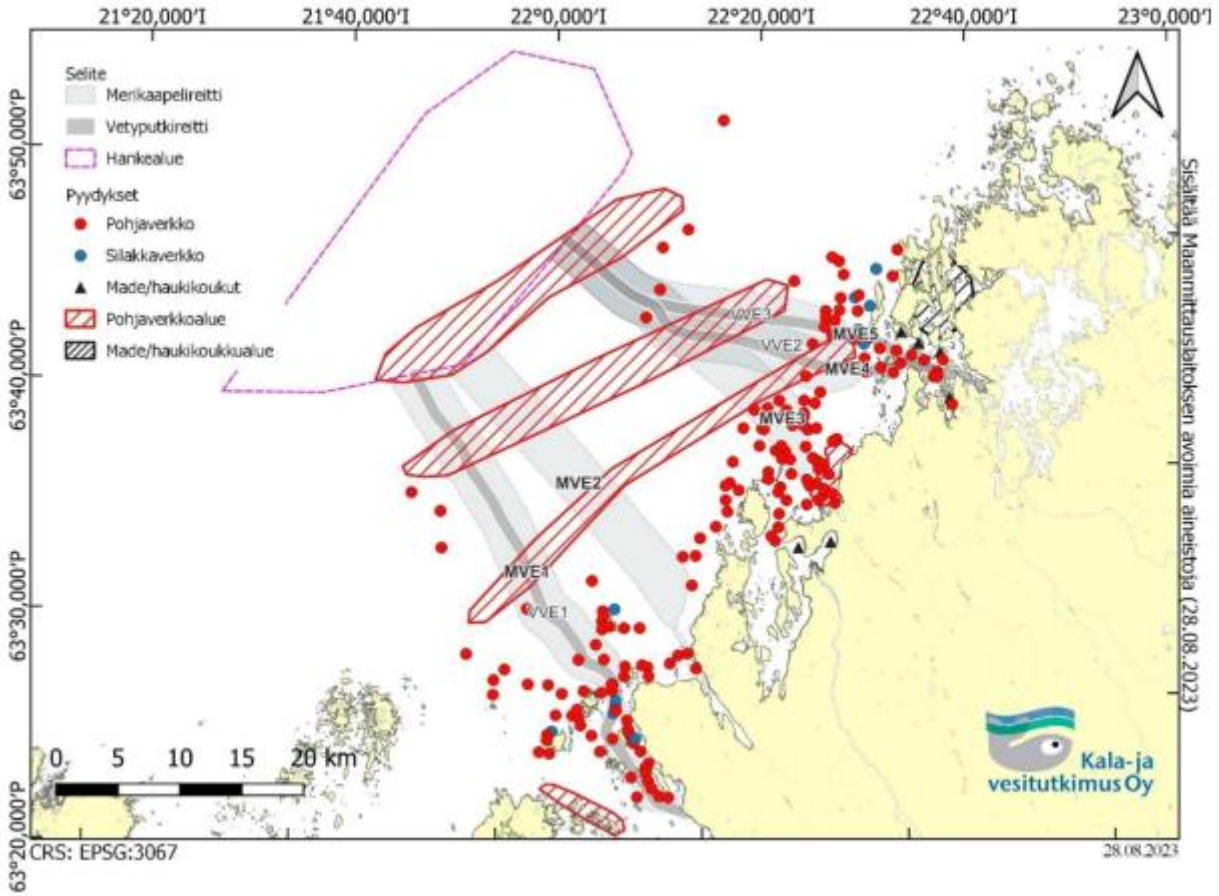
Vaihtoehtoisten merikaapeli- ja vetyputkireittien alueella harjoitetaan kalastusta monipuolisesti verkko- ja rysäpyynnillä sekä lisäksi troolikalastamalla (pinta-välivesitrooli sekä pohjatrooli). Saatavilla olevan VMS-datan perusteella hankealueella ei kuitenkaan harjoiteta troolikalastusta. Tämä selittynee sillä, että todennäköisesti alueella käytössä olevat alukset ovat pieniä (alle 12 m), jolloin niillä ei ole velvoitetta olla seurantajärjestelmän (VMS-lähetin) piirissä, eivätkä ne siten näy tilastossa (Kuva 6-5). Merituulivoimapuiston alueella harjoitettava kalastus on vähäistä keskittyen lähinnä muutamille verkkopaikoille, joissa pääsaalislajina on siika. Troolikalastusta ei harjoiteta merituulivoimapuiston alueella (Kuva 6-2).

Pyydysyksiköitä (pyyntipäivä x pyydysten lukumäärä) vaihtoehtoisten kaapeli- ja vetyputkireittien alueella käytettiin vuonna 2022 noin 104 000 kpl, joista noin 90 % oli erityyppisiä verkkoja. Verkkokalastuksen pääsaalislaji oli siika ja eniten käytetty verkkotyyppi oli 45 mm pohjaverkko. Verkkopaikat sijoittuivat sekä vaihtoehtoisten kaapelireittien että vetyputkireittien alueelle niin rannikon tuntumassa kuin ulommalla merialueella. Verkkokalastus oli kyselyn perusteella muita vaihtoehtoja vähäisempää kaapelireittien MVE2a ja MVE2b alueella (Kuva 6-2). Verkkokalastusta harjoitettiin ympäri vuoden.

Rysillä kalastettiin lohta, siikaa, silakkaa ja muikkua sekä ns. suomukaloja, joita ovat tyypillisesti perinteiset kauppakalat kuten hauki, ahven ja lahna. Rysäkalastussesonki jatkui suomukalarysien osalta ympäri vuoden. Alueelle merkittävä lohi-/siikarysäkalastus ajoittui toukokuulta lokakuuhun. Lohi- ja siikarysillä kalastusta harjoitettiin kaikilla reiteillä tai niiden välittömässä läheisyydessä, mutta lukumääräisesti vähiten reittien MVE2a ja MVE2b alueella tai läheisyydessä (Kuva 6-3).

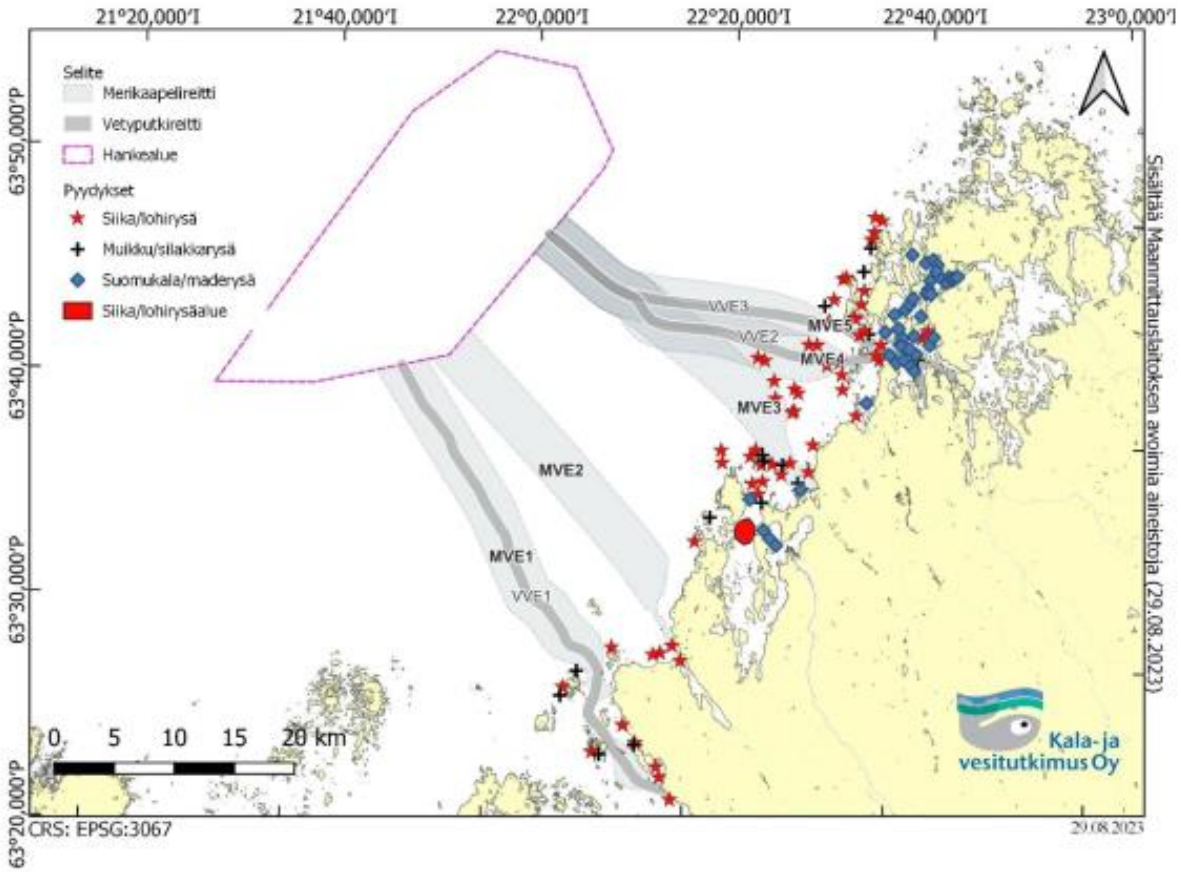
Pinta-/välivesitroolilinja oli merkitty kulkemaan lähes kaikkien vaihtoehtoisten reittien kautta vetyputkireittiä VVE3 (MVE5) lukuun ottamatta. Pohjatroolilinja puolestaan sijoittui kaapelireiteille MVE2 ja MVE3. Troolikalastusta harjoitettiin syksyllä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



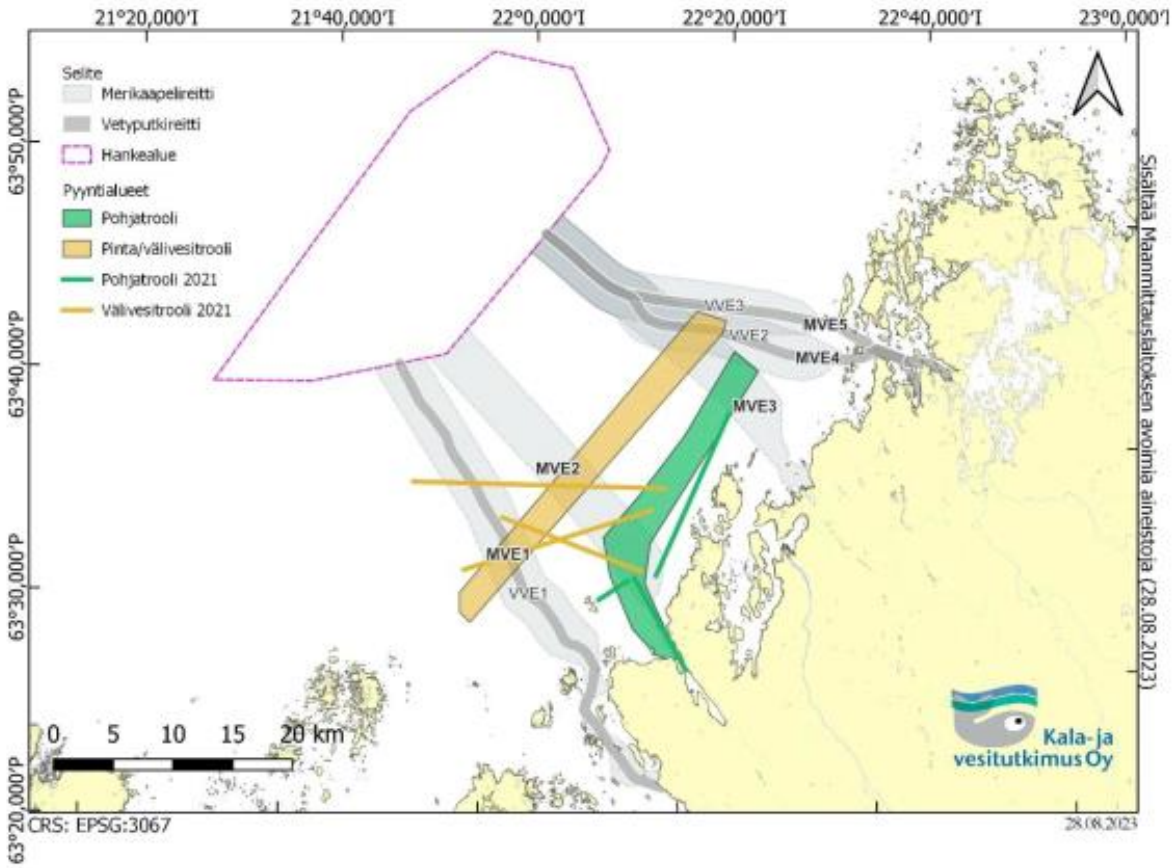
Kuva 6-2. Kaupallisten kalastajien ilmoittamat verkkopyyntipaikat ja -alueet vuosina 2021 ja 2022. Mukana on myös made-/haukikoukut. (Kala- ja vesitutkimus Oy 2023)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



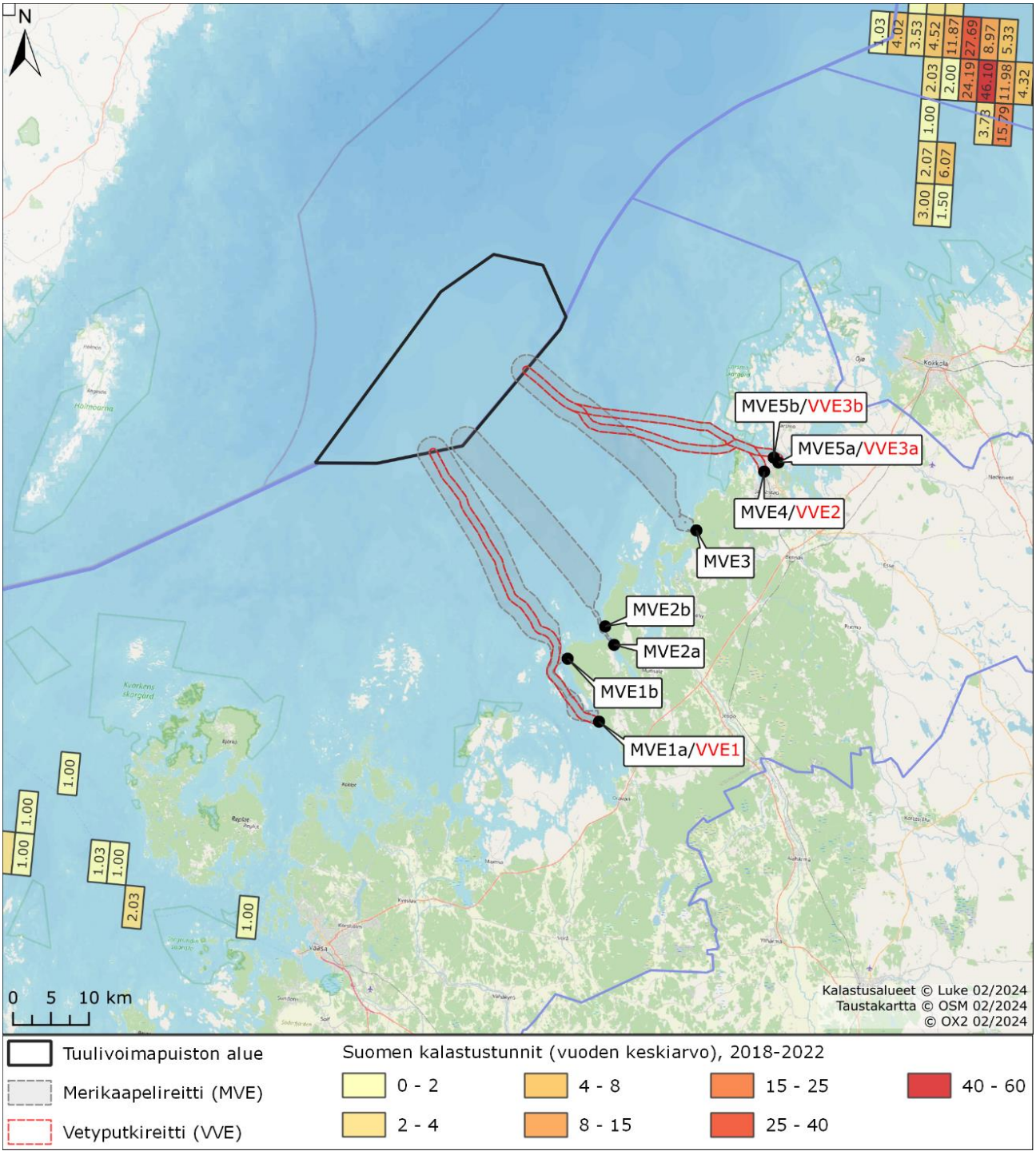
Kuva 6-3. Kaupallisten kalastajien ilmoittamat rysäpaikat sekä -alueet vuosina 2021 ja 2022. (Kala- ja vesitutkimus Oy 2023)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 6-4. Kaupallisten kalastajien ilmoittamat troolikalastusalueet vuosina 2021 ja 2022. (Kala- ja vesitutkimus Oy 2023)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 6-5. Troolikalastusalusten kalastustunnit (vuoden keskiarvo) hankealueella ja sen lähialueella vuosina 2018–2022 (kuva Luonnonvarakeskuksen avoimesta paikkatietoaineistosta, Lappalainen ym. 2023).

Tiedustelualueella rannikkokalastuksen saalis vuonna 2022 oli noin 73 tonnia. Saalis muodostui silakasta (23 %, n. 17 tonnia), siiasta (16 %, 11 tonnia), muikusta (9 %, 7 tonnia) ja ahvenesta (9 %, 6,5 tonnia). Särkikalojen (pääosin lahnan) osuus kokonaissaaliista oli 36 % (noin 26 tonnia). Ilmoitettu lohisaalis oli 2,5 % (2 tonnia). Muiden kalalajien osuus yhteensä oli alle 5 %. Suurimmat saaliit saadaan vastausten perusteella touko-kesäkuussa sekä syys-lokakuussa. Vuonna 2021

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

ilmoitettu saalis oli jopa 237 tonnia. Ero saaliin määrissä johtuu eroista tiedusteluun vastanneiden määrässä ja vastausten sisällöstä. (K*ala- ja vesitutkimus Oy 2023a*, liite 9)

Merialuesuunnitelman mukaiset kalastusalueet on esitetty luvussa 3.2.2 (Kuva 3-21).

6.2.3 Vapaa-ajan kalastus

Vapaa-ajankalastuksen osalta ei ole saatavilla tarkkoja tietoja, mutta oletettavasti merituulivoimapuiston alue sijaitsee siinä määrin kaukana ja lisäksi syvällä alueella, ettei siellä juurikaan harjoiteta vapaa-ajankalastusta. Kaapelireittien osalta tietoja vapaa-ajankalastuksesta on saatavilla Pietarsaaren edustan merialueelta eli kaapeli- ja vetyputkireitteihin MVE3, MVE4, MVE5a ja MVE5b sekä VVE2, VVE3 liittyen. Viimeisimmän, vuonna 2021 toteutetun kalastustiedustelun mukaan Pietarsaaren edustan vapaa-ajankalastuksessa merkittäviä saalislajeja olivat ahven (28 %), lahna (18,5 %), hauki (16 %), särki (11 %) ja säyne (8 %). Myös madetta (6,5 %) ja siikaa (5 %) saatiin saaliiksi mainittavia määriä. Kalastaneita talouksia oli 48 kpl ja kalastus painottuu kesäkuukausiin (*Pohjanmaan vesi ja ympäristö 2023).*

Hankkeessa on myös tehty asukaskysely (liite 10), jonka perusteella 26 % kyselyyn vastanneista (605 henkilöä) harjoittaa merituulivoimapuiston alueella vapaa-ajankalastusta. Kalastus on kuitenkin pääasiassa satunnaista keskittyen avovesikauteen, vain noin 13 % harjoittaa kalastusta säännöllisesti ympäri vuoden, vastaavasti 13 % harjoittaa kalastusta alueella kerran vuodessa. Merikaapeli-/vetyputkireittien alueella vapaa-ajankalastusta harjoitti 25 % vastaajista. Merikaapelien ja/tai vetyputkien alueella harrastavista vastaajista 65 prosenttia vastasi harrastavan sitä satunnaisesti avovesikaudella. Vajaa kolmannes (27 %) vastaajista kalastaa säännöllisesti ympäri vuoden. Kahdeksan prosenttia vastaajista kalastaa merikaapeleiden ja vetyputkireittien alueella noin kerran vuodessa.

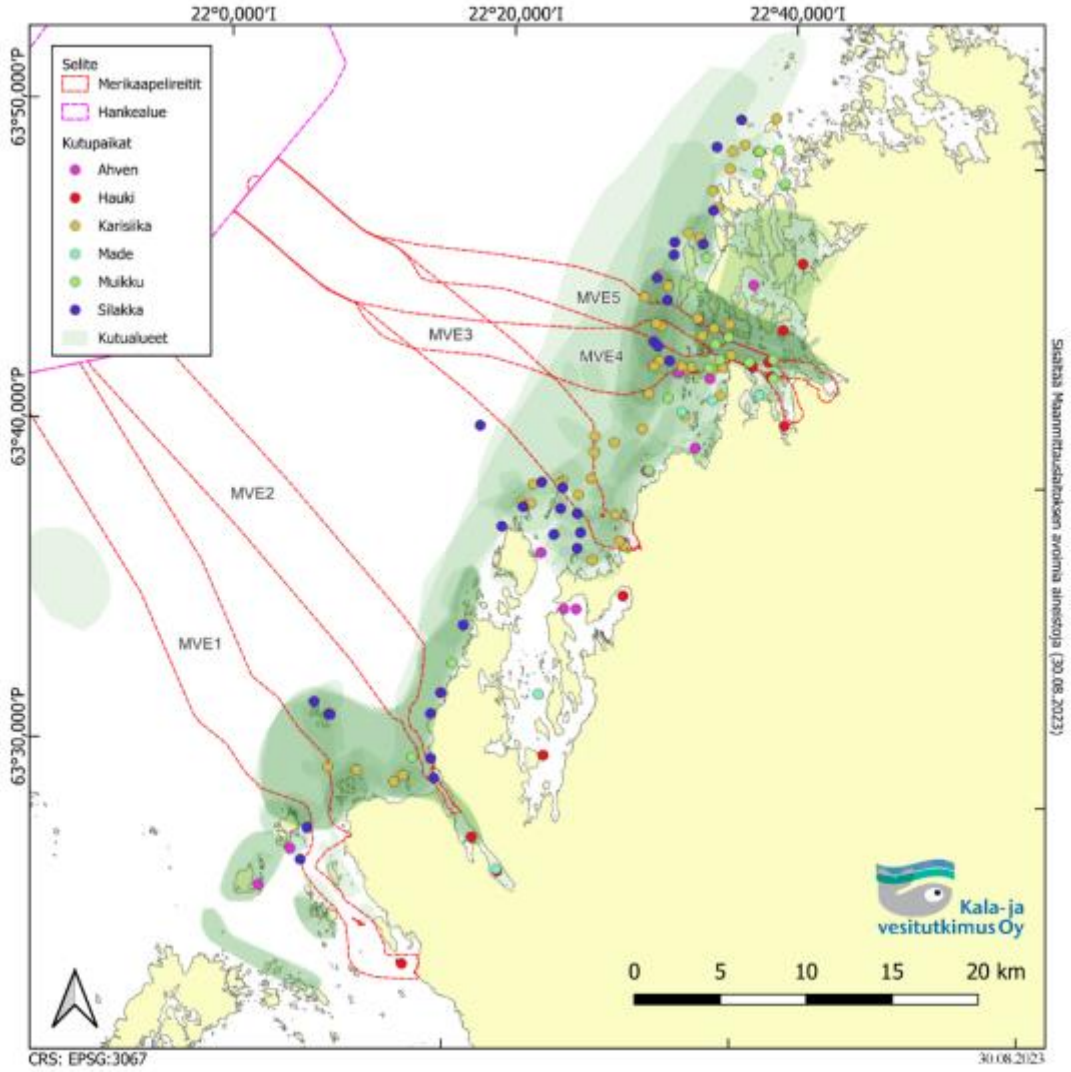
6.2.4 Kutu-ja poikasalueet

Useimpien kalalajien kutu- ja poikasalueet sijoittuvat pääasiassa mataliin syvyysvyöhykkeisiin, joissa mm. valon määrä mahdollistaa kutualustoiksi ja poikasten piilopaikoiksi sopivan kasvillisuuden kehittymisen ja syvempiä alueita korkeamman veden lämpötilan. Syvyys on toisaalta myös välillisesti kutualueiden soveltuvuutta ilmentävä tekijä, sillä suojaisat ja rannikonläheiset alueet ovat usein matalia. Myös pohjanlaatu on keskeinen kutu- ja poikasaluepotentiaalia ilmentävä tekijä: esimerkiksi silakka kutee leville ja vesikasveille, jotka edellyttävät kovaa alustaa, ja merikutuinen siika ja muikku suosivat puolestaan poikastuotantoalueenaan pääasiassa hiekkapohjia, vaikka ne hyödyntävät myös karkeampia kutualustoja. Merikutuisen siian ja muikun kudun osalta tarkemmat tiedot puuttuvat, sillä tiedot kutupohjien laadusta (kutupaikkatyypit ja syvyydet) perustuvat pääasiassa kalastajien haastatteluihin (mm. *Veneranta ym. 2013*). Silakka voi kasvien lisäksi kutea myös mm. sinisimpukoiden päälle. Tässä hankkeessa vaihtoehtoisten kaapeli- ja vetyputkireittien osalta on tehty synteesimäistä kutualue- ja poikasaluetarkastelua (*Kala- ja vesitutkimus Oy 2023a*, liite 9). Tarkastelussa hyödynnettiin useita eri aineistoja, jotka kuvataan epävarmuuksineen tarkemmin liitteessä 9.

Tehdyissä kalastustiedusteluissa kaupalliset kalastajat ilmoittivat silakan, muikun ja karisiian kutualueita kaapeli- ja vetyputkireittien alueelle laaja-alaisesti. Merituulivoimapuiston suunnittelualueelle tai sen läheisyyteen ei ilmoitettu kaupallisten kalalajien kutualueita. Etenkin silakan, karisiian ja muikun kutualueita oli merkitty rannikon myötäisesti kaikkien vaihtoehtoisten reittien alueelle. Kevät- ja talvikutuisten kalalajien (mm. ahven, hauki ja made) kutualueet merkittiin pääosin rannikon välittömään läheisyyteen ja lahtialueille, erityisesti vetyputkireittien VVE2 ja VVE3 (MVE4 ja MVE5) alueella. Merituulivoimapuiston suunnittelualueelle tai sen läheisyyteen ei ilmoitettu kutualueita (Kuva 6-6). Huomioitava on, että kaupallisten kalastajien tekemät kutualuerajaukset ovat kuitenkin suhteellisen karkeita ja niihin vaikuttavat monet asiat, esimerkiksi kalastajan pääasialliset kalastusalueet ja kalastusmuoto. Kalastus saattaa myös kohdistua vasta kutualueelle matkalla oleviin kaloihin.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Synteesimäisellä tarkastelulla on yhdistetty eri aineistojen (mm. VELMU-aineistot, pohjanlaatuaineistot) antamia tuloksia, ja jonka perusteella on voitu arvioida eri reittien elinympäristöjä sekä karkeasti niiden kutu- ja poikastuotannon määrää sekä potentiaalia eri lajeille. Tulosten yhteenveto esitetään oheisessa taulukossa (Taulukko 6-4). Syvempien alueiden riutoilla esiintyy kohtalaisesti ja paikoin runsaasti silakalle sopivia kutualueita ja toisaalta taas usean reitin alueella rannikon tuntumassa esiintyy potentiaalisia siian tai kevätkutuisten lajien poikastuotantoalueita. Reitin MVE2 kutu- ja poikastuotantoaluepotentiaali vaikuttaa aineiston perusteella keskimäärin muita vaihtoehtoja heikommalta (Taulukko 6-4, *Kala- ja vesitutkimus Oy 2023a*, liite 9). Tarkemman kutu- ja poikasaluepotentiaalin arviointi edellyttää kuitenkin kohdekohtaisia lisäselvityksiä.



Kuva 6-6. Kaupallisten kalastajien ilmoittamat kutualueet ja kaapelireittien linjaukset. Kuvaan ei ole erikseen merkitty vetyputkireittejä VVE1, VVE2 ja VVE3, mutta ne kulkevat merikaapelien MVE1, MVE4 ja MVE5 reittien sisällä. (Kala- ja vesitutkimus Oy 2023)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

*Taulukko 6-4. Yhteenveto eri energiansiirtoreittien elinympäristöpotentiaalista, erityisesti kalojen kutu- ja poikastuotantoalueista. *Reitit ovat osittain päällekkäisiä, reitillä myös vetyputkireitit VVE2 ja VVE3. Tiedot koottu raportista: Kala- ja vesitutkimus Oy 2023.*

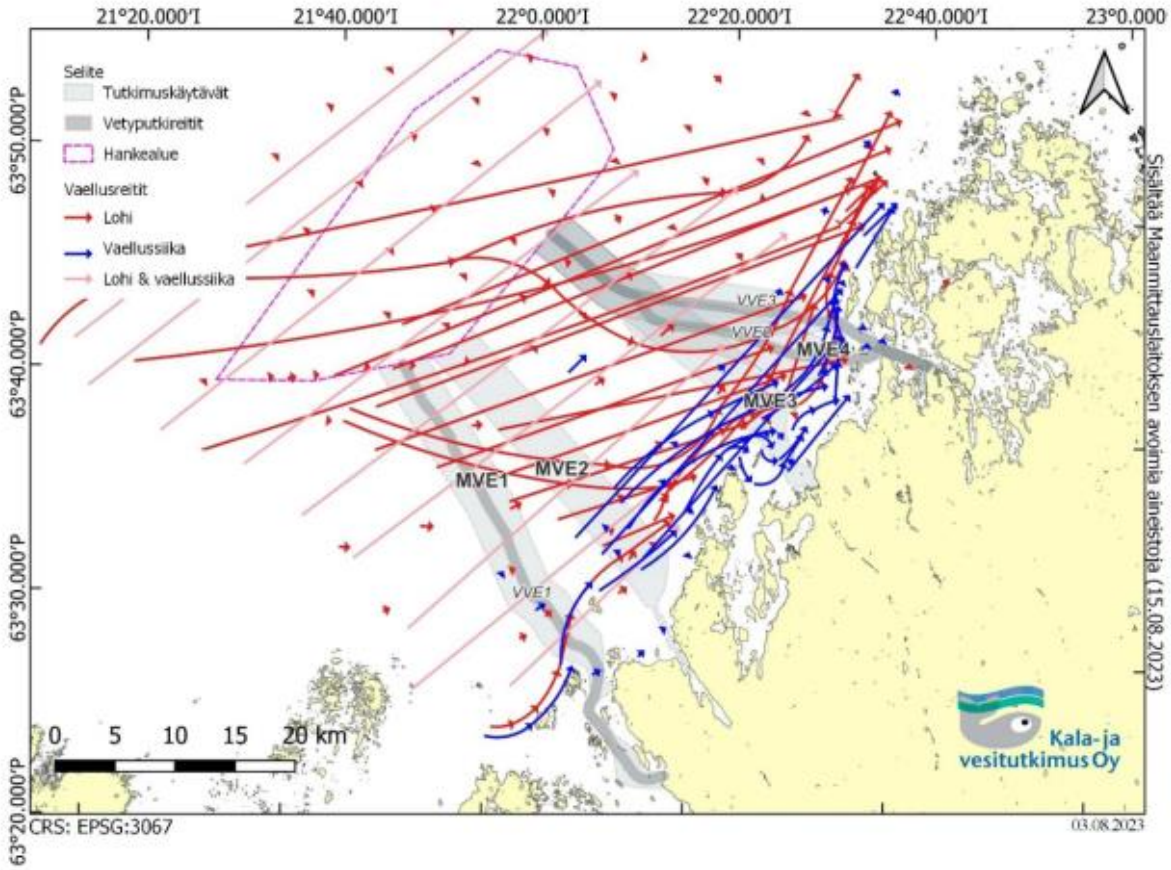
Reitti	Kuvaus
MVE1a ja 1b, VVE1	Runsaasti mallinnettua riuttaympäristöä ja alle 20 m syvyisiä alueita. Ulkomerialueella runsaasti potentiaalisia silakan kutualueita, jotka rajautuvat matalimmille riutta-alueille. Rannikon lähellä todennäköisesti runsaasti karisiian kutu- ja poikasalueita, joista erityisesti Monäsin pohjois- ja länsipuolen ja lähisaarten rannoilla todennetusti karisiian poikastuotantoa.
MVE2a ja 2b	Keskimäärin syvempää aluetta kuin muut reitit ja vähemmän mallinnettua riuttaympäristöä. Kutu- ja poikasaluepotentiaali keskimäärin heikompi kuin muilla reiteillä, mutta rantautumisalueilla paikoin korkeaakin potentiaalia merikutuisen siian poikastuotannolle (hiekkapohjaa), jota kuitenkin runsas rantarakentaminen voi heikentää. Avoimemmalla merialueella voi olla silakan poikastuotantoalueita.
MVE3*	Runsaasti hyvin matalia, alle 4 m alueita, mutta suurin osa reitistä yli 20 m syvyistä vettä. Kohtalaisesti suurehkoja potentiaalisia riuttoja ja riuttaympäristöä. Korkein kutu- ja poikasaluepotentiaali mahdolliset silakan kutualueet avoimemmalla merialueella sekä pienialaiset merikutuisen siian poikastuotantoalueet rannikon tuntumassa.
MVE4*	Runsaasti mallinnettua riuttaympäristöä ja alle 20 m syvyisiä alueita. Rannikonläheisessä osassa usean kalalajin (siika, silakka, ahven, hauki, muikku, made) kutu- ja poikastuotantoaluepotentiaali on suuri.
MVE5a ja 5b*	Linjaus lähes vastaava kuin reitillä MVE4, mutta eroavalla osalla pinta-alaltaan hieman vähemmän potentiaalisia riuttoja. Rannikonläheisessä osassa usean kalalajin (siika, silakka, ahven, hauki, muikku, made) kutu- ja poikastuotantoaluepotentiaali on suuri.

6.2.5 Vaelluskalojen esiintyminen ja vaellusreitit

Tehtyjen kaupallisen kalastuksen tiedustelujen perusteella hankealueella ja sen läheisyydessä kalastetaan vaelluskaloja etenkin kaapeli- ja vetyputkireittivaihtoehtojen alueella. Vaelluskaloja saadaan alueelta saaliiksi toukokuusta lokakuulle, kalamäärien painottuessa kuitenkin kesäkuukausille. Alueella tavattavat vaelluskalat ovat suurelta osin peräisin kauempaa, mutta myös lähialueella sijaitsevista, joista vaeltaa jossakin määrin siikaa ja taimenta sekä mahdollisesti nahkiaista ja ankeriasta. Koostettujen tutkimus- ja saalistietojen perusteella alueella kulkee rannikon myötäisesti sekä syönnös- että kutuvaelluksella olevia lohia, taimenia ja siikoja (Kuva 6-7). Avomereltä vaelluskaloista on vain satunnaisia yksittäisiä havaintoja, ja varsinaisen merituulivoimapuiston alueelta havainnot puuttuvat kokonaan. Merituulivoimapuiston suunnittelualueen läheisiltä merialueilta on kuitenkin saatu joitakin yksittäisiä merkkipalautuksia merkityistä meritaimenista. (*Kala- ja vesitutkimus Oy 2023*, liite 9).

Hankkeen alueet (merituulivoimapuisto ja energiansiirtoreitit) sijoittuvat Perämeren ja Selkämeren altaan merivirtausten vaihettumisvyöhykkeelle. Merenkurkussa Pohjanlahti on kapeimmillaan, alue on keskimääräistä matalampaa ja meriveden lämpötila on alueella yleensä korkeampi kuin avomerialueella. Merenkurkun olosuhteet ovat ilmeisen otolliset vaelluskalojen luontevalle siirtymiselle rannikolta toiselle. Olemassa olevan tiedon ja yleisen käsityksen mukaan vaelluskalat voivatkin liikkua tällä alueella molempiin suuntiin. Pohjois-eteläsuunnassa tapahtuvan vaelluksen lisäksi alueella tapahtuu todennäköisesti myös poikittaista liikehdintää ja vaelluskalojen liikkuminen myös merituulivoimapuiston suunnittelualueella ja kauempana rannikosta on tehdyn arvion mukaan mahdollista. (*Kala- ja vesitutkimus Oy 2023a*, liite 9).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 6-7. Kalastajien ilmoittamia lohen ja vaellussiian vaellusreittejä merituulivoimapuiston sekä kaapeli- ja vetyputkireittien alueella. (Kala- ja vesitutkimus Oy 2023)

6.2.6 Yhteenveto hankealueen kalataloudellisista arvoista sekä kalaston herkkyys

Merituulivoimapuiston kalasto muodostuu pääosin pelagisista parvikaloista (silakka, kuore, piikkikalat), vaelluskaloista (lohi, meritaimen) sekä pohjakaloista (esimerkiksi härkäsimppu, kiiski ja isosimppu). Todennäköisesti merituulivoimapuiston alue ei ole lämpimämpiä vesiä suosiville kaloille (esim. ahven) sopiva elinympäristö, vaan kalasto koostuu viileämpiä vesiä suosivista lajeista. Arvion mukaan merituulivoimapuiston alueella silakkaa esiintyy jossain määrin kaikissa vesikerroksissa ajankohdasta riippuen. Merituulivoimapuiston alueelta ei ole havaintoja lohista, mutta niiden liikkuminen alueella on mahdollista. Sen sijaan saatavilla olevien tietojen mukaan rannikon myötäisesti eli kaapeli- ja vetyputkireittien alueilla liikkuu sekä syönnös- että kutuvaelluksella olevia lohia, taimenia ja siikoja.

Merituulivoimapuiston alueella ja sen lähiympäristössä kaupallinen kalastus on hyvin vähäistä, koostuen lähinnä muutamista verkkopaikoista, joiden saalislajina on siika. Kaapelireiteillä harjoitetaan kalastusta monipuolisesti erityisesti verkko- ja rysäpyynnillä. Verkkokalastuksen pääsaalislaji oli siika. Rysillä kalastettiin lohta, siikaa, silakkaa ja muikkua sekä suomukaloja. Eniten kalastusta harjoitettiin kaapelireitin MVE3 sekä pohjoisten vetyputki- (VVE2/VVE3) ja merikaapelireittien (MVE4 ja MVE5) alueella. Pohjatroolialue keskittyy kaapelireittien MVE2 ja MVE3 alueella ja niiden väliin, pinta- ja välivesitroolausta harjoitetaan kaikkien reittien päällä (pl.VVE3/MVE5), noin 10 km rannikosta ulottuvalla alueella. Vapaa-ajan kalastus keskittyy rannikolle.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kaapelireiteille tehdyn kutualuesynteesin perusteella syvempien alueiden potentiaalisilla riutoilla esiintyy kohtalaisesti ja paikoin runsaasti silakalle sopivia kutualueita ja toisaalta taas usean reitin alueella rannikon tuntumassa esiintyy potentiaalisia siian tai kevätkutuisten lajien poikastuotantoalueita. Reitin MVE2 kutu- ja poikastuotantoaluepotentiaali vaikuttaa aineiston perusteella keskimäärin muita vaihtoehtoja heikommalta. Merituulivoimapuiston suunnittelualueelle tai sen läheisyyteen ei ilmoitettu kaupallisten kalalajien kutualueita ja tehtyjen drop video -kuvausten perusteella pohja on karua hiekka-, sora- ja kivikkopohjaa, jossa esiintyy myös riuttamaisia kohoumia. Alueen syvyys rajoittanee silakan kutua, mutta alueella on merkitystä silakan elinympäristönä. Alueella voi todennäköisesti esiintyä pohjakalojen kutualueita ja kalojen ravintokohteita (mm. kilkki) esiintyy vielä 70 metrin syvyydessä.

Merituulivoimapuiston sekä kaapelireitin MVE2 (a ja b) osalta kalasto ja kalastuksen merkitys arvioitiin herkkyydeltään kohtalaiseksi alueen ominaispiirteisiin ja kalastotietoihin nojaten. Kaikkien muiden kaapeli- ja vetyputkireittien herkkyys arvioitiin suureksi pohjautuen elin- ja kutuympäristöihin, alueella esiintyvään kalastoon ja harjoitettavan kalastuksen määrään sekä merkitykseen.

6.3 Vaikutusten arviointi

6.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

Merituulivoimaloiden sekä merisähkö- /vetyasemien perustusten ja sisäisen kaapeloinnin/vetyputkiston rakentamisen aikaisia vaikutuksia aiheutuu muun muassa pohjan muokkaamistoimista. Pohjan kaivaminen, peittäminen ja tasoitus, merikaapeleiden/vetyputkien asennus sekä ruoppausmassojen meriläjitys saa aikaan kiintoaineen vapautumisen vesifaasiin, joka aiheuttaa veden samentumista sekä lisääntynyttä sedimentaatiota. Yleensä samentuminen jää paikalliseksi ja lyhytaikaiseksi, ja myös sedimentoituvan aineen laadulla (mm. raekoolla) on merkitystä, lisäksi aiheutuvan vaikutuksen suuruuteen vaikuttavat meriläjitysalueen pohjanlaatu, pohjan läheiset virtaukset, valittu työtapa sekä läjityksen ajankohta. Rakentamistöistä aiheutuu myös vedenalaista melua sekä muuta häiriötä, ja sedimentistä voi vapautua haitta-aineita sekä ravinteita. Välillisesti rakentamisen aikana aiheutuu vaikutuksia myös lisääntyneestä alusliikenteestä. Edellä mainituilla on vaikutuksia myös kalastukseen. Tarkemmin hankkeen eri työvaiheita ja laajuutta kuvataan hankkeen teknisessä kuvauksessa luvuissa 1 ja 2.

6.3.1.1 Pohjan muokkaus ja veden samentuminen sekä lisääntynyt sedimentaatio

Merituulivoimapuisto

Merituulivoimapuiston rakenteiden sekä kaapeleiden rakennustyöt sekä ruoppausmassojen meriläjittäminen väliaikaisesti hävittävät pohjaeliöstön rakennusalueilla, jolla voi olla vaikutusta pohjaeläimiä syövään pohjakalastoon. Pohjaeläimistön arvioidaan palautuvan läjitysalueille tai kaapeli-/vetyputkikaivantojen alueille nopeasti läjityksen tai kaivuun loputtua, joten kalastoon kohdistuva ravintoverkkovaikutus tältä osin jää tilapäiseksi. Kaloja voi myös menehtyä tai niille voi tulla fyysisiä vaurioita, mikäli niitä sattuu jäämään muokattavien tai siirrettävien massojen alle, mutta riski arvioitiin vähäiseksi kalojen todennäköisesti karkottuessa jo tätä ennen. Kalojen karkottumista arvioitiin tapahtuvan työkohteiden lähialueilla rakentamisen aikaisen veden samentumisen sekä lisääntyneen vedenalaisen melun vuoksi, mutta se on tilapäistä.

Ruoppauksesta ja meriläjityksestä aiheutuva veden samentuminen voi heikentää näön avulla saalistavien kalojen saalistustehokkuutta. Kulkeutuva ja sedimentoituva kiintoaines voi suoraan peittää mätiä ja vähentää poikastuotantoa sekä liata pyydyksiä. Se voi myös vaikuttaa välillisesti häiritsemällä kalojen luonnollista elinympäristöä ja pohjakasvillisuutta sekä pohjaa, että mahdollisia kutualueita peittäen. Lisäksi sameus saattaa karkottaa kaloja ja kalaparvia.

Vastakuoriutuneet kalanpoikaset ovat herkkiä kohonneelle kiintoainepitoisuudelle, ja samentuma voi heikentää myös kalanpoikasten saalistusta. Suuret kiintoainepitoisuudet voivat aiheuttaa myös kalanpoikasten kuolleisuutta. Karkottumiselle on esitetty lajikohtaisia kiintoainepitoisuuden rajaarvoja, jotka ovat välillä 3–1 000 mg/l, yleisemmin 10–20 mg/l. 10 mg/l pitoisuuden aiheuttamat

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

vaikutukset kohdistuvat tietojen perusteella lähinnä kaikkein herkimpiin lajeihin sekä mätiin ja pienpoikasiin (*Keller ym. 2006* ja *Engel & Sorensen 2001*, kirjallisuuskatsauksessa *Vehanen ym. 2010*). Vaikka herkkyydessä on eroja lajien ja niiden elinvaiheiden välillä, tutkimusten perusteella maksimissaan 100 mg/l pitoisuuksilla vaikutukset jäävät vähäiseksi, mikäli 100 mg/l pitoisuusvaikutus jää kestoltaan alle 14 vuorokauden ajaksi ja lyhytaikaisesti (tunteja) monet lajit kestävät jopa 1000 mg/l kiintoainepitoisuuksia. Planktonia syövät kalat vaikuttavat olevan herkimpiä lajeja ja mm. silakan on todettu välttävän jopa 3 mg/l pitoisuuksia. Silakalla herkimpiä elinvaiheita on poikasvaihe, mätimunan kestäessä samentumaa ja sedimentaatiota paremmin. Poikaset saattavat kärsiä fysiologisista vaikutuksista jo 100 mg/l pitoisuuksissa, mikäli pitoisuus kestää yhtäjaksoisesti yhden vuorokauden (*Karlsson ym. 2020*).

Kalojen karkottuminen on yleensä väliaikaista, mutta elinolosuhteiden muuttuessa paljon se voi olla myös pysyvää, koska kuten edellä todettu, eri kalalajien sekä ikävaiheiden sietokyvyssä on eroja. Huomioitava on, että tutkimustulokset ruoppauksen ja massojen läjityksen aiheuttamista kaloihin kohdistuvista vaikutuksista ovat kuitenkin paikoin vaikeasti todennettavissa, mutta pääosin tarkkailu- ja tutkimustulokset viittaavat siihen, ettei merkittäviä vaikutuksia ole havaittu. Mm. Ruotsissa tehdyssä merituulivoimalan ruoppaustöiden seurantatutkimuksessa ei havaittu negatiivisia kalayhteisöihin kohdistuvia vaikutuksia, vaan lajimäärät olivat samankaltaisia vertailualueen, sekä vaikutusalueen (60 m ja 200 m päässä ruopattavasta kohteesta) välillä (*Hammar ym. 2008).* Porin Tahkoluodon toiminnassa olevan merituulivoimahankkeen rakennustöiden aikana tehtyjen verkkokoekalastusten perusteella kalat jossain määrin karkottuivat työalueilta, mutta kalamäärät palautuivat rakennustöiden päätyttyä rakennustöitä edeltävälle tasolle. Tarkkailun perusteella rakennushanke eri työvaiheineen on voinut karkottaa lohia hankealueelta ja sen läheisyydestä, mutta taimenen ja siian osalta vastaavaa vaikutusta ei saalisaineiston perusteella havaittu (*Ojala 2019*). Ruotsalaisen Lillgrundsin merituulivoimapuiston rakennusvaiheen kiintoainepitoisuus oli tasoa 10 mg/l, mutta vaikutusta kalojen ja kalanpoikasten esiintymiseen ei havaittu (*Bergström ym. 2012*).

Tehdyn mallinnuksen (*Niras 2023a*, liite 2) mukaan **merituulivoimapuiston rakennustöistä** (ruoppaus, läjitys) vapautuva sedimentti kulkeutuu pisimmillään muutaman kilometrin päähän merituulivoimapuiston alueesta, mutta pysyy pääosin merituulivoimapuiston sisällä. Suurimmat työnaikaiset pitoisuudet havaitaan läjitysalueiden kohdalla, jossa ajallisesti arvioiden 100 mg/l kiintoainepitoisuuksia havaitaan ainoastaan yhden päivän aikana koko työn kesto (yksi avovesikausi) huomioiden. Lyhytkestoisempia (6 h kestäviä) 100 mg/l pitoisuusnousuja havaitaan vesipatsaassa yhteensä 3–14 km^2 alalla, ja pohjanläheisyydessä jo paljon laajemmin (noin 66–84 km^2). Korkeiden kiintoainepitoisuuksien piikit jäävät siis varsin lyhytaikaiseksi ja rajoittuvat työkohteiden lähelle. Pitoisuusvaikutus ≥10 mg/l on selvästi yleisempää jakautuen myös laajemmalle alueelle, myös merituulivoimapuiston ulkopuolelle ja myös sen ajallinen kesto on pidempi. Laskennallisesti läjitysalueilla veden kiintoainepitoisuus nousee tasolle 10 mg/l tai yli, 7–14 päivän ajan yhtäjaksoisesti koko työnkesto huomioiden. Kaikkiaan lyhytaikaisena 10 mg/l pitoisuusnousua esiintyy pinnassa noin 300 km^2 ja pohjan lähellä noin 430 km^2 alueella eli laskennallisesti hyvin laajalla, mutta huomioitava on, ettei tämä pitoisuusnousu ole yhtäjaksoista, vaan pulssittaista. Huomioitava on, että mallinnus on tehty yliarviona olettaen, että työt kestävät vain yhden avovesikauden ajan, joten etenkin läjityksen osalta mallinnuksessa on todellisesta tilanteesta poikkeavaa yliarviota. Todennäköisesti vesistörakentaminen jakautuu useammalle kenttäkaudelle. Jos rakentaminen ajoittuu useammalle kuin yhdelle vuodelle, vuotuinen kiintoaine- ja sedimenttikuorma jäävät yllä esitettyä vähäisemmiksi. Huomattava on, että mahdollinen läjitysalue 4, jota ei ole mallinnettu, laajentaisi vaikutusaluetta merituulivoimapuiston pohjoispuolelle. Hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 välillä ei ole merkittäviä eroja. Mallinnus on tehty painovoimaperustukselle, jolla vaikutukset ovat suurimmat. Näin ollen muiden perustustyyppien osalta vaikutukset jäävät lievemmäksi.

Lyhytkestoiset suuremmat kiintoaineen pitoisuusnousut (100 mg/l) todennäköisesti karkottavat kaloja niillä alueilla, missä suurempia hetkellisiä korkeita pitoisuuksia tulee esiintymään, erityisesti läjitysalueella. 10 mg/l pulssittainen pitoisuuksien esiintyminen on tavallisempaa. 10 mg/l

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

kiintoainepitoisuuksia esiintyy ajoittain luonnostaankin hankealueen merialueella (katso luku 5.2.3), mutta tälläkin tasolla voi kuitenkin olla haitallista vaikutusta herkemmille lajeille, mutta toisaalta osa lajeista kestää jopa 100 mg/l kiintoainepitoisuutta noin 14 vuorokauden ajan (*Karlsson ym. 2020*).

Muun muassa kalan kidukset ovat herkkiä kiintoaineen saostumiselle. Kiintoainealtistus voi lisätä kalojen veren glukoosi- ja kortisolipitoisuus nousua, mikä kertoo stressireaktiosta (mm. *Servizi & Martenz 1992*). Myös uintikyky usein heikkenee, jos vedessä on ylimääräistä kiintoainetta (*Berli ym. 2014*). Mädin kuolleisuus kasvaa useilla makean veden ja murtoveden kalalajeilla 100 mg/l-1000 mg/l:n kiintoainepitoisuuksissa (*Auld ja Schubel 1978, Clarce ja Wilber 2000, Engell-Sørensen ja Skyt 2001,* kirjallisuuskatsauksessa *Vehanen ym. 2010*). Sen sijaan esimerkiksi sillin mädin on todettu kestävän suuriakin kiintoainepitoisuuksia (*Kiørbe ym. 1981, Messieh ym. 1981, Birklund ja Wijsman 2005* kirjallisuuskatsauksessa *Vehanen ym. 2010*). Poikaset ovat aikuisia kaloja ja jopa mätiä herkempiä hapenottokyvyn heikkenemiselle, kun kiintoaine saostuu kiduksiin. Westerbergin ym. (1996) mukaan turskan poikasilla kuolleisuus oli suurempaa kuin mädin kuolleisuus, ja kuolleisuutta tapahtui jo pienemmissä kiintoainepitoisuuksissa (10 mg/l). Hanssonin (*1995*) mukaan >100 mg/l:n kiintoainepitoisuudet aiheuttivat sillin poikasille kuolleisuutta (viitteet kirjallisuuskatsauksesta *Vehanen ym. 2010*). Kuten edellä todettiin, silakan ja erityisesti sen poikasvaiheiden on todettu olevan herkimmästä päästä lajeja.

Merituulivoimapuiston alueella ei mitä todennäköisimmin esiinny kaupallisesti merkittävien kalalajien (kuten silakka) kutualueita, sillä alue on niille pääosin liian syvää ja pohjan laatu pitkälti epäsopivaa kutualustaksi. Muiden kalalajien sekä silakan mahdollinen kutu (täyttä varmuutta silakan lisääntymisestä alueella ei ole saatu) voi todennäköisesti häiriintyä rakennusvuosina samentumisvaikutuksen sekä karkottumisen myötä. Kiintoainekuorman jakautumisella usealle vuodelle samalla kohteella voi olla yleisesti ottaen haitallisempi vaikutus alueella mahdollisesti kuteville kaloille kuin kuormituksen ajoittumisella yhdelle vuodelle (mallinnettu tilanne), sillä häiriön ajallinen kesto on pidempi. Arvioitu vaikutus jää kuitenkin paikalliseksi ja tilapäiseksi suhteessa laajempaan kalapopulaatioon. Osa alueella mahdollisesti lisääntyvistä kaloista (mm. härkäsimppu) kutee talvella, jolloin ruoppaus-, kaivuu- ja läjitystöitä ei tehdä. Ko. lajin kannalta suurin osa merituulivoimapuiston alueesta on myös liian syvää kutualueeksi.

Kiintoaineen sedimentaatio on mallinnuksen mukaan suurinta läjitysalueella, sekä perustusten ja yhdyskaapeleiden lähialueilla ruoppauksen jälkeen, jolloin sedimentaation on arvioitu vaihtelevan välillä 1–4 cm (perustukset ja kaapelikaivannot merituulivoimapuistossa) ja läjitysalueilla enimmillään noin 4 cm, millä voi jossain määrin olla negatiivisia vaikutuksia esimerkiksi mätimuniin erityisesti läjitysalueella, mikäli ne peittyisivät laskeutuvan kiintoaineksen alle. Ulkomerialueelle suunnitelluilla läjitysalueilla ei kuitenkaan sijaitse tietojen perusteella kalojen kutualueita tai muuta arvokasta meriluontoa, joten aiheutuvat haittavaikutukset ovat vähäisiä. Muilla ruopattavilla alueilla vaikutus jää tätäkin lievemmäksi.

Nykytilassa Merenkurkun-Perämeren alueella sedimentaation on arvioitu vaihtelevan <1 cm/vuosi (*EMODNET 2024*). Siten alueilla, joilla mallinnettu rakennusvaiheen aikainen sedimentaatio ylittää 10 mm, tarkoittaa se keskimääräisen vuosittaisen sedimentaatiomäärän kaksin- tai moninkertaistumista rakennustöiden vuoksi, vaikka rakennusaika yksittäisillä kohteilla on huomattavasti lyhyempi. Sedimentaatio vaihtelee kuitenkin alueellisesti, suojaisemmilla alueilla sedimentaatiota voi olla enemmän ja toisaalla esiintyvät virtaukset voivat myös puhdistaa pohjaa. Soveltuvilla läjitysalueilla virtausnopeudet ovat kuitenkin alhaisia.

Merituulivoimapuiston pohjoisosassa on todettu kontaminoituneita sedimenttejä (liite 5). Tehdyn riskinarvion (liite 6) mukaisesti veteen mahdollisesti liukenevista PCDD/F-yhdisteistä ei arvioida lyhyen altistuksen aikana aiheutuvan haitallisia vaikutuksia eliöille. Pitkäaikainen altistus voi mahdollisesti aiheuttaa haittoja kaloille. Ruoppaustoiminta on kuitenkin lyhytaikainen tapahtuma ja siten myös kiintoainepitoisuuden nousu vedessä jää lyhyeksi. Kalaston arvioidaan pääsääntöisesti poistuvan alueelta ruoppauksen ajaksi, jolloin veteen liukenevien haitta-aineiden suorat vaikutukset jäävät vähäisiksi. Kalojen osalta PCDD/F-yhdisteiden rikastuminen ravintoketjussa (eliöiden

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

sedimentin/kiintoaineksen syönnin kautta) arvioidaan merkittävimmäksi altistumisreitiksi pitkän ajan kuluessa kuin altistuminen ruoppaustapahtumassa veteen kulkeutuville haitta-aineille. Muiden esiintyneiden haitta-aineiden osalta (öljyhiilivedyt, arseeni, nikkeli) vaikutuksia ei ekologisten vertailuarvojen alittuessa arvioida aiheutuvan. On kuitenkin otettava huomioon, että tehdyissä sedimenttitutkimuksissa ja siten myös riskienarvioinnissa on epävarmuuksia, joita on kuvattu tarkemmin liitteessä 6.

Jos sameutuminen ajoittuu kalojen vaellusaikaan, se voi mahdollisesti vaikuttaa myös vaellusten onnistumiseen (esim. *Posford Duvivier Environment & Hill 2001*). Rakennusaikaisen ruoppauksen ja läjityksen aiheuttaman samentumisen sekä alueella käynnissä olevan yleisen mm. alusliikenteeseen liittyvän aktiviteetin vuoksi lohien ja muiden vaelluskalojen vaellusreitit voivat muuttua niiden joutuessa kiertämään kyseiset alueet, sillä kalat todennäköisesti välttävät ainakin suurimpia kiintoainepitoisuuksia sekä väistävät käytössä olevia työkoneita. Myös alueen käyttö kalojen syönnösalueena voi häiriintyä.

Rakentamisaikainen samentuma jää siis mallinnusten perusteella varsin lyhytaikaiseksi tapahtumaksi merituulivoimapuiston alueella, mutta hankealueen laajuus huomioon ottaen kalastoon kohdistuva vaikutus arvioitiin kohtalaiseksi, lisäksi haittavaikutusta aiheutuu lisääntyneestä sedimentaatiosta. Samentumahaitta sekä lisääntynyt sedimentaatio eivät kuitenkaan aiheuta uhkaa uhanalaisille kalalajeille, vaelluskaloille tai kaupallisesti hyödynnettäville kalalajeille. Haitta-aineista aiheutuva riski on arvioitu vähäiseksi, sillä aluetta hyödyntävät kalat todennäköisesti karkottuvat ennen haitta-aineiden vapautumista.

Merikaapeli-/vetyputkireitit

Tehdyn mallinnuksen (*Niras 2023a*, liite 2) mukaan **merikaapelien/vetyputkien asentamistöistä** (mallinnettu kaksi vaihtoehtoista asennustapaa: vesipainepuhallus koko reitin matkalla/alle 15 metriä olevien matalimpien osuuksien ruoppaus ja läjitys ja edelliset eri rantautumisvaihtoehdoille, katso myös luku 5.3.1.2) kaapeli-/vetyputkireitillä esiintyy rakentamisvaiheessa 100 mg/l pitoisuusnousua enintään noin muutamien satojen metrien etäisyydellä työkohteesta riippuen pohjan laadusta ja enintään alle 24 tunnin ajan molemmissa simuloiduissa asennusmenetelmissä koko työn ajallinen kesto huomioiden. Kiintoainepitoisuuden nousua yli 10 mg/l esiintyy enintään noin 3–14 päivän ajan pinnassa sekä pohjan läheisessä kerroksessa riippuen menetelmästä, vaikutuksen ulottuessa muutamien kilometrien päähän työkohteesta. Sekä vaikutusalueen laajuus että samentuman kesto ovat suurimmat pohjan läheisyydessä, erityisesti ruoppaus- ja läjitysmenetelmässä. Ruoppauksessa ja erityisesti läjityksessä useamman päivän kestävää samentumista aiheutuu myös pintaan, vesipainepuhalluksessa sameusvaikutusta ulottuu pintaan lähinnä vain matalammilla rantautumisalueilla.

Lyhytaikaiset maksimit voivat työkohteilla olla tasoa 200 mg/l, mutta ruoppaus- ja läjityskohteilla tasoa 450 mg/l.

Mallinnuksen perusteella vesipainepuhalluksella on asentamisvaiheessa vähäisemmät vaikutukset kuin ruoppauksella, johtuen nimenomaan ruoppauksesta johtuvan läjityksen vaikutuksista, mutta myös vaikutus rannan läheisillä matalammilla alueilla jää vähäisemmäksi.

Reittivaihtoehdoissa MVE1 ja MVE2 lähellä tuulivoimapuistoa hienojakoisen sedimentin määrä on suurempi, mikä aiheuttaa suurempaa samentumisvaikutusta. Reiteillä MVE3, MVE4 ja MVE5 on ulommilla alueilla monin paikoin karkeita sedimenttejä, jolloin samentumavaikutus jää vähäisemmäksi. Rantautumisvaihtoehdoissa MVE1a, MVE4 ja MVE5a ja 5b samentumavaikutukset ovat laajimmat ja pitkäkestoisimmat. Vähäisimmät vaikutukset ranta-alueille kohdistuvat kaapelireiteillä MVE2a ja MVE3, joissa pohjan laatu on pääosin hiekkaa. Kaapelireittien MVE1, MVE2 ja MVE3 läheisyydessä sijaitsevien meriläjitysalueiden 2 ja 3 välillä ei ole samentumavaikutusten osalta merkittävää eroa. Kuten edellä on todettu, läjitysalue 1 on hylätty hankesuunnitelmasta virtausolosuhteiden perusteella. Kaapelireittien MVE1, MVE3 tai MVE4 käytäviin voi sijoittua myös suunniteltu vetyputkireitti VVE1, VVE2 tai VVE3. Vetyputkesta (vain 1 kpl putkia) asentamisesta aiheutuu vähemmän vaikutuksia kuin maksimikaapelimäärällä/reitti (5 kaapelia).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kokonaisuudessaan reiteille mallinnetut kiintoainepitoisuuksien kuukausittaiset keskiarvot jäävät mataliksi, sillä työvaiheet ovat lyhyitä eri osuuksilla.

Veden samentumisella ja kiintoainepitoisuusnousulla voi olla paikallista vaikutusta erityisesti arvokkaimpien ja monimuotoisimpien alueiden osalta (esim. riutat), mutta huomioitava on, että mallinnuksen perusteella kaloja voimakkaimmin häiritsevä ja karkottava vaikutus jää lyhytaikaiseksi, jakautuen myös reitin eri osiin. Paikallisen kalan elinpiirissä samentumavaikutus jää käytännössä vain muutaman päivän mittaiseksi ja suurimmat pitoisuusnousut ovat lyhytaikaisia pulsseja, joilla voi kuitenkin olla pohjia peittävä vaikutus sedimentaation kautta.

Mallinnuksen perusteella lisääntynyt sedimentaatio on enimmillään tasoa 2 cm, mikäli käytetään vesipainepuhallusmenetelmää. Kaapelireiteillä yli 1 mm sedimentaatiota ulottuu mallinnuksen mukaan enintään noin 400 metrin etäisyydelle reitin molemmin puolin. Reiteillä MVE3, MVE4/VVE1 ja MVE5/VVE3 on myös joitain osuuksia, joilla sedimentaatio on alle 1 mm, mikä johtuu pohjan karkeammasta aineksesta.

Osittaisessa ruoppausmenetelmässä kaapelireiteillä yli 1 mm sedimentaatiovaikutus ulottuu samalla tavoin noin ±400 metrin etäisyydelle reitin molemmin puolin. Sedimentaatio on voimakkainta, >4 cm, läjitysalueilla ja niiden ympäristössä ja se korreloi vahvasti pohjamateriaalin kanssa. Matalammilla rantautumisosuuksilla esiintyy myös monin paikoin noin 2 cm sedimentaatiota.

Samentuman tavoin sedimentaatiovaikutukset ovat kokonaisuutena hieman suuremmat reiteillä MVE1/VVE1 ja MVE2 johtuen MVE3, MVE4/VVE2 ja MVE5/VVE3 reittien osin karkeammasta pohja-aineksesta. Rannan läheiset vaikutukset ovat toisaalta sedimentaationkin suhteen suurimmat vaihtoehdoissa MVE4/VVE2 ja MVE5/VVE3. Myöskään kaapelireittien MVE2 ja MVE3 meriläjitysaluevaihtoehtojen välillä ei ole merkittäviä eroja.

Kaapelireiteillä MVE1a/VVE1, MVE2a ja MVE3 ei tutkimusten perusteella arvioida aiheutuvan haitta-aineista johtuvia merkittäviä ekologisia vaikutuksia eliöstölle vesirakentamisen (ruoppaus- tai vesipainepuhalluksen) yhteydessä. Yksittäinen korkea nikkelipitoisuus reitillä MVE1/VVE1 vaatii lisätutkimuksia. Sen sijaan pohjoisen kaapeli- ja putkireittien MVE4/VVE2 ja MVE5/VVE3 alueilla rannikon läheisyydessä esiintyy laaja-alaisesti tutkittuja haitta-aineita (tasoa 1B, liite 5) ja näillä reiteillä vesirakentamisesta voi mahdollisesti aiheutua lyhyt - ja pitkäaikaisia vaikutuksia vesieliöstöön ja kalastoon.

Kaikilla reiteillä sijaitsee tietojen perusteella eri kalalajien kutualueita (mm. silakka, siika), vähiten niitä on tietojen perusteella reitillä MVE2. Kaivujen vuoksi nämä alueet voivat tuhoutua, mikäli tärkeimpiä kutualueita (riuttamaiset kohteet) ei kierrettäisi. Alueet voivat myös peittyä kiintoaineen alle. Asennustöistä aiheutuva häiriö ja samentuminen voi häiritä tai karkottaa kutevia kalaparvia, mikäli alueilla operoidaan kutuaikaan. Matalimpien alueiden ruoppauksilla ja läjityksillä voi mahdollisesti olla vaikutusta useamman vuoden ajan kalojen lisääntymiseen, mikäli operoidaan erityisesti kutualueilla, mutta alueiden arvioidaan palautuvan ennalleen myöhemmin. Kaapelireittien alta pohjia muokataan yhteensä enimmillään muutamien kymmenien hehtaarien alalta, mutta ei yhtäaikaisesti, joten kokonaisuudessaan paikallisiin kaloihin kohdistuva vaikutus on tasoltaan hetkellisesti kohtalaista, mutta pidempiaikaisesti vähäistä kaikilla reiteillä, eikä kaapeleiden asennustöistä aiheutuvalla samentumisella ja lisääntyneellä sedimentaatiolla ole laajempaan Merenkurkun eri lajien populaatioihin kohdistuvaa vaikutusta. Vaikutukset ovat pääasiassa lähes samantasoisia kaikilla reiteillä, mutta kokonaisuutena jossain määrin muita reittejä suuremmat reiteillä MVE1/VVE1 ja MVE3, mutta ranta-alueiden osalta suurimpia vaihtoehdoissa MVE4/VVE2 ja MVE5/VVE3, jossa myös esiintyy haitta-aineita.

Vaelluskalojen osalta samentuminen sekä rakennustöistä aiheutuva yleinen lisääntynyt häiriö voi aiheuttaa välttämiskäyttäytymistä ja täten muutoksia kalojen kulkureitteihin, mutta töiden ajoittuminen vain tietyille osuuksille kerrallaan ja samentuma-alueen pysyessä työkohteen lähialueilla, ei kaapelien/vetyputkien asentamisella arvioida olevan kuin korkeintaan hetkellisesti kohtalaista vaikutusta ja pidempiaikaisesti vähäistä vaikutusta.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

6.3.1.2 Vedenalainen melu

Merituulivoimahankkeen vedenalaisista meluvaikutuksista rakentamisen aikana merkittävin ympäristövaikutus kaloille on asennustoiminnasta (esim. merituulivoimaloiden paalutus) aiheutuva ja rakentamisenaikaisen laivaliikenteen aiheuttama vedenalainen melu. Kalastolle aiheutuva häiritsevin vaikutus on todennäköisesti paalutuksella. Melu voi aiheuttaa kaloille fysiologista stressiä, kuolleisuutta, fyysisiä vammoja tai vaikuttaa niiden käyttäytymiseen. Vedenalaisen melun vaikutuksia sekä vaikutusmekanismeja käsitellään tarkemmin luvussa 15 sekä erillisessä liitteessä 7 (*Niras 2023b*).

Tehdyn mallinnuksen mukaan paalutuksen aiheuttaman vedenalaisen melun (PTS=pysyvä kuulonaleneminen ja vamma) paineen pahimmat vaikutukset kohdistuvat yksilöihin paalutustoiminnan välittömässä läheisyydessä. Kaloille arvioitu etäisyys on vähemmän kuin 100–1 100 metriä ja mädille ja kalanpoikasille vähemmän kuin 650 m. Tämän lisäksi suurin osa kaloista pakenee kauemmas paineen lähteestä ja palaa, kun melu on loppunut, ja mahdollisesti kärsii vain ajan myötä palautuvasta väliaikaisesta kuulonalenemasta. TTS:n (tilapäinen kuulonalenema) vaikutusetäisyys kaloille on 5,9–17,9 km melulähteestä, riippuen kalalajista. PTS:n tai kuolleisuuden riski suurille kalamäärille nähdään merkityksettömänä lyhyiden vaikutusetäisyyksien (< 100–1 100 m) vuoksi, ja kun käytetään pehmeää käynnistys-/voimistusmenettelyä, joka antaa kaloille aikaa siirtyä vaikutusetäisyyden ulkopuolelle. (*Niras 2023b*, liite 7)

Lähellä paalutuksen lähdettä, jossa vedenalainen melu on korkea, mutta ei silti alueella, jossa kalat kärsivät vammoista, paine laukaisee välttämisreaktion, jolloin nuoret ja aikuiset kalat pakenevat painetta ja mahdollisesti kärsivät väliaikaisesta kuulonalenemasta (TTS). Huomioitava on, että kalat käyttävät merituulivoimapuiston aluetta kohtalaisesti muihin merialueisiin verrattuna, mutta vain vähän verrattuna matalampiin alueisiin rannikolla. Paalutusmelun vaikutuksen suuruus ja laajuus arvioitiin ilman äänenvaimennustoimenpiteitä kohtalaiseksi negatiiviseksi, koska erityisesti TTS:n (tilapäinen kuulonalenema) vaikutusetäisyydet ovat suhteellisen pitkiä ja niiden voidaan arvioida ulottuvan täten myös monimuotoisemmille rannikkoalueille. Näin ollen on arvioitu, että kuplaverhot tai vastaava äänenvaimennusmenetelmä on tarpeellinen rakentamistoimien yhteydessä, jolloin aiheutuvat vaikutuksetkin lievenevät kohtalaisesta vähäiseen (*Niras 2023b*, liite 7).

Merituulivoimapuiston ja merikaapeleiden ja/tai vetyputkireitin rakentamisen aikana voidaan joutua alueen pohjanlaadusta riippuen louhimaan tai räjäyttämään kalliota reitin tieltä. Louhinnan ja räjäytysten tarve selviää hankkeen tarkemmassa suunnittelussa ennen hankkeen vesilupavaihetta.

Meriläinen & Lindforsin (*2018*) mukaan vedenalaisen louhinnan melu on lyhytkestoista ja impulssimaista, mutta kuitenkin usein erittäin voimakasta ja laajakaistaista. Vedenalainen louhinta ja räjäytykset voivat aiheuttaa kaloille haitallisia äänenpainetasoja. Melun etenemiseen vaikuttaa alueen vesisyvyys, veden suolapitoisuus ja lämpötila sekä näistä aiheutuva kerrostuneisuus. Lisäksi äänen taajuus sekä merenpohjan ja merenpinnan olosuhteet vaikuttavat äänen heijastumiseen ja absorboitumiseen. Melun haitallisuuteen vaikuttavat melun voimakkuuden lisäksi altistusaika, äänienergian jakautuminen eri taajuuksille, melun laatu sekä lajin yksilöllinen herkkyys melulle.

Meriläinen & Lindforsin (*2018*) mukaan räjäytykset eroavat muusta vedenalaisesta melusta siten, että ne synnyttävät erittäin äkillisen ja äkkijyrkästi nousevan voimakkaan paineaallon, joka kulkeutuu vedessä äänennopeutta nopeammin. Räjäytysten on havaittu aiheuttavan vakavia vaurioita kaloille (mm*. Wright & Hopky 1998*). Räjähdyksestä seuraavat nopeat paineenmuutokset ylipaineen ja alipaineen välillä on todennäköisin syy kalakuolemiin. Muissa hankkeissa tehtyjen vedenalaisten mallinnusten sekä väyläviranomaiselle tehdyn selvityksen perusteella räjäytyksen paineaallon aiheuttama nopea värähtely aiheuttaa ilmarakon supistumisen (ylipaineen aikana) ja laajenemisen (alipaineen aikana), josta aiheutuu sisäisiä vammoja ja pahimmassa tapauksessa jopa kuolema (*Meriläinen & Lindfors 2018*). Erityisesti alipaineen on havaittu aiheuttavan vammoja kaloille, kun laajentuva ilmarakko vaurioittaa sitä ympäröiviä elimiä (esim. munuaisia, maksaa ja

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

pernaa). Räjäytysten vaikutuksista on Meriläinen & Lindforsin (*2018*) mukaan haastavaa muodostaa selviä raja-arvoja, koska tutkimuksissa on usein käytetty eri räjähteitä, eri kalalajeja ja erilaisia panoksia.

Mikäli reittien rakentamiseen liittyisi vedenalaisia räjäytyksiä, tulee niiden osalta tehdä tarkempi suunnittelu ja tarvittaessa mallinnus vesilupavaiheessa. Jatkosuunnittelussa tulee varmistaa soveltuvilla karkottimilla kalojen siirtyminen riittävän etäälle työkohteesta ennen räjäytysten aloittamista. Myös kovinta melua aiheuttavien työvaiheiden yhteydessä tulisi käyttää soveltuvia äänen vaimentamisen menetelmiä kuten kuplaverhoja alueesta riippuen, joilla voidaan tehokkaasti vaimentaa vedenalaisen melun leviämistä ja näin saada vaikutuksia vähäisemmiksi. Rakentamisen aikaiset vaikutukset ovat luonteeltaan väliaikaisia ja tilapäisiä, joskin ne tulevat arvion mukaan kestämään useamman avovesikauden.

Melua syntyy merialueella lisäksi putkenlaskuun soveltuvien alusten melusta, joka on luonteeltaan etenevää merialusten normaalia ääntä, missä pää-äänilähteitä ovat koneiden ilmanottokanavat, savukaasukanavat sekä ilmastoinnin puhaltimet ja poistopiiput. Vedenalaiset meluvaikutukset koostuvat alusten potkurien ja koneiden melusta. Kalastolle aiheutuvat vaikutukset ovat lieviä ja väliaikaisia, mutta kalojen karkottumisella voi olla hetkellisiä vaikutusta kalastukseen.

6.3.1.3 Vaikutukset kalastukseen

Ruoppauksen, läjitysten sekä kaapelien asennustöiden vuoksi aiheutuvan samentumisen sekä häiriön, sekä lisäksi rakennustöistä aiheutuvan melun johdosta kaloja voi hetkellisesti karkottua ja välttämiskäyttäytyminen voi lisääntyä, millä voi olla negatiivista vaikutusta alueella harjoitettavaan kaupalliseen sekä vapaa-ajan kalastukseen. Vedenlaatuun kohdistuvat vaikutukset ovat todennäköisesti suurimmat rannikon läheisillä alueilla, jossa harjoitettava kalastus on verraten runsasta. Töidenaikaisten mahdollisten liikkumisrajoitusten takia kalastus voi estyä tietyillä alueilla kokonaan tai pyydyksiä ei voida asettaa pyyntiin, sillä samentumahaitta voi hetkellisesti olla suurta, jolloin haittaa aiheutuu mm. havaspyyntien likaantumisesta johtuen. Kalojen häiriintymisessä kasvaneiden kiintoainepitoisuuksien vuoksi on melko suurta vaihtelua, mutta lyhytaikaiset haitat arvioitiin kuitenkin kokonaisuudessaan kohtalaisiksi kaapelireittien alueella ja vähäiseksi tuulivoimapuiston alueella. Huomioitava on, että samentumavaikutuksen kesto on kuitenkin varsin lyhytaikaista. Rakentamisesta ja sen aikatauluista tullaan tiedottamaan laajasti etukäteen.

Kallanin alueella harjoitetaan kalanviljelyä. Energiansiirtoreitti MVE5/VVE3 kulkee välittömästi Kallanin luodon eteläpuolitse. Rakentamisen aikana voi kohdistua lyhytaikaista sameusvaikutusta sekä melua kalanviljelylaitoksen alueelle, mutta koska kaapelinlasku tai vetyputken rakentaminen etenevät nopeasti, ei häiriövaikutus ole kuin hetkellinen.

6.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset

Erilaisten tutkimusten avulla on pyritty selvittämään toiminnassa olevien merituulivoimaloiden synnyttämiä vedenalaisia ääniä, värähtelyjä, valo- ja varjoefektejä sekä merikaapeleiden (sähkönsiirto) synnyttämiä sähkömagneettisia kenttiä sekä niistä kalastolle ja muulle vesieliöille aiheutuvia vaikutuksia. Voimaloiden sijoittamisella voi olla vaikutusta myös virtaamiin ja muihin hydrodynaamisiin olosuhteisiin merialueella. Voimaloiden ja muiden tarvittavien rakenteiden (mm. merisähköasemat) perustusten rakentamisen myötä myös pohjaolosuhteet muuttuvat eli pohjan elinympäristöjä menetetään pysyvästi rakenteiden alta, joiden pinta-ala koko tuulivoimapuiston alueen pinta-alasta on vain noin 0,06 %. Vedyn tuotannosta voi aiheutua suola- ja lämpökuormitusta ympäröivälle vesialueelle. Vaikutusten arviointia vaikeuttaa tietopuutteet eli tutkimus- ja seurantatiedon puute ilmiöiden todellisesta merkityksestä Suomen oloissa, erityisesti ulkomerelle sijoittuvien merituulivoimapuistojen osalta.

6.3.2.1 Elinympäristöjen ja virtaamien muuttuminen

Elinympäristön muuttuminen ja kehittyminen riippuu paikallisista ympäristöolosuhteista, mutta yleisesti ottaen perustukset voivat matalilla alueilla luoda edellytyksiä eliöstön monimuotoisuuden

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

kasvamiselle toimimalla keinotekoisina riuttoina luoden näin uusia elinympäristöjä eläin- ja kasvilajeille, millä voi olla positiivisia vaikutuksia erityisesti myös pohjakaloille. Kalojen tiedetään suosivan vedenalaisten rakenteiden läheisyyttä, kuten hylkyjä, aallonmurtajia ja laituripaaluja, joka voidaan todennäköisesti selittää lisääntyneellä suoja- ja ravintomahdollisuudella. Kaloja houkutteleva vaikutus on havaittu myös useissa merituulivoimapuistoissa *(*mm. *Bergström ym. 2012),* mutta vaikutus on lajiriippuvaista: silakan ja kilohailin kohdalla eroosiosuojausrakenteet ei välttämättä lisää lajien esiintymistä, mutta on esitetty, että ne voivat mahdollisesti toimia kutuhabitaattina, mikäli eroosiosuojauksen pinnalle kasvaisi leviä. Kalat voivat myös hakeutua suojaan perustusten lähelle (*Glarou ym. 2020).*

Suomen olosuhteissa ja erityisesti syvillä pohjilla tämä vaikutus on kuitenkin lähinnä teoreettinen ja matalillakin alueilla eri lajien sukkessio on todetusti ollut hidasta, eivätkä voimaloiden perustusten pinnat valtaosin ylipäätään sovellu Suomessa esiintyville levä- tai pohjaeläinlajeille (*KVVY Tutkimus Oy 2020a),* josta taas kaloille voisi olla hyötyä esimerkiksi ravintokohteena*.*

Paikallaan seisovalla yksittäisellä voimalalla tai sen valitulla perustustyypillä ja sen eroosiosuojauksella fyysisenä rakenteena ei todennäköisesti ole suurta merkitystä syvien alueiden kalastolle. Kovien pohjien lajeja (esim. härkäsimppu) pehmeän pohjan korvautuminen kovemmalla pohjalla eroosiosuojauksen kohdalla voi jossain määrin hyödyttää.

Merikaapelien osalta tilanne muuttuu nykytilasta olennaisesti vain niillä alueilla, joissa kaapelia ei ole mahdollista asentaa upottaen tai kaivaen pohjaan, vaan kaapelit peitetään esimerkiksi kivenlohkareilla. Tällöin alueelle voi muodostua syvyydestä riippuen kaloillekin soveltuvaa mahdollista riuttamaista ympäristöä.

Pohjan alaa menetetään pysyvästi merituulivoimaloiden perustusten sekä merisähkö- ja vetyasemien alta. Pohjien menettämisen arviointi on tehty painovoimaperustukselle, jossa pohjan alaa menetetään eniten. Hankevaihtoehdossa VE2 perustusten vaatima ala on hieman suurempi kuin vaihtoehdossa VE1, jossa voimaloiden lukumäärä on vaihtoehtoa VE2 suurempi, mutta kokonaisuudessaan vaihtoehdossa VE1 pohjia menetetään enemmän. Pohjia menetetään voimaloiden perustusten alta laskennallisesti noin 0,24 km^2 alalta molemmissa vaihtoehdossa VE1 ja VE2.

Merituulivoimapuiston matalimmat alueet alkavat 18 metristä. Tehtyjen tutkimusten perusteella matalimmatkaan osat eivät ole kovinkaan monimuotoisia meriluonnon tai kalojen elinympäristön kannalta ja kaupallisesti merkittäville lajeille ne ovat kutualueeksi todennäköisesti liian syviä, mutta alueella on todennäköisesti merkitystä useiden pohjakalalajien elinympäristönä. Lisäksi tulee muistaa, että melko monotoninen pohja ja vähäinen lajidiversiteetti on myös alueen ominaispiirre. Voimaloiden perustusten alle jäävien mahdollisten kutualueiden menetys tulee kuitenkin olemaan vähäistä, huolimatta hankevaihtoehdosta tai lopullisesti valitusta perustustyypistä, sillä alueella ei ole tietojen perusteella silakan tai muiden kaupallisesti tärkeiden kalalajien kutualueita, eikä todennäköisesti erityisesti muidenkaan lajien, sillä esiintyvien lajien (mm. härkäsimppu, isosimppu, kiiski) kutu tapahtuu pääosin matalammissa vesissä. Erityisesti pohjaeläimiä syövien kalojen ravintokohteiden hakuun voi tulla lieviä paikallisia muutoksia, sillä voimaloiden lähialueilla pohjaeläimistö voi muuttua tai hävitä kokonaan voimaloiden eroosiosuojauksen myötä ja perustusten alta. Hankealueella eläviä pohjaeläimiä syöviä pohjakaloja ovat esimerkiksi härkäsimput. Vaikutus ei kuitenkaan ole merkittävä vaan lähinnä teoreettinen, sillä liikkuvina eliöinä kalat voivat etsiytyä parempiin olosuhteisiin ja vaikka tehtyjen pohjaeläintutkimusten perusteella lajisto on alueella varsin niukkaa, biomassojen puolesta pohjaeläimistön arvioidaan tarjoavan joka puolella hankealuetta riittävästi ravintoa, eikä voimaloiden aiheuttamalla muutoksella arvioida näin ollen merkitystä kalojen ravintovarojen riittävyyteen.

Olemassa olevan tutkimustiedon, saalistietojen, ja kalastajille tehtyjen haastattelujen perusteella aikuisten lohien vaellus kulkee pääosin rannikkoa pitkin, mutta osa kaloista voi liikkua myös avomerellä ja todennäköisesti osa kulkee myös merituulivoimapuistoalueen läpi, myös poikittaissuuntaisesti Ruotsin ja Suomen välillä. Merituulivoimapuiston läheisiltä merialueilta on saatu yksittäisiä merkkipalautuksia merkityistä meritaimenista.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kalat osaavat tarvittaessa väistää esteitä (esim. *Zwaka ym. 2022*), lisäksi voimalayksiköt tullaan sijoittamaan laajalle tuulivoima-alueelle siinä määrin väljästi, ettei niillä ole esteen muodossa esiintyvää yhteisvaikutusta vaelluskalojen eikä muiden kalalajien liikkumiseen tai käyttäytymiseen. Hankevaihtoehdossa VE1 voimalamäärä on suurempi, joten mahdollinen negatiivinen vaikutus voi periaatteessa tältä osin olla suurempi, mutta kuitenkin melko epätodennäköinen. Muita voimaloiden toiminnasta aiheutuvia kalastoon mahdollisesti vaikuttavia tekijöitä (melu jne.) käsitellään seuraavissa kappaleissa.

Merituulivoimaloilla voi olla vaikutusta virtausolosuhteisiin, sillä voimalat muodostavat ikään kuin uuden saariston, jolla voi olla vaikutusta voimaloiden välisiin tuuliolosuhteisiin. Tehdyn mallinnuksen mukaan tuulivoimapuisto vähentää pintavirtauksia puiston etelä- ja pohjoispuolella noin 15 %. Samanaikaisesti syvemmissä vesikerroksissa virtaukset kiihtyvät hieman, vaikutuksen vaihdellessa vuodenaikojen mukaan. Virtausmuutosten vaikutusalue on verrattain iso, ulottuen 30–40 km päähän tuulivoimapuistosta, mutta elokuussa enimmillään jopa yli 100 km päähän. Virtausmuutokset vaikuttavat myös veden lämpötilaan ja kerrostumiseen sekä jossain määrin myös suolapitoisuuteen. Lämpötilamallinnuksessa on huomioitu myös vedyn tuotanto, jonka vaikutus jää kuitenkin hyvin paikalliseksi (katso myös luku 5.3.2). Lämpötila- ja suolapitoisuuden muutokset käsitellään tässä luvussa myöhemmin kohdassa vedyn tuotannon vaikutukset.

Tuulikentän muutoksen aiheuttaman virtaamamuutoksella ei todennäköisesti ole suoraan merkittävää vaikutusta kalaston tilaan kummassakaan hankevaihtoehdossa, olennaisimpien vaikutusten aiheutuessa todennäköisesti lämpötilamuutosten vuoksi. Virtaamamuutokset voivat periaatteessa aiheuttaa myös sedimentaation lisääntymistä, millä voi olla lievä negatiivinen vaikutus herkille lajeille. Kalastoon kohdistuva vaikutus arvioitiin tältä osin kuitenkin vähäiseksi.

Kokonaisuutena arvioiden elinympäristöt ja avomeren olosuhteet tulevat hankkeen myötä jossain määrin muuttumaan mm. virtausolosuhteiden muuttumisen vuoksi ja elinympäristöjä tullaan myös menettämään merituulivoimapuiston laajuus sekä kaapelireittien pituus huomioon ottaen varsin isossa mittakaavassa. Kaapelien tai vetyputken asennuksen jälkeen kohteen elinympäristö palautuu, mutta se voi muuttua alkuperäisestä. Näin ollen merituulivoimapuiston sekä kaapeli-/vetyputkireittien aiheuttamat käytönaikaiset moninaiset haittavaikutukset kalojen elinympäristöön arvioitiin kohtalaisiksi molemmissa hankevaihtoehdoissa.

Vedenalainen melu

Merituulivoimapuiston käyttövaiheessa melua aiheutuu tuulivoimaloista ja lisäksi melua voi aiheutua kunnossapitoon ja huoltoon liittyvästä laivaliikenteestä. Voimalan toiminnanaikaiset vedenalaiset vaikutukset koostuvat merituulivoimalan lapojen ja koneiston käyntiäänistä, jotka välittyvät tornia ja perustusta pitkin veden alle.

Kalojen kuuloelinten monimuotoisuus on erittäin suuri, aiheuttaen suuren vaihtelun kuulossa eri kalalajien välillä. Vedenalainen melu voi vaikuttaa merinisäkkäisiin ja kaloihin esimerkiksi muuttamalla niiden käyttäytymistä tai aiheuttamalla tilapäisen tai pysyvän kuulon heikkenemisen. Vaikutuksen suuruus riippuu siitä kuinka kova ja pitkäkestoinen ääni on. Käyttäytymisen muutoksella tarkoitetaan ensisijaisesti välttelevää käyttäytymistä, joka voi vaihdella pienestä muutoksesta, kuten lyhyestä ruoanhakuhäiriöstä siihen, että alueelta paetaan. Itämerellä tehtyjen mittausten mukaan tuulivoimalan käyntiäänen vedenalaisen kuuluvuussäteen kaloille on arvioitu ulottuvan kilometrien etäisyydelle tuulivoimalasta (*Wahlberg & Westerberg 2005*). Käyntiäänen ei ole kuitenkaan osoitettu häiritsevän kaloja kuin melutasoilla, jotka vallitsevat aivan tuulivoimalan välittömässä läheisyydessä muutaman metrin säteellä. Äänenpaineen tason 90–119 dB (re 1 µPa) (*Nedwell & Howell 2004*, *Thomsen ym. 2006,* kirjallisuuskatsauksessa (*Vehanen ym. 2010*) on todettu aiheuttavan kaloilla käyttäytymismuutoksia ja stressiä.

Laineen merituulivoimapuiston alue on osittain päällekkäinen Kokkolaan ja osin Pietarsaaren suuntautuvan laivaliikenteen reittien kanssa. Aluetta hallitsee siis jo nyt matalataajuista vedenalaista melua aiheuttava alusliikenne, ja alueella olevat kalat ovat todennäköisesti jossain määrin jo mukautuneet tiettyyn määrään vedenalaista melua. Tehdyn arvion mukaan hankealueella

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

äänitasoltaan 100 metrin päässä noin 25 MW:n voimalan äänitaso käyttöaikana voisi olla tasolla 155–160 dB (re 1µPa) voimalan nimellisteholla, joka vastaa laivaliikenteen aiheuttamaa melua 300–500 metriä havaintopaikasta. Voimaloiden kumulatiivisista vaikutuksista ei tässä vaiheessa ole tietoa (katso luku 15). Alustavasti voidaan arvioida, että esimerkiksi lohen karkottumiseen vaadittavia melutasoja esiintyy huomattavasti lähempänä merituulivoimaloita kuin etäisyys, jonka päähän lohi kuulee tuulivoimalasta lähtevän äänen. Wahlberg ja Westerberg (*2005*) ovat arvioineet, että kaloja karkottavaa melua ulottuu ainoastaan 4 metrin päähän perustuksesta.

Tehdyssä mallinnuksessa (*Niras 2023b*, liite 7) merituulivoimapuiston toiminnan aikaiset vedenalaiset meluvaikutukset arvioitiin kohtalaiseksi molemmilla hankevaihtoehdoilla johtuen ennen kaikkea voimalakoon käytönajan meluvaikutustason epävarmuuksista koskien äänipäästöä ja äänen etenemistietä tornista perustuksiin vedenpinnan alapuolelle. Kohteen herkkyys kalaston kannalta arvioitiin kuitenkin vähäiseksi suhteessa meluun ja siihen koettuihin vaikutuksiin ja haittavaikutusten kokonaismerkittävyys on siten vähäinen.

Valo- ja varjovaikutus (välke)

Kaloilla ylilentävän saalistavan linnun aiheuttama varjostus aiheuttaa yleensä pakoreaktion. Tuulivoimalan pyörivien lapojen aiheuttama valo-varjoefekti eli välke (katso myös luku 16) voi periaatteessa aiheuttaa vastaavan reaktion, jos kala tulkitsee ilmiön merkiksi saalistusuhasta. Myös voimaloiden valaistuksella voi periaatteessa olla vaikutusta kaloihin, sillä viimeaikaisissa tutkimuksissa on esimerkiksi havaittu keinotekoisen valon vaikuttavan jossain määrin lohen (*Salmo salar*) käyttäytymiseen, joskin mekanismit tämän takana eivät ole selviä (mm. *Riley ym. 2015, Newman ym. 2015*). Voimaloiden lentoestevalojen väri on punainen, ja valon arvioidaan vaimenevan vedessä jo 1–2 metrin syvyydessä, jolloin kaloihin kohdistuva vaikutus on hyvin vähäinen. Tehdyn kirjallisuuskatsauksen (*Dodd & Briers 2021*) perusteella voimaloiden lapojen aiheuttamalla varjovaikutuksella (shadow flicker) ei myöskään mitä todennäköisimmin ole vaikutusta loheen (*Salmo salar)* missään sen elinkierron vaiheessa. Kalojen arvioidaan myös tottuvan nopeasti valon-varjon vaihteluun (*Dodd & Briers 2021*). Nykytiedon valossa vaikutuksen arvioitiin jäävän vähäiseksi myös muille kaloille (*Öhman 2023*).

Varjon vilkkuminen on yleensä ajoittaista, ja sen voimakkuus riippuu sääolosuhteista. Esimerkiksi aallokko heikentää valojen ja varjojen vilkkumista merenpinnan rikkoutuessa. Jääpeitteisenä aikana ilmiöllä ei ole lainkaan vaikutusta kaloille tai muille vesieliöille.

Kokonaisuudessaan mahdollisen haitallisen vaikutuksen voidaan arvioida molemmilla hankevaihtoehdoilla (VE1, VE2) olevan vähäinen ja lähinnä tilapäinen johtuen sääolosuhteiden vaihtelusta sekä talviaikaan jääpeitteestä.

Sähkömagneettinen säteily

Tuulivoimaloiden toiminta-aikana sähkönsiirtoon käytetyt merikaapelit tuottavat sähkömagneettista säteilyä ympäristöönsä (mm. *Taormina ym. 2018, Hutchison ym. 2020a*). Sähkömagneettinen kenttä ulottuu useiden metrien päähän merenpohjaan kaivetusta merikaapelista ja sen intensiteetti vähenee etäisyyden kasvaessa (*Hutchison ym. 2020a).* Sedimenttikerros kaapelin päällä vaimentaa, mutta ei täysin estä säteilyn pääsyä vesipatsaaseen (*CMACS 2003*). Sähkönsiirron aiheuttamaa sähkömagneettista kenttää on pidetty mahdollisena kaloihin kohdistuvana käytönaikaisena vaikutuksena. Staattisen magneettikentän vaikutuksia vesiorganismeihin on kuitenkin toistaiseksi tutkittu vain vähän (*Hutchison ym. 2020b*) ja tulokset ovat myös keskenään ristiriitaisia, mikä vaikeuttaa arviointia (*Cresci ym. 2022*). Sähkömagneettisia kenttiä muodostuu sekä tuulivoimapuiston sisäisen kaapeloinnin että mantereelle johdettavien sähkönsiirtokaapeleiden ympärille.

Herkkyys tuntea sähkömagneettista säteilyä vaihtelee lajeittain. Kaapelien tyypillä ja suunnittelulla on suuri merkitys niiden sähkömagneettiseen vaikutukseen ja erilaisilla teknisillä ratkaisuilla voidaan mahdollisesti vähentää vaikutuksia kaloihin. Kaapelit suositellaan esimerkiksi haudattavan vähintään metrin syvyydelle tai käytettävän kaapeleiden peittämiseen sellaisia materiaaleja, jotka vaimentavat sähkömagneettista säteilyä tehokkaasti, jotta haittavaikutukset voidaan

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

minimoida (*Soukissian ym. 2023*). Myös kaapelit voidaan valita ominaisuuksiltaan sellaisiksi, että sähkömagneettinen kenttä olisi mahdollisimman heikko (*Öhman ym. 2007*).

Merikaapeleiden aiheuttaman sähkömagneettisen säteilyn on havaittu mahdollisesti vaikuttavan sellaisten lajien liikkeisiin ja käytöksen muuttumiseen, jotka vaeltavat, suunnistavat, laiduntavat tai saalistavat sähköisten tai magneettisten kenttien avulla (mm. *Hutchison ym. 2020b*; *Gill & Desender, 2020*), mutta havainnot ovat ristiriitaisia tai epävarmoja. Muun muassa lohikaloilla ja ankeriailla on magneettiaisti ja ne hyödyntävät maapallon magneettikenttiä esim. suunnistamiseen (mm. *Westerberg & Lagenfelt 2008, Putman 2015, Klimley ym. 2021, Naisbett-Jones & Lohmann 2022*). Lohen vaellukset eivät kuitenkaan tutkimusten mukaan ohjaudu pelkästään yhden aistin varassa (kuten maan magneettikentän aistimisen), vaan perustuvat useisiin aisteihin, joiden vaikutus vaihtelee vaelluksen eri vaiheissa (*Døving & Stabell 2003*). Sähkömagneettisten kenttien vaikutuksia lohen (*Salmo salar*) vaelluskäyttäytymiseen ei ole kuitenkaan tutkittu (mm. *Gill & Bartlett 2010*).

Usein tutkimuksissa käytetyillä eri kalalajeilla (mm. ankerias, kuningaslohi, rausku) havaitut käyttäytymisvasteet (mm. muutokset vaelluskäyttäytymisessä, tai kalan kehityksessä) ovatkin olleet vähäisiä tai niitä ei ole kyetty osoittamaan kentällä (mm. *Hutchison ym. 2020b, Westerberg & Lagenfelt 2008, Klimley ym. 2017).* Sähkömagneettisen säteilyn vaikutuksia onkin tutkittu pääasiassa laboratoriossa tai yksittäisten kaapeleiden lähistöllä, ja harvat tutkimukset on huomioinut usean kaapelin vaikutuksia eläimiin (*Gill & Desender 2020*). Selkärangattomien ja kalojen esiintymistä tutkittiin Kaliforniassa 35 kV:n merikaapelin lähettyvillä, jonka magneettinen kenttä ulottui metrin etäisyydelle kaapelista, ja havaittiin, että eroa kaapelireitin eläinyhteisöissä ei ollut alueen ulkopuolella oleviin yhteisöihin (*Love ym. 2017*). Ontario-järvellä sijaitsevan 245 kV kaapelin lähettyvillä sijaitsevan kalayhteisön tiheyttä selitti enemmän syvyys ja pohjan laatu kuin etäisyys kaapelista (*Dunlop ym. 2016*). Sähkömagneettisen säteilyn laajuutta on vaikea arvioida tässä vaiheessa hanketta, mutta edellä mainittujen kirjallisuustietojen perusteella mahdollinen vaikutus kohdistuu aivan kaapeleiden lähialueelle. Pinta-alan mukaan laskettuna teoreettinen vaikutus voisi kohdistua maksimissaan muutaman kymmenen hehtaarin alueelle.

Kokonaisuutena voidaan todeta, että vaikka kalat aistivatkin magneettisia kenttiä, eivät sähkönsiirtokaapeleiden aiheuttamat magneettikentät ole välttämättä niin voimakkaita, että ne aiheuttaisivat kalojen poikkeavaa käyttäytymistä tai muuta muutoksia, vaikka käytössä on kaksi eri kaapelireittiä, joiden osalta valittua kombinaatiota ei vielä tiedetä. Vetyputkista ei aiheudu sähkömagneettista säteilyä. Merikaapeleiden sijoittelun tarkalla suunnittelulla (esim. etäälle kutualueista tai muista herkistä alueista, sijoittamisen syvyys, valittu mahdollinen peittotapa) voidaan minimoida mahdollisia haittavaikutuksia, joten kokonaisuudessaan sähkömagneettisen säteilyn aiheuttama haitta arvioitiin **vähäiseksi**. Hankkeella ei tältä osin todennäköisesti ole vaikutusta lohikalojen vaeltamiseen, sillä niiden vaellus ohjautuu usean aistin varassa ja joiden vaikutus vaihtelee vaelluksen eri vaiheissa, mutta asiaan liittyy epävarmuuksia tutkimustiedon vähäisyydestä johtuen. Todennäköisesti laajempaa vaikutusta esim. minkään alueella esiintyvän lajin lisääntymismenestykselle populaatiotasolla ei ole aiheutumassa.

Vedyn tuotannon vaikutukset

Tehdyn mallinnuksen (*Niras 2023a täydennetty 2024*, liite 2) mukaan vedyn tuotannosta (sekä keskitetty että hajautettu) aiheutuva vuotuinen keskimääräinen suolapitoisuuden nousu tulee olemaan **vähäistä** kummassakin hankevaihtoehdossa (VE1, VE2). Paikallista vaihtelua voi esiintyä erityisesti syvemmissä vesikerroksissa, mutta nousu on vähäistä, eikä sillä arvioida olevan vaikutusta kalastoon.

Tuulivoimapuiston aiheuttama lämpötilan nousu (tuulikentän muutos sekä vedyn tuotanto) rajoittuu voimaloiden läheisyyteen, arvioidun vaikutuksen vuoden keskilämpötilaan ollessa noin ±0,5°C, ja 10–20 metrin syvyydessä hieman suurempi, noin ±1,0°C. Kuukausittaiset mallinnustulokset osoittavat, että ylemmät vesikerrokset lämpenevät (0,25–0,50 °C), kun taas 5–30 metrissä tapahtuu samanaikaista mutta alueellisesti erillistä lämpenemistä ja viilenemistä, joka on voimakkainta kesäkuukausina (ero > ±1 °C). Viilentävä vaikutus ulottuu enimmillään elokuussa

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

jopa 130 kilometriä puistosta pohjoiseen. Tuulivoimapuiston länsipuolella vesi keskimäärin lämpenee syvemmällä ja enimmillään vaikutus ulottuu elokuussa lähelle Ruotsin rannikkoa. Mallinnuksen mukaan vähentyneestä sekoittumisesta aiheutuva syvempien vesikerrosten viileneminen tuulivoimapuiston alueella heinä-syyskuussa aiheuttaa termokliinin muodostumista aiempaa ylemmäs vesipatsaassa. Termokliini voi siirtyä jopa noin 10 metrillä. Vastaavasti tuulivoimapuiston länsipuolelle aiheutuu todennäköisesti lievää termokliiniä laskevaa vaikutusta. Mallinnuksen mukaan kesäajan kerrostuneisuus purkautuu normaalisti syyskuussa.

Lämpötilamuutoksen arvioidaan kokonaisuudessaan olevan siinä määrin pientä, ettei sillä ole vaikutusta kalastoon, mutta termokliinin siirtymisellä tuulivoimapuiston eteläpuolisella osalla kesä-syyskuussa voi olla vähäistä vaikutusta esimerkiksi kalojen esiintymissyvyyteen sekä ravinnonhakuun. Vaelluskalojen, erityisesti lohen vaellukseen voi vaikuttaa usean muun tekijän lisäksi lämpötila. Tietojen perusteella lohet vaeltavat suurimmaksi osaksi rannikon lähellä (*Kala- ja vesitutkimus Oy 2023a*, liite 9) ja aivan pinnan läheisessä vedessä (*Karlsson ym. 1996*), mutta havaintoja lohista on myös tuulivoimapuiston alueelta. Termokliinin siirtymisellä ei todennäköisesti ole näin ollen merkittävää vaikutusta lohien liikkeisiin, sillä lämpötilan muutos ei vaikuta rannikon läheisillä alueilla eikä lämpötilamuutos itsessään ole suurta myöskään pintavedessä. Suurimmat muutokset havaitaan kesäkuukausina, jolloin lohet useimmiten ovat jo jokivesistöissä, mutta koska kalojen vaelluksessa ja nousussa kutujokiin esiintyy vaihtelua, ei voida kokonaan poissulkea, etteikö lievilläkin lämpötilamuutoksilla voisi olla vaikutusta. Hankevaihtoehtojen (VE1, VE2) aiheuttaman vaikutuksen välillä ei ole eroja. Vaelluskaloihin kohdistuva tuulikentän muutoksista aiheutuva lämpötilamuutoksen vaikutus arvioitiin vähäiseksi. Muiden kuin vaelluskalojen osalta tarkkoja tietoja termokliinin käytön osalta on myös melko vähän. Yleisesti ottaen planktonia syövät kalat voivat hyödyntää termokliiniä ravinnonhaussa, sillä plankton usein kerääntyy termokliinin läheisyyteen. Osa lajeista voi hakea termokliinistä suojaa saalistajilta tai hyödyntää sitä lämmönsäätelyssä. Termokliinin siirtymisellä ei kuitenkaan arvioida tämänhetkisten tietojen perusteella olevan merkittävää vaikutusta kalastoon, sillä kalat hyödyntävät normaalistikin lämpötilavaihteluita ja lämpötilamuutos on itsessään pientä. Termokliinin siirtymisellä ei ole arvion mukaan vaikutusta myöskään alusveden happitilanteeseen.

Vaikutukset kalastukseen

Merituulivoimapuiston alueella ja sen lähiympäristössä kaupallinen kalastus on hyvin vähäistä ja koostuu lähinnä verkkokalastuksesta. Pääasiallisena pyynnin kohteena on siika. Kaapeli-vetyputkireittien alueella harjoitetaan sen sijaan kaupallista rannikkokalastusta monipuolisesti verkko- ja rysäpyynnillä sekä troolikalastamalla (pohjatroolausta reiteillä MVE2 ja MVE3 ja pinta- ja välivesitroolausta kaikkien reittien alueella rannikon läheisyydessä).

Tehdyissä tiedusteluissa kaupalliset kalastajat kertoivat suhtautuvansa merituulivoimapuiston rakentamiseen pääosin neutraalisti tai negatiivisesti. Kalastajia huolettivat muun muassa hankkeesta mahdollisesti aiheutuvat vaikeasti ennustettavat muutokset ympäristössä ja kalakannoissa. Yli puolet kyselyyn vastanneista alueen kalastajista piti suunniteltua merituulivoimapuistoa ja sähkönsiirtoa mantereelle huomattavana ongelmana kalastukselle. Vastaajien mielestä merkittävin kalastusta haittaava ongelma on kuitenkin hylkeet.

Yleisesti ottaen troolien käyttö voi vaikeutua merituulivoimapuiston alueella, sillä troolialukset vaativat yleensä paljon tilaa operointia varten. Muikun troolausta harjoitetaan yleensä pienemmillä aluksilla, joiden tilavaatimukset ovat pienemmät kuin suuremmilla silakkatrooleilla. Tuulivoimapuiston voimalayksikköjen välimatka toisistaan tulee olemaan alustavien arvioiden mukaan noin 1,5–2 km. Isojen trooliyksikköjen vaatima kääntymiseen vaadittava tila on kuitenkin olemassa olevien tietojen perusteella noin 2–3 kilometriä (mm. *Lappalainen ym. 2023),* jonka perusteella tuulivoimapuiston alueella ei voida näitä liikkeitä isoilla aluksilla tehdä. Pienempien alusten käyttö voi todennäköisesti olla mahdollista, mutta pohjalla sijaitsevien kaapeleiden vuoksi pohjatroolin käyttö voi vaikeutua etenkin matalilla alueilla, sillä riskinä on troolin tai sen painojen takertuminen kaapeleihin tai niille tehtyihin peittoihin (lohkareet). Tuulivoimapuiston alueella ei tällä hetkellä kuitenkaan harjoiteta troolikalastusta, mutta verkkokalastusta vähäisissä määrin.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Mahdollisen pyydysten takertumisen riski kohdistuu myös merikaapelireiteille, jossa harjoitetaan troolikalastusta ja näin ollen kalastuksen harjoittamistapaa voi joutua muuttamaan esim. pohjatroolauksesta välivesitroolaukseen, tai se voi jopa estyä kokonaan, mikäli kaapeleita tai vetyputkia ei suojattaisi. Kaapelit pyritään sijoittamaan suosituimmilla kalastusalueilla merenpohjan sisään tai muuten suojaamaan siten, ettei kalastus millään välineellä esty. Suojaustapojen suunnitteluun tullaan kiinnittämään erityistä huomioita kalastuksen mahdollistamiseksi.

Myös kiinteiden pyydysten käyttö voi vaikeutua kaapeleiden sijoittamisen vuoksi, mikäli kaapelien reititysten vuoksi aiheutuu muutoksia kalojen kutualueissa tai esimerkiksi kaapelien suojaukset estävät kalastuksen kokonaan perinteisillä paikoilla. Rysäpyyntiä harjoitetaan eniten reitillä MVE4 ja MVE5 ja erityisesti Luodon saaristossa (suomukalarysät), mutta verkkopyyntiä on kaikilla reiteillä, erityisesti lähellä rannikkoa ja rantautumisalueita.

Tahkoluodon olemassa olevien merituulivoimaloiden osalta ei ole havaittu toiminnanaikaisia vaikutuksia kalastossa (*Ojala 2019),* mutta myöhemmin vuonna 2020 toteutetussa kyselytutkimuksessa kaupallisten kalastajien ilmaisivat melulla olleen vaikutuksia saaliin pienenemiseen *(KVVY Tutkimus Oy 2020b*). Toiminnan aikaisen vedenalaisen melun haittavaikutukset on Laineen hankkeessa arvioitu vähäiseksi, joten ottaen huomioon alueella harjoitettavan kalastuksen vähäisen määrän, ei melulla arvioida olevan vaikutusta kalastukseen puiston alueella tai sen lähiympäristössä, eikä vaikutusten arvioida ulottuvan rannikkokalastukseen ollenkaan.

Tuulivoimapuiston aiheuttamilla jääolosuhteiden mahdollisilla lievillä muutoksilla ei ole vaikutusta kalastukseen.

Tuulivoimapuistossa harjoitettava kaupallinen kalastus on kokonaisuudessaan käytössä olevien tietojen perusteella vähäistä, joten tuulivoimapuiston toiminnan aikainen aiheutuva kalastukseen kohdistuva haittavaikutus arvioitiin vähäiseksi, myös muut vaikutukset kuin kalastuksen estyminen (esim. meluvaikutus, elinympäristöjen muuttuminen) huomioon ottaen. Kaapelireittien alueella harjoitettava kalastus (kaupallinen sekä vapaa-ajankalastus) on monimuotoista erityisesti rannikon läheisillä alueilla sekä rantautumisalueilla käytännössä kaikilla reiteillä, reittivaihtoehdolla MVE2 kaupallisen kalastuksen ollessa muita vähäisempää. Kaapelireittien alueella kalastukselle aiheutuvat käytön aikaiset haittavaikutukset ovat vähäisiä, jos suojaustavat suunnitellaan kalastus huomioiden. Vaikutukset voivat voimistua, mikäli käytössä on yhtäaikaisesti kaksi eri sähkönsiirtoon tarkoitettua kaapelireittiä, mutta vetyputkireitin toteutuessa mahdolliset haitalliset vaikutukset kohdistuvat pienemmälle alueelle vähentäen haitallisen vaikutuksen mahdollisuutta.

6.3.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset

Tuulivoimalat ja merisähköasemat on tarkoitus purkaa ja poistaa kokonaan käyttäen vastaavanlaista alusta ja menetelmiä (käänteisessä järjestyksessä) kuin asennuksessa. Perustukset voidaan poistaa osittain tai kokonaan. Kaapelit poistetaan tai jätetään turvallisesti paikalleen. Jos kaapelien poisto on tarpeen, prosessi on olennaisilta osin sama kuin kaapelia laskettaessa, mutta tapahtuu käänteisessä järjestyksessä. Näin ollen purkamisella ja rakenteiden poistolla on vastaavanlaisia vaikutuksia kuin rakentamisen aikaan (veden samentuminen, melu), mutta ne ovat lievempiä.

6.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

Mikäli tuulivoimapuistoa oheisrakenteineen ei rakenneta, kalaston tila säilyy nykyisellään ja kehittyy luonnollisen muutoksen (esim. ilmastonmuutos) seurauksena. Kalastoon ja kalastukseen voivat vaikuttaa myös muut ihmistoiminnan vaikutukset, kuten esimerkiksi väylien rakentaminen.

6.4 Yhteisvaikutukset

Suomen aluevesillä ja talousvyöhykkeellä on suunnitteilla tuulivoimahankkeita, joilla voi olla yhteisvaikutusta Laineen merituulivoimahankkeen kanssa (katso luku 21). Hankkeen sijaitessa

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

kaukana ulkomerellä, rannikon toiminnoilla (esimerkiksi teollisuus, maatalous ja sen aiheuttama kuormitus) ei ole yhteisvaikutusta hankkeen kanssa.

Lähimpänä sijaitsevan Kappan merituulivoimahankkeen vesistörakentaminen ei arviolta ajoitu samaan aikaan kuin Laineen (*Njordr Offshore Wind AB 2022, Statkraft Offshore Wind AB 2024)*, jolloin rakentamisen aikaisia vedenalaisia melun tai veden samentumisen kautta aiheutuvia yhteisvaikutuksia ei pitäisi aiheutua. Hankkeilla voi kuitenkin olla käytönaikaisia melun yhteisvaikutuksia itse hankealueilla riippuen toteutettavasta voimalakoosta sekä hankkeiden voimalamääristä. Yhteisvaikutukset voivat olla arviolta samalla tasolla tai vähäisempiä kuin Laineen hankkeen omat käytönajan vaikutukset. Merikaapeleiden sähkömagneettisella säteilyllä ei arvioida olevan yhteisvaikutuksia, sillä eri hankkeiden kaapelireitit eivät tämänhetkisten tietojen perusteella sijoitu samoille alueille. Käytönaikaisista välkevaikutuksista ei aiheudu yhteisvaikutuksia.

Merituulivoima-alueilla voi toimintavaiheessa todennäköisesti olla kohtalaista/merkittävää yhteisvaikutusta tuulimuutosten kautta. Laineen osalta mallinnukset osoittavat tuulihäviön vaikuttavan melko laajalla alueella merialueen pintavirtauksiin ja jossain määrin edelleen lämpötilaan, suolaisuuteen ja kerrostumiseen, joilla voi olla yksittäisen tuulivoimahankkeen osalta vähäisiä vaikutuksia. Yhteisvaikutuksia kalastoon on vaikea arvioida ilman tarkempia tietoja.

Merituulivoimahankkeista aiheutuvat kalastukseen kohdistuvat haitalliset yhteisvaikutukset voivat olla merkittäviä, sillä troolikalastus voi kokonaan estyä merituulivoimaloiden sijoittamisesta johtuen. Laineen merituulivoimapuiston alueella ei tietojen mukaan ole troolikalastusta lainkaan. Kalastuksen määrä ei ole tiedossa myöskään muiden hankkeiden alueilla, joten tässä vaiheessa yhteisvaikutuksia on vaikea arvioida tarkemmin. Kalojen vaellukseen kohdistuvat vaikutukset voivat myös olla kohtalaisia, mikäli kalojen kulkureiteillä on useita esteitä tiheästi sijoitettuna, mutta aiheesta tarvittaisiin lisää tutkimustietoa.

Koska hankealue sijoittuu laivojen käyttämien reittien alueelle, voi rakentamisalueen läheltä kulkevalla laivaliikenteellä olla rakennusaikana vähäistä vettä samentavaa ja melua aiheuttavaa yhteisvaikutusta hankkeen kanssa. Vähäistä meluvaikutusta voi olla myös tuulivoimapuiston käytön aikana.

6.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys

Vaikutusten merkittävyys ja vaihtoehtojen vertailu tehtiin rakentamisajalle sekä käytönajalle erikseen hankevaihtoehdoille (VE0, VE1, VE2), sekä erikseen eri kaapelireitti/vetyputkivaihtoehdoille (MVE1/VVE1, MVE2, MVE3, MVE4/VVE3, MVE5/VVE3 eri rantautumisvaihtoehtoineen). Vertailuun on yhdistetty kaikki eri vaikutusmekanismit ja niiden vaikutuksen merkittävyys, joita aiemmissa luvuissa on esitetty ja arvioitu:

- Rakentamisen aikaisten vaikutusten osalta: pohjan muokkaus, veden samentuminen, lisääntynyt sedimentaatio, vedenalainen melu, vaikutukset kalastukseen
- Toiminnan aikaisten vaikutusten osalta: elinympäristöjen muuttuminen (virtaama- ja lämpötilamuutokset, pohjien menetys, fyysiset rakenteet), vedenalainen melu, sähkömagneettinen säteily, välkevaikutus, vedyn tuotannon vaikutus sekä kalastukseen kohdistuvat vaikutukset

Rakentamisaikaisten kalastovaikutuksen muutoksen suuruus kalastolle arvioitiin tässä kohtalaiseksi negatiiviseksi ja herkkyys kohtalaiseksi sekä tuulivoimapuiston vaihtoehdoissa että kaapelireitillä MVE2. Reittien MVE/VVE1, MVE3, MVE4/VVE2 ja MVE5/VVE3 herkkyys on arvioitu suureksi ja vaikutukset kokonaisuudessaan kohtalaisiksi negatiivisiksi. Vaihtoehtojen välillä ei vaikutusten osalta ole muutoin suuria eroja, mutta reittien MVE1/VVE1, MVE3, MVE4/VVE2 ja MVE5/VVE3 monipuolinen kalasto sekä alueilla harjoitettava kalastus ja alueiden suuri lisääntymis- ja elinympäristöpotentiaali lisää alueiden herkkyyttä muutoksille.

Kombinaatioiden vaikutuksia ei ole eroteltu merkittävyyden osalta taulukkoon (Taulukko 6-5), vaan jokainen reitti on arvioitu erillisenä vaihtoehtona. Kun käytössä on kaksi eri merikaapelireittivaihtoehtoa eri rantautumisvaihtoehtoineen, jolloin eri kombinaatioita voi olla yhteensä 16

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

kappaletta (ks. Yleistietodokumentti luku 2.3), aiheutuvat vaikutukset voivat voimistua vaikutusalueen kasvamisen vuoksi. Pelkässä vetyputkivaihtoehdossa vaikutukset lievenevät.

Taulukko 6-5. Vaikutusten merkittävyys kalastolle eri hankevaihtoehdoissa rakentamisen aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen		Muutoksen suuruus					Positiivinen	
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen									
	Kohtalainen			VE1 VE2 MVE2		VE0				
	Suuri			MVE1 VVE1 MVE3 MVE4 VVE2 MVE5 VVE3						
	Erittäin suuri									

Merituulivoimapuiston sekä kaapeli-/vetyputkireittien käytönaikaisten kalastovaikutuksen muutoksen suuruus arvioitiin kohtalaiseksi negatiiviseksi ja herkkyys kohtalaiseksi sekä merituulivoimapuiston vaihtoehdoissa että kaikilla kaapeli- ja vetyputkireiteillä. Vastaavasti kuten rakentamisaikaisten vaikutusten merkittävyyden osalta on esitetty, eri reittivaihtoehdot on käsitelty erillisenä. Kun käytössä on kaksi eri kaapeli-/vetyputkireittiä, aiheutuvat vaikutukset voivat voimistua erityisesti kalastuksen osalta, mikäli kalastus kaapelien alueella tai ympäristössä estyy tai vaikeutuu.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 6-6. Vaikutusten merkittävyys kalastolle eri hankevaihtoehdoissa käytön aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen				Muutoksen suuruus				Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohta-lainen	Vähäi-nen	Ei muutosta	Vähäi-nen	Kohta-lainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäi-nen									
	Kohta-lainen			VE1 VE2 MVE1 VVE1 MVE2 MVE3 MVE4 VVE2 MVE5 VVE3		VE0				
	Suuri									
	Erittäin suuri									

6.6 Arvioinnin epävarmuudet

Vaikutusten arvioinnin perusteina on käytetty lukuisista, useampana vuonna tehdyistä erillisselvityksistä saatuja tietoja alueen kalastosta ja muusta meriluonnosta, sekä alueella harjoitettavasta kalastuksesta, lisäksi on hyödynnetty kirjallisuudesta saatavia tietoja merituulivoiman ja siihen liittyvien rakenteiden rakentamisen ja käytön aikaisista vaikutuksista kalastoon. Tuloksia on peilattu hankkeelle tehtyihin sameuden leviämisen, hydrodynaamisten muutosten, vedyn tuotannon vaikutusten sekä vedenalaisen melun mallinnusten tuloksiin.

Yksi keskeisimmistä arvioinnin epävarmuuksista on hankkeen iso mittakaava, joka aiheuttaa epävarmuutta tuloksiin, huolimatta monipuolisista kenttäselvityksistä sekä muista tutkimuksista. Lisäksi tiedot ulkomerialueen olosuhteista ja kalayhteisöistä ovat yleisesti ottaen puutteellisia Suomessa. Kirjallisuuteen perustuvien tulosten osalta epävarmuudet liittyvät mm. siihen, että luonnonoloissa kalojen käyttäytymistä on hankala tutkia. Tutkimustuloksiin liittyy tiettyjä epävarmuuksia esim. kalojen lajikohtaisten ominaisuuksien osalta. Arviointia hankaloittaa myös se, että hankealuetta vastaavista vesistöoloista ei ole käytännön kokemuksia Suomessa.

Epävarmuuksista huolimatta, vaikutusten arvioinnin katsotaan olevan riittävän tarkka nykyisen käytettävissä olevan aineiston perusteella. Käytetyt aineistot myös tukevat toisiaan. Tietoja tullaan tarkentamaan vesilupavaiheessa.

6.7 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen

Merituulivoimapuiston sijoittamisella syville merialueille voidaan lähtökohtaisesti ehkäistä meriluonnon kannalta kaikkein haitallisimpia vaikutuksia. Suomen merialueilla monimuotoisimmat ja tärkeimmät alueet myös kalojen kutualueiden osalta alueet sijaitsevat matalikoilla, joita tuulivoimapuiston alueella ei ole tämänhetkisten tietojen perusteella ainakaan kaupallisesti tärkeiden kalalajien osalta. Pohjien menettämisen osalta aiheutuvia vähäisiä haittoja voidaan ehkäistä valitsemalla mahdollisuuksien mukaan perustustapa, jonka vaatima pohjan ala on mahdollisimman pieni.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Tärkeimpien kutualueiden lähelle sijoitettavien merikaapelien rakennustöitä voidaan aikatauluttaa niin, että työt tehdään näiden paikkojen kannalta suotuisimpaan aikaan tai parhaimmassa tapauksessa arvokkaimmat alueet voidaan kiertää. Myös kaapelien asentamistavan valinnalla voidaan ehkäistä mahdollisia haitallisia vaikutuksia, vaihtoehtoja on arvioitu YVA-selostuksessa.

Rakentamisenaikaisen vedenalaisen melun osalta aiheutuvia haittoja voidaan lieventää mm. karkottimilla ja kuplaverhon käytöllä, joka vaimentaa aiheutuvaa melua.

Kaupalliseen kalastukseen kohdistuvaa haittaa, esim. pyyntipaikkojen tai saaliin menettämistä, voidaan kompensoida vesiluvassa määriteltävin kalastuskorvauksin.

Tuulivoimaloissa ja niiden yhteyteen mahdollisesti tulevien vedyn tuotantolaitosten toiminnassa käytetään yleensä seuraavia kemikaaleja: öljyä ja voiteluaineita sekä jäähdytysainetta. Määrät vaihtelevat voimalamallin ja koon mukaisesti. Tuulivoimala voi sisältää myös hiilidioksidia tai muuta kaasua palosuojauksena. Öljyä tai voiteluaineita sisältävät komponentit on suunniteltu suljettuina järjestelminä vuotojen estämiseksi. Vuodon sattuessa kaikki vuotavat kemikaalit valuvat vuotoaltaisiin tai vastaaviin. Komponenttien ja voimalaosien rakenteet on suunniteltu siten, että kemikaalit eivät pääse vuotamaan luontoon missään tilanteessa. Kemikaalien ja öljyjen kokonaismäärän yhdessä tuulivoimalassa ei arvioida ylittävän 20 000–25 000 litraa. Vedyn tuotantoon liittyy lisäksi riskejä mm. sillä vety on syttyvä kaasu.

Merituulivoiman rakentamiseen ja tuotantoon liittyvien turvallisuusriskien varhainen havainnointi ja huomioon ottaminen on keskeistä koko suunnittelun aikana. Hankkeen YVA-menettelyn yhteydessä tehty ympäristöriskienarviointi on esitetty luvussa 20.

Koska mahdollisen öljyvuodon sattuessa kemikaalit kerätään varoaltaisiin tai vastaaviin, ei arvioida mereen aiheutuvan öljyvuotoa edes mahdollisen merituulivoimalassa tapahtuvan öljyvuodon yhteydessä, eikä näin ollen kalastoon tai vesiympäristöön kohdistuvaa riskiä arvioida esiintyvän. Erilaisia onnettomuustilanteita ja niiden seurauksia sekä ehkäisykeinoja sekä edelleen jäännösriskiä on arvioitu luvussa 20 sekä lisäksi erillisissä liitteissä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

7 MAA- JA KALLIOPERÄ (POHJAOLOSUHTEET)

YHTEENVETO

- Merituulivoimapuiston alueella merenpohja koostuu pääosin karkearakeisista maalajitteista, mutta myös pehmeän pohjan alueita on etenkin länsi- ja lounaisosalla. Energiansiirtoreittien alueilla merenpohjan laatu vaihtelee enemmän.
- Tuulivoimaloiden ja sähkö-/vetyasemien perustusten rakentaminen merenpohjaan vaatii pohjan ruoppaamista ja/tai tasoittamista, erityisesti jos käytetään painovoimaisia perustusratkaisuja. Pohjan muokkaamisen ja rakentamisen arvioidaan kohdistuvan maksimissaan 0,06 % osuudelle koko puiston pinta-alasta. Merituulivoimapuiston rakentamisen aikaiset suorat vaikutukset pohjan olosuhteisiin ovat paikallisia ja pääosin vähäisiä.
- Pohjan sedimentin haitta-aineiden pitoisuudet ovat tuulivoimapuiston alueella pääosin pieniä. Pohjoisosalla havaittiin osin pitoisuuksia, jotka voivat vaikuttaa ruoppausmassojen läjityskelpoisuuteen. Energiansiirtoreitillä MVE1/VVE1 havaittiin yhdessä pisteessä kohonneita metallipitoisuuksia. Kaapelin sijoittamisesta aiheutuvasta pintasedimentin häiriintymisestä rakennusaikana ei arvioida aiheutuvan kuin vähäisiä, paikallisia ja ohimeneviä vaikutuksia merenpohjan olosuhteisiin. Haitta-aineet tullaan huomiomaan rakentamisvaiheessa ja käyttämään tarvittaessa mahdollisuuksien mukaan sedimenttien kiintoaineen leviämistä estäviä rakenteita kuten silttiverhoja.
- Merituulivoimapuiston rakentamisen aikaiset vaikutukset merenpohjan olosuhteisiin ovat molemmissa vaihtoehdoissa vähäiset ja kohdistuvat rakentamis- ja läjitysalueille ja ajoittuvat rakentamisvaiheeseen. Rakentamisen jälkeen pohjan olosuhteet palautuvat myös monilta osin ennalleen. Toiminnan aikaisia vaikutuksia ei ole tai ne ovat merkityksettömiä.
- Merikaapeleiden ja vetyputkireitin vaikutukset merenpohjan olosuhteisiin ovat vähäisiä ja ajoittuvat rakentamisvaiheiseen. Toiminnan aikaiset vaikutukset ovat merkityksettömiä.

7.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Perustusten rakentaminen merenpohjaan vaatii jonkin verran pohjan ruoppaamista ja/tai tasoittamista, jos valitaan muu kuin paaluperustustyyppi. Hankkeen suunnittelu on vasta yleissuunnittelutasolla, eikä rakentamistoimia ole vielä tarkemmin paikkakohtaisesti suunniteltu. Voidaan olettaa, että muutokset tuulivoimapuiston alueella merenpohjan maaperään ovat lähinnä paikallisia, koska perustusten vaatima pinta-ala on pieni verrattuna tuulivoimapuiston kokonaispinta-alaan. Merikaapelit sijoitetaan vesisyvyydestä ja olosuhteista riippuen joko merenpohjan pintakerrokseen tai kaivetaan syvemmälle esimerkiksi ahtojäiden ja merenkulun kuten laivojen ankkureiden ulottumattomiin. Kallioperään kohdistuvat vaikutukset ovat hyvin vähäisiä tai niitä ei ole. Vaikutusten arvioidaan keskittyvän rakentamisaikaan ja kiintoaineksen vapautumiseen (veden väliaikainen samentuminen).

Sedimentin fysikaaliset ominaisuudet ja haitta-aineiden pitoisuudet on selvitetty YVA-menettelyn aikana kattavasti eri alueilta ja samoista pisteistä eri syvyysvyöhykkeistä otetuilla näytteillä ja tutkimuksia tarkennetaan tarvittaessa vesilupavaiheessa.

Hankkeen vaikutuksia pohjan olosuhteisiin arvioitiin olemassa olevan aineiston ja hankkeeseen liittyneiden erillisselvitysten perusteella. Sedimentteihin liittyvät erillisselvitykset on toteuttanut Luode Consulting Oy vuosina 2022 ja 2023 *(Lindfors ym. 2023, 2024,* liite 4 ja 5). Näissä on selvitetty mm. pohjan olosuhteita ja sedimentin laatua sekä fysikaalisia ominaisuuksia merituulivoimapuistoalueella, kaapelireiteillä, vetyputkireiteillä ja läjitysalueilla. Nykytilanteen tiedot on

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

päivitetty arviointiselostukseen. Vaikutuksia arvioitiin huomioiden suurin mahdollinen voimaloiden määrän (VE1) ja perustustavan osalta käytettiin ns. worst case -skenaariota eli eniten pohjan muokkausta vaativaa perustustapaa (painovoimainen perustus). Vaikutusten arvioinnissa huomioitiin rakentamisen, läjityksen ja toiminnan aikaiset vaikutukset sekä sedimentin koostumus ja haitta-aineet.

Hankealueen nykytilan kuvaus perustuu julkisesti saatavilla olevaan tietoon sekä hankkeen yhteydessä tehtyihin selvityksiin. Julkisia tietoja ovat mm. Geologian tutkimuskeskuksen sähköisistä palveluista (http://gtkdata.gtk.fi/maankamara/, https://hakku.gtk.fi/fi/) saatavat aineistot. Lisäksi on hyödynnetty muita sähköisiä aineistoja (mm. *https://www.ostersjon.fi/fi-FI/*, https://paikkatieto.ymparisto.fi/velmuviewers/) ja Perämeren alueilla tehtyjä YVA-hankkeiden tietoja (*Sito Oy 2016 & 2017, Rajakiiri Oy 2010, WSP Environmental 2010, Pohjan Voima Oy 2010, Morenia Oy 2009*) sekä velvoitetarkkailun tuloksia Pietarsaaren ja Kokkolan edustoilta (mm. *Mykrä 2017, Mykrä ja Aaltonen 2017, Mykrä ja Jutila 2021*). Lisäksi on saatu käyttöön Geologian tutkimuskeskuksen elokuussa 2021 kaapelireiteillä tekemien luotausten tulokset (*Sanila 2021*) sekä Arctia Meritaito Oy:n vuonna 2022 vetyputkireiteillä tekemät luotaukset (*COWI 2023*) (nämä aineistot eivät kuitenkaan sisälly tässä esitettyihin karttoihin johtuen siitä, että aineiston käsittelyn prosessi on kesken). Vuosina 2022 ja 2023 on tehty erillisselvityksiä pohjan olosuhteista, sedimentin ominaisuuksista ja haitta-aineista *(Lindfors ym. 2023, 2024).* Merituulivoimapuiston alueelta on laadittu myös käsitteellinen geologinen malli Arctian kauden 2022 luotauksien pohjalta *(COWI 2023).*

Arvioinnin suoritti maaperään erikoistunut asiantuntija (geologi).

7.2 Nykytila

7.2.1 Yleistä

Kohdealue sijoittuu Perämeren eteläosaan osin Merenkurkun alueelle. Perämeren rannikko on alavaa ja tasaista; loiva profiili jatkuu ulos merelle, joka on pitkälle varsin matalaa. Perämerellä rannikkoa ei voida selkeästi jakaa ulko-, keski- ja sisäsaaristoon. Rannikko on avoin: matalia saaria on vain vähän ja ne ovat etäällä toisistaan. Etelämpänä lähempänä Merenkurkun aluetta rannikko on enemmän saariston rikkomaa. Aallot ovat aikojen kuluessa kuljettaneet hiekkaa uusille alueille, ja useiden hiekkaisten saarten muoto ja koko muuttuu jatkuvasti. Jokisuistoissa on runsaasti jokien mukanaan kuljettamaa hienorakeista ainesta. Ulappa-alueiden pohjan muodot ovat suhteellisen tasaisia, mikä on seurausta merenpohjan sedimenttikivikerrostumista (*Leppänen ym. 2012*).

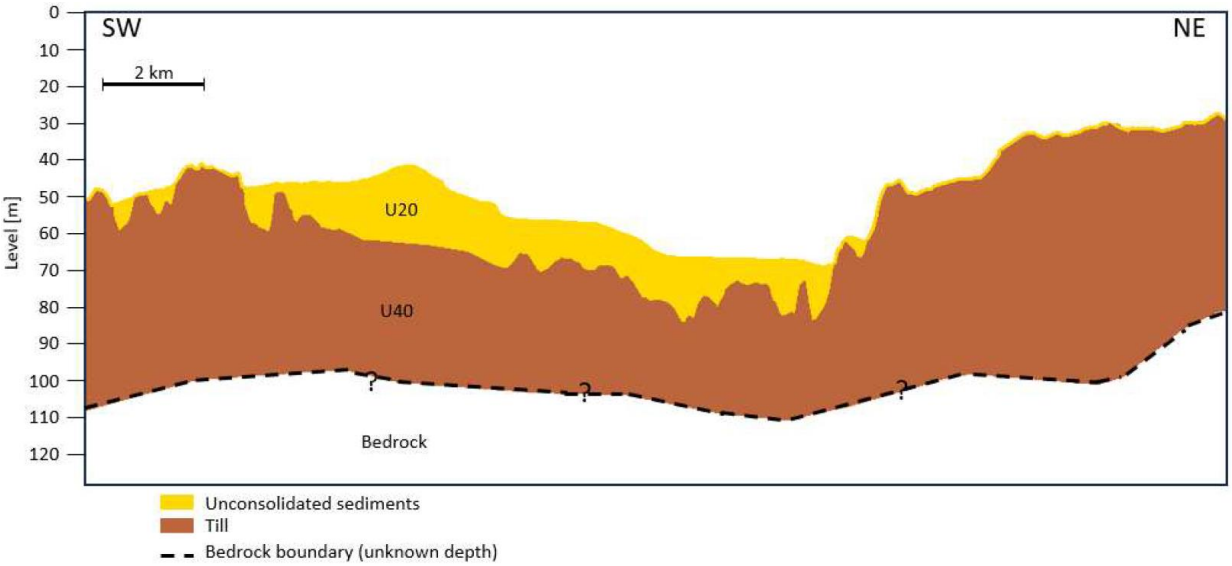
Arctia Meritaito Oy luotasi merituulivoimapuiston aluetta vuonna 2022 (*COWI 2023*). Luotauslinjat sijaitsivat noin 500 metrin etäisyydellä toisistaan ja luotaus kattoi noin 38 % koko merituulivoimapuiston alueesta. Merituulivoimapuiston alueella vesisyvyys vaihtelee pääosin 20–55 metrin välillä (kokonaisuudessaan 18–70 metrin välillä). Syvimmät alueet ovat pohjois- ja lounaisosalla.

Geologian tutkimuskeskus suoritti luotauksia kaapelireittien alueilla elokuussa 2021 (*Sanila 2021*). Merikaapelireittivaihtoehtojen alueilla keskimääräisissä syvyyksissä ei ole merkittäviä eroja. Reitillä MVE1 vesisyvyys vaihteli 5–40 m, reitillä MVE2 4–39 m ja reitillä MVE3 5–58 m välillä. Vetyputkireitti VVE1 sijoittuu samaan käytävään merikaapelireitin MVE1 kanssa. Vetyputkireittejä VVE2 ja VVE3 luodattiin kesällä 2022 Arctia Meritaito Oy:n toimesta (*2022*). VVE2 ja VVE3 sijoittuvat alkuosiltaan samaan käytävään kuin MVE3, MVE4 ja MVE5 reitit. Syvyys vaihteli reiteillä VVE2 ja VVE3 noin 2–60 metrin välillä, suurimman osan luodatuista alueista vaihdellen 35–45 metrin välillä.

Perämeren alueella on merkittävää maankohoamisilmiö. Maankohoamisen syynä on mannerjäätikön alla painuneen maankuoren palautuminen isostaattiseen tasapainotilaan (glasiaali-isostasia). Viimeisen 3 000 vuoden aikana maankohoaminen on ollut noin metrin vuosisadassa. Esimerkiksi Hailuodon kohoaminen merestä on tapahtunut noin parin tuhannen vuoden kuluessa (*Taipale ja Saarnisto 1991*). Maankohoaminen jatkuu.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Perämerellä kerrostumalla muodostunut kallioperä (sedimenttikivi) peittää yleisesti kiteistä peruskalliota. Ilmeisestikin Muhos-muodostumaan rinnastettavat kerrostumat ovat paikoitellen jopa usean kymmenen metrin paksuisten kvartääri- ja mahdollisesti myös vanhempien kerrostumien peittämät. Oheisessa kuvassa (Kuva 7-1) on kohdealueen käsitteellinen geologinen rakennemalli *(COWI 2023).*



Kuva 7-1. Käsitteellinen geologinen malli (engl.: "The conceptual geological model for the site") (COWI 2023).

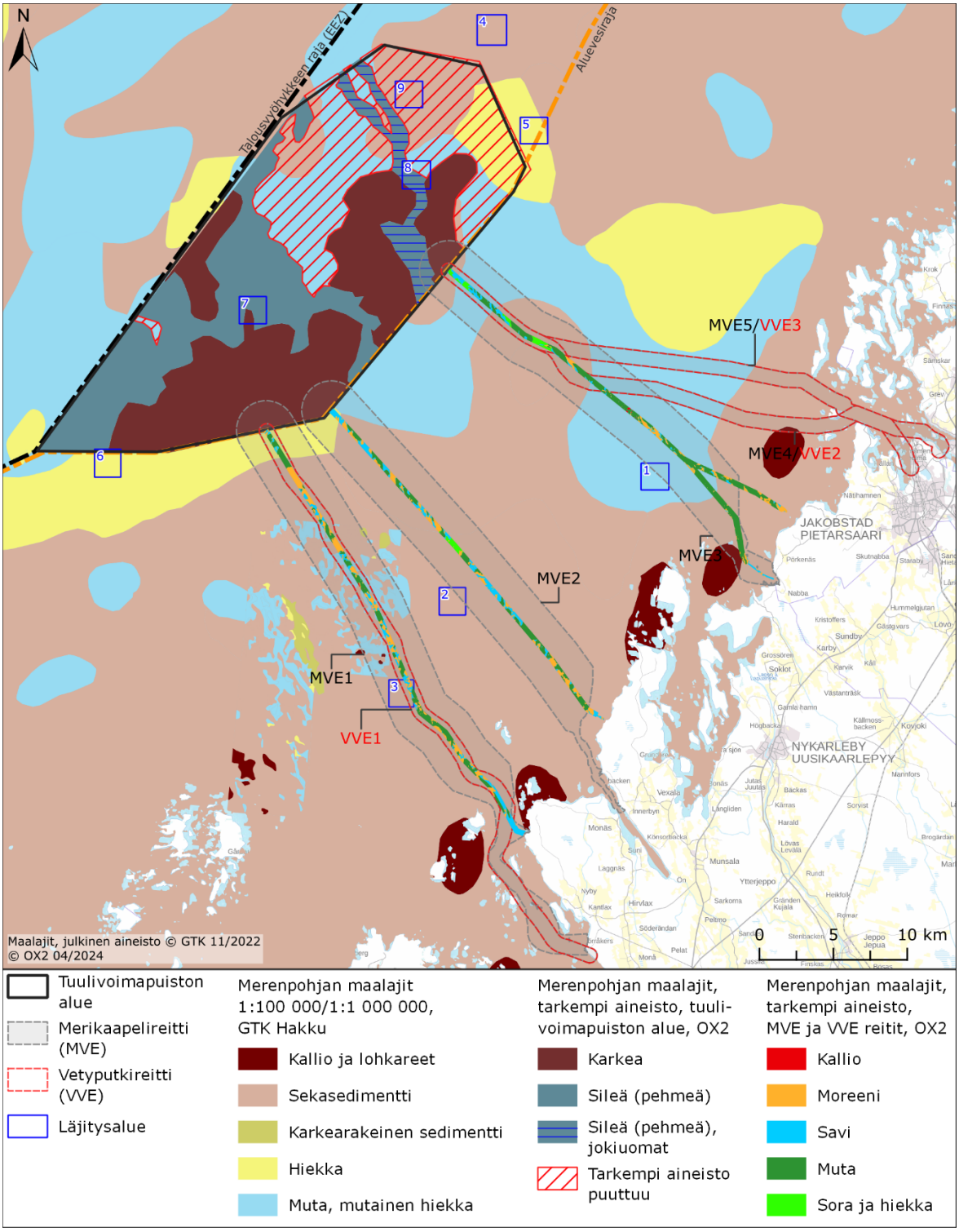
7.2.2 Merenpohjan maalajit

Vaihtelevien prosessien seurauksena meren pohjalla voi olla paljastuneena eri-ikäisiä kerrostumia jääkauden aikaisista tai varhaisemmista sedimenteistä nuoriin, juuri kerrostuneisiin liejuihin tai eroosiohiekkakerroksiin. Tästä syystä eri pohjanlaatujen alueellinen esiintyminen on hyvin epätasaista. Aineksen eroosio, kulkeutuminen ja kerrostuminen merenpohjalla vaihtelevat niin ajassa kuin paikassakin. Kerrostuminen on harvoin jatkuvaa edes merten syvänteissä eikä se ole missään täysin samanlaista (*Leppänen ym. 2012*).

Merituulivoimapuiston ja merikaapelireittien merenpohjan maalaji on yleispiirteisen kartan (1:1 000 000) mukaan pääosin savea ja savista hiekkaa. Vähäisemmässä määrin tavataan myös sekasedimenttiä ja hiekkaa. Merenpohjan kovat ja pehmeät alueet -kartan (1:250 000) mukaan tuulivoimapuiston alueella merenpohjan pintakerroksena on pääosin pehmeä maalaji (Lj…Hk). Kovan pohjan (Sr…Ka) alueita tavataan tuulivoimapuiston alueella ja sen ympäristössä.

Merituulivoimapuiston pohjoiselta alueelta sekä MVE4/VVE2 ja MVE5/VVE3 reiteiltä ei ollut saatavilla tarkempaa pohjanlaatuaineistoa YVA-selostusta tehtäessä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

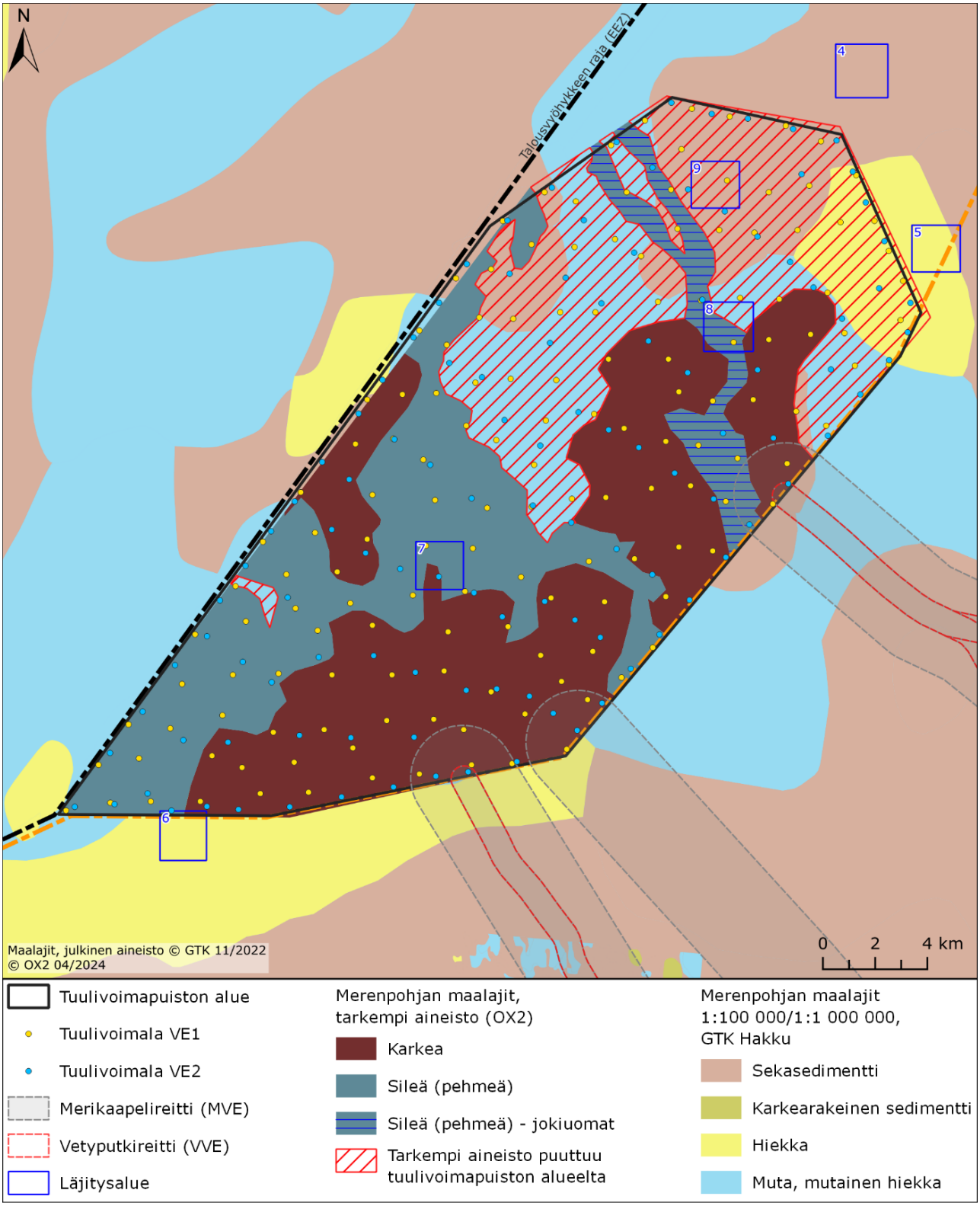


Kuva 7-2. Merenpohjan kovat ja pehmeät alueet. Lisäksi kuvassa esitetty merituulivoimapuiston alue, energiansiirtoreitit sekä potentiaaliset meriläjitysalueet. Merenpohjan maalajit tuulivoimapuiston eteläosissa on määritelty Arctian luotauksien perusteella COWI:n toimesta. Tuulivoima-alueen pohjoisosa on esitetty GTK:n datan perusteella. Energiansiirtoreitit on esitetty GTK:n tarkemman datan pohjalta. (GTK 2024a, COWI 2023, Sanila 2021).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Oheisessa kuvassa (Kuva 7-3) on esitetty tarkemman luotauksiin perustuvan aineiston perusteella merenpohjan maalajit. Sen perusteella tuulivoimapuiston alueella maalaji on pääosin karkeaa, länsi- ja lounaisosiltaan myös sileää (pehmeä). Karkea maalaji on määritetty luotauksen perusteella mahdolliseksi moreeniksi ja sileä (pehmeä) maalaji saveksi, siltiksi tai hiekaksi, jolloin puolikarkea maalaji on näiden sekoitetta. Luotausanalyysi on alustava arvio maalajeista. Hankealueen merenpohjan maalajien koostumus varmentuu ja tarkentuu hankkeen jatkosuunnittelussa tehtäessä paikallista näytteenottoa ja esimerkiksi geoteknisiä tutkimuksia.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

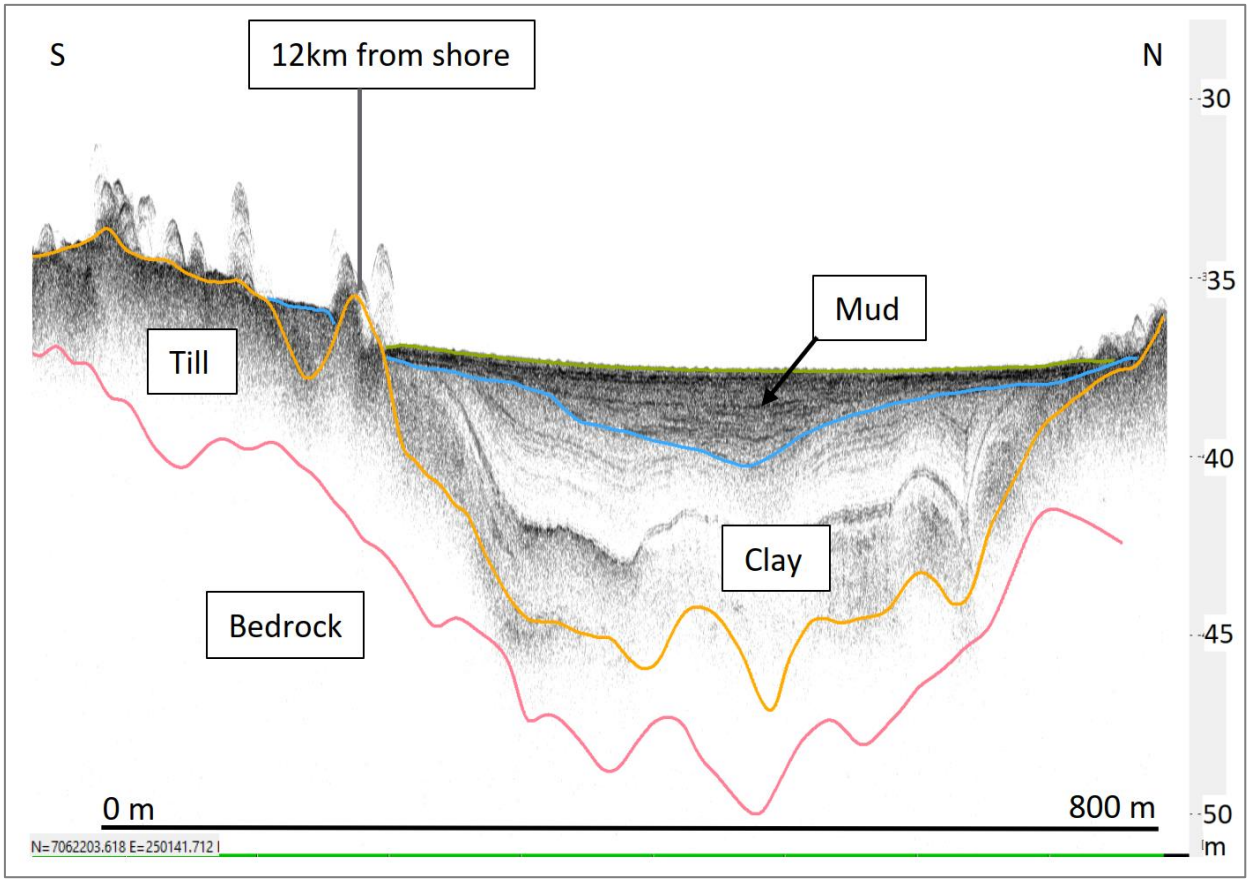


Kuva 7-3. Merenpohjan maalajit merituulivoimapuiston alueella sekä lisäksi esitetty merituulivoimaloiden sijainnit vaihtoehdoissa VE1 ja VE2 sekä ulkomerialueen potentiaaliset meriläjitysalueet. Merenpohjan maalajit tuulivoima-alueen eteläosissa on määritelty Arctian luotauksien perusteella COWI:n toimesta. Tuulivoimapuiston pohjoisosa on esitetty GTK:n datan perusteella. (GTK 2024a, COWI 2023)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merikaapelireittien (MVE1–MVE3) ja vetyputkireittien (VVE1-3) sijaintivaihtoehdot ilmenevät oheisesta kuvasta (Kuva 7-5). Merikaapelireiteistä vaihtoehdot MVE1 sijoittuvat pääosin kovan pohjan alueelle (sora…kallio), muut reitit (MVE2 ja MVE3) pääosin pehmeän maalajin alueille (lieju…hiekka). Reiteiltä MVE4/VVE2 ja MVE5/VVE3 ei ole tarkempaa luotausaineistoa, mutta yleispiirteisten maalajiaineistojen perusteella alueella vallitsevina maalajeina ovat sekasedimentti, muta ja mutainen hiekka.

Geologian tutkimuskeskus suoritti luotauksia kaapelireittien osalla elokuussa 2021 (*Sanila 2021*). Reitillä MVE1 peruskallion päällä oli muutamasta metristä kymmeniin metriin paksu moreenikerros. Monin paikoin moreenia peitti pääosin ohut (muutamia metrejä) savi tai liejukerros (Kuva 7-4). Reitillä MVE2 maaperä oli pääosin vastaavanlaista. Reitille MVE3 oli luonteenomaista saven ja liejun peittämät moreenialueet.

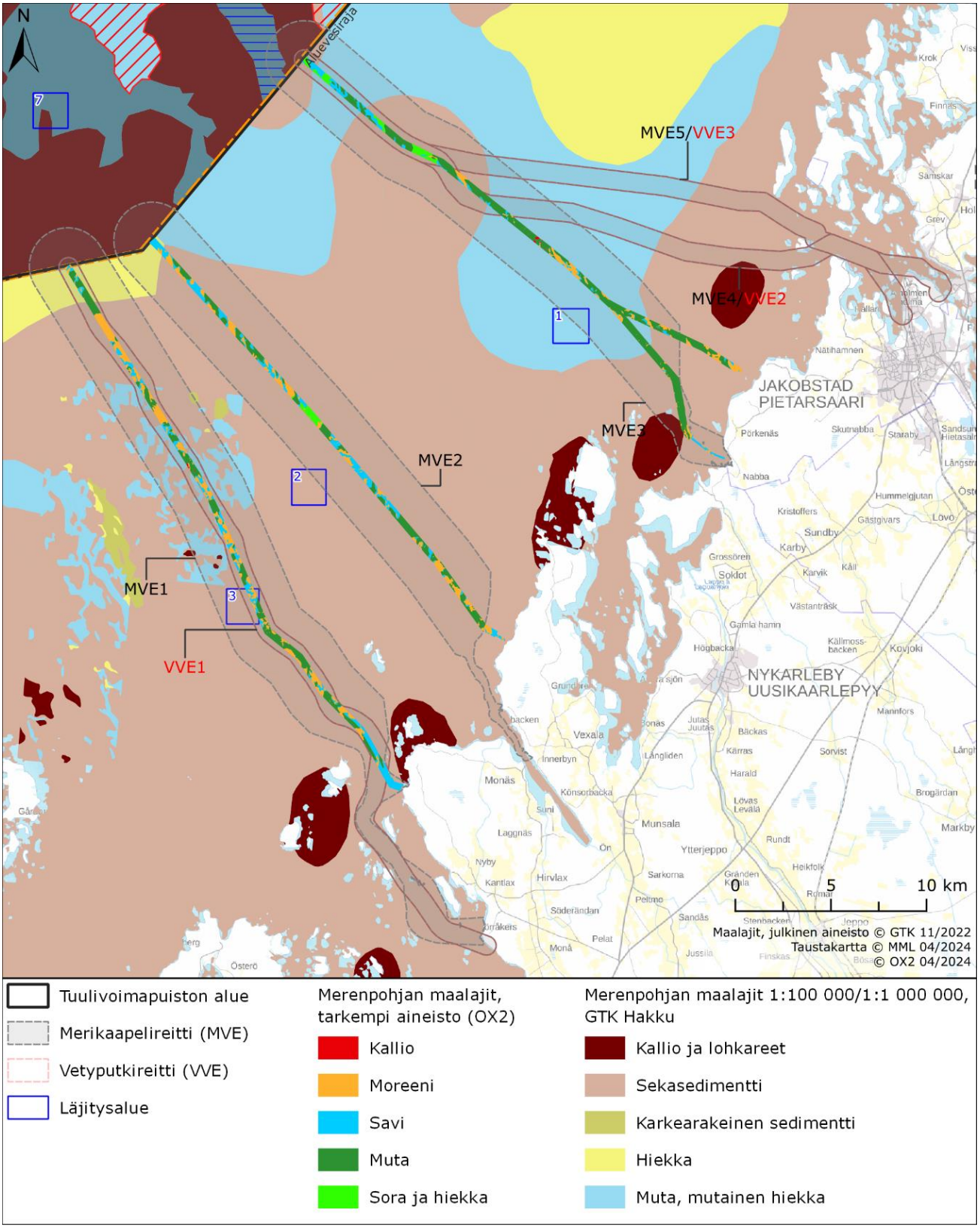


Kuva 7-4. Luotausprofiili MVE1 linjalta. Till = moreeni, Mud = muta, Clay = savi, Bedrock = peruskallio. (Sanila 2021).

Kaapelireittien MVE1 ja MVE2 alueelle tai niiden lähialueelle sijoittuu muutamia kairauspisteitä. Esimerkiksi MVE1 reitin kohdalle sijoittuvassa pisteessä MGTK-2002-7 (253432,7054677) kerrosjärjestys oli seuraava: pinnassa oli hiekansekaista liejusavea, simpukka 0–12 cm, 12–35 cm liejunsekainen hiekka, 13–15 cm oranssiruskea kerros, 35–50 cm sulfidien tummaksi värjäämää hiekansekainen liejusavi, kerroksellinen, vaihettuu. Pisteessä MGTK-2002-13 (251369, 7056384) vastaavasti: 0–26 cm liejunsekainen hiekka yläosa löyhä, vaihettuu, 26–226 cm kerroksellinen subresentti liejusavi, yläosassa joitain hiekkaisia kerroksia, 35 cm halkaisijalta 1 cm kivi, vaihettuu.

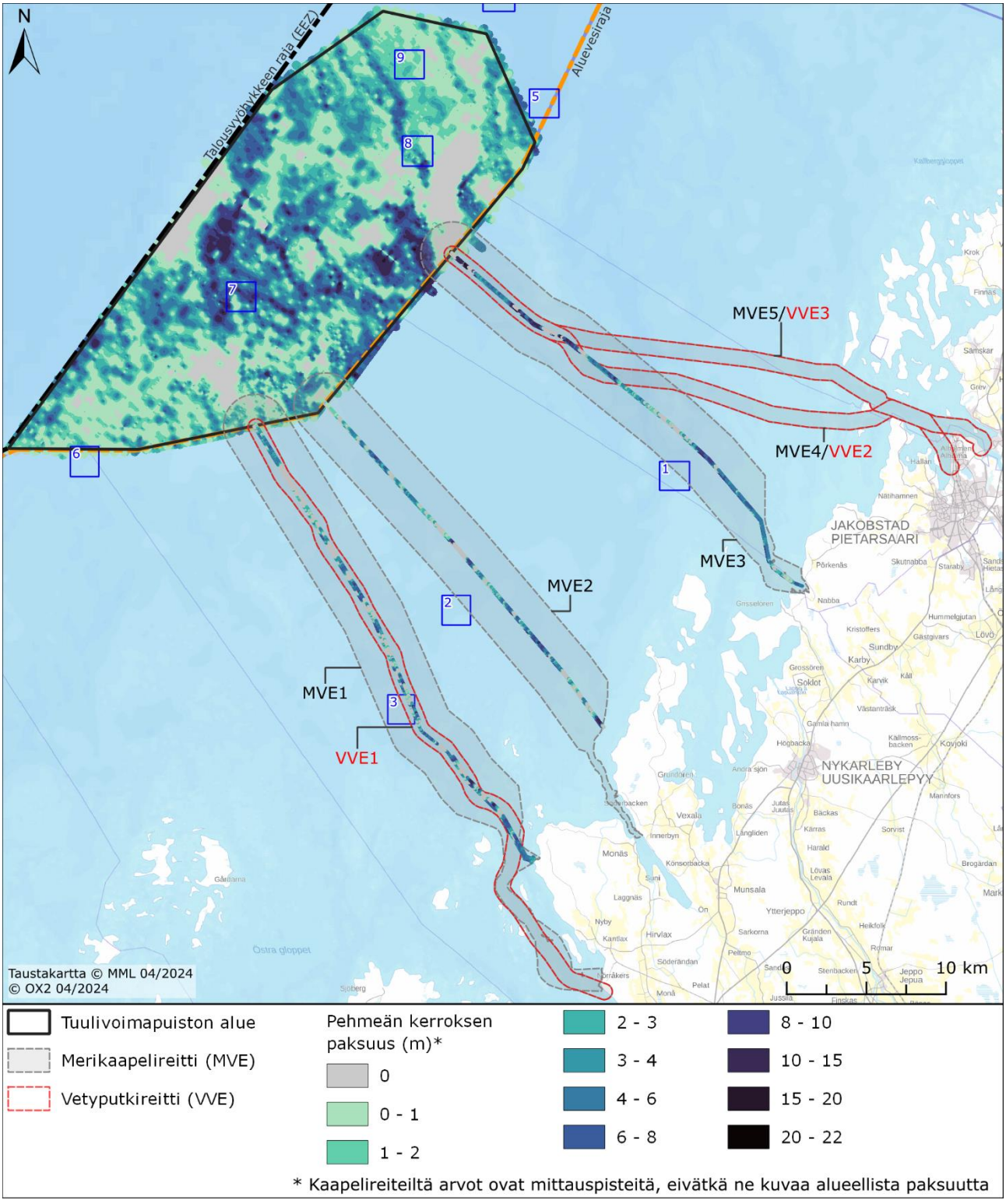
Pehmeän kerroksen paksuuksia merituulivoimapuiston ja kaapelireittien ja vetyputkireittien alueella on esitetty oheisessa kuvassa (Kuva 7-6).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 7-5. Merenpohjan maalajit merikaapeli- ja vetyputkireittien alueilla. Kuvassa esitetty myös potentiaaliset meriläjitysalueet energiansiirtoreittien lähellä. (GTK 2024b, COWI 2023)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

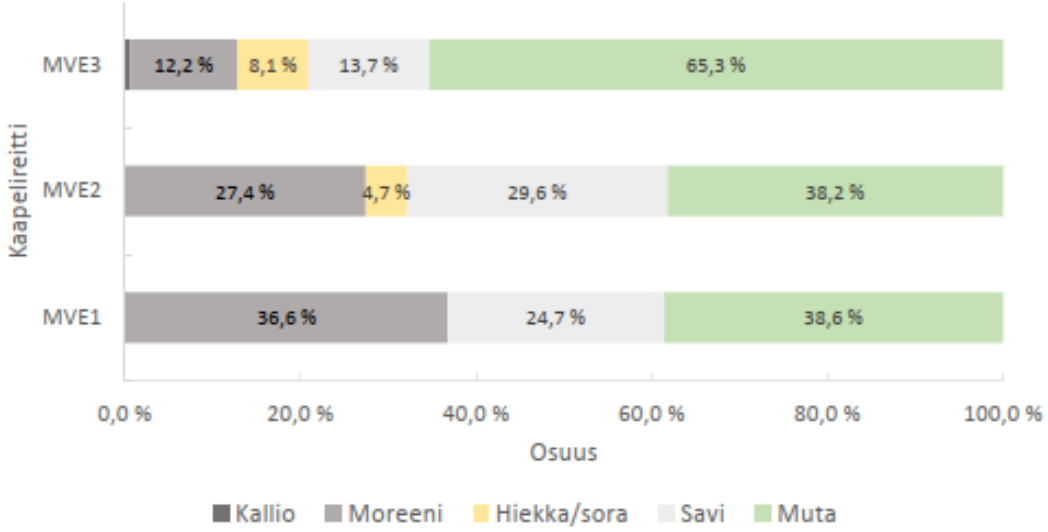


Kuva 7-6. Pehmeän kerroksen paksuus. (GTK 2024b, COWI 2023)

GTK:n toimesta luodattujen merikaapelireittien (MVE1/VVE1, MVE2 ja MVE3) yleisin pohjanlaatuluokka oli muta, joka muodosti yhteensä 48,0 % niiden pinta-alasta. Toiseksi yleisin pohjanlaatuluokka oli moreeni (25,3 % pinta-alasta) ja tämän jälkeen savi (22,2 % pinta-alasta) (*Kala- ja vesitutkimus Oy 2023*). Hiekasta tai sorasta muodostuvia pohjia havaittiin ainoastaan reiteillä

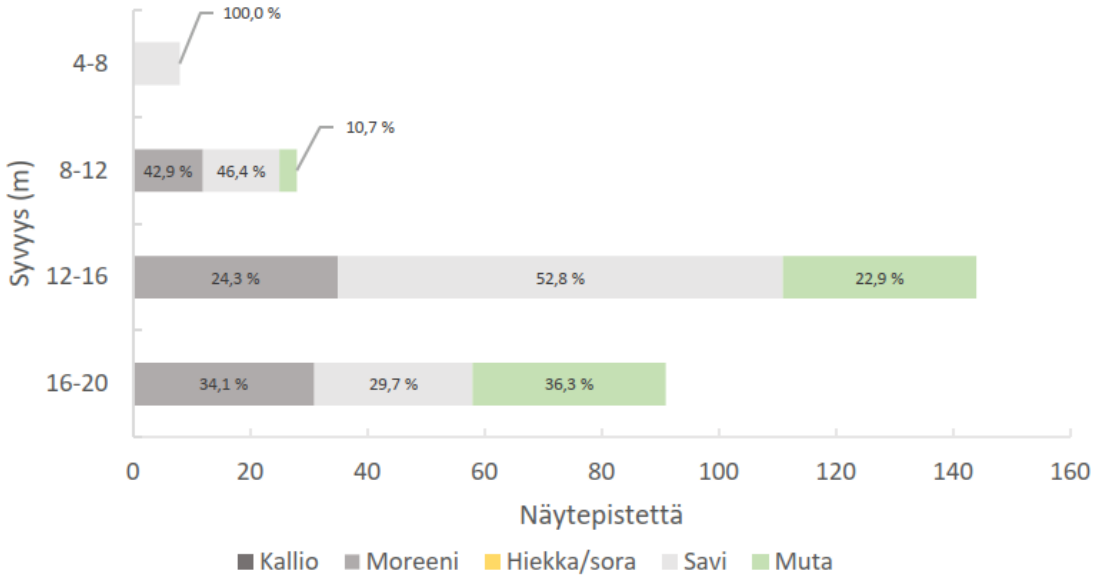
Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

MVE2 ja MVE3. Ne muodostivat yhteensä vain 4,2 % luodatuista pohja-alueista. Kalliopohjia havaittiin kaikista vähiten ja ne muodostivat yhteensä vain 0,3 % luodatuista pinta-aloista. Kalliopohjia ei havaittu lainkaan kaapelireitin MVE2 luotausalueelta.



Kuva 7-7. Eri pohjanlaatujen osuudet kaapelireittien (MVE1/VVE1, MVE2 ja MVE3) luotausalueilla. (Kuvaaja: Kala- ja vesitutkimus Oy 2023, luotausdata: GTK 2022)

Kaapelireitillä MVE1 vain 22,8 % luodatuista alueista sijoittui alle 20 metrin syvyysvyöhykkeelle. Syvyysalue 4–8 metriä edusti vain 0,6 % luotausalasta ja siellä pohjanlaatu koostui pelkästään savesta. Tätä matalampia alueita ei luotausaineistossa esiinny lainkaan, sillä aivan mataliin syvyyksiin ei luotausaluksella voitu mennä. MVE1/VVE1 reitillä syvemmillä alueilla moreenin ja mudan osuudet kasvoivat ja myös savipohjia oli runsaasti. Selvästi lajittuneita hiekka-sorapohjia ei reitin luotausalueella havaittu lainkaan.

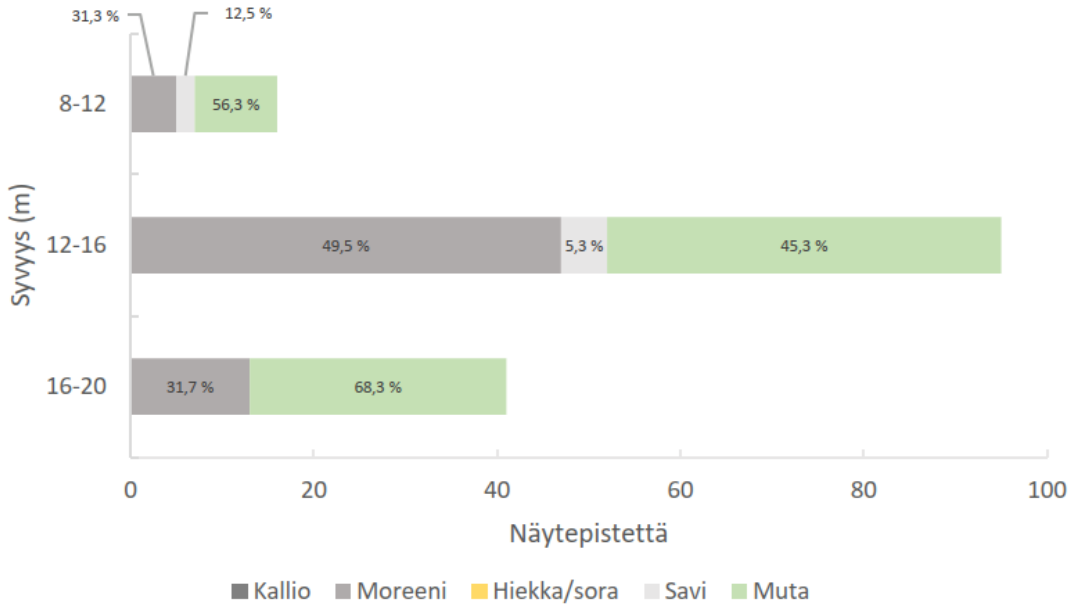


Kuva 7-8. Eri pohjanlaatujen osuudet (%) kaapelireitin MVE1 luotausalueella syvyysvyöhykekohtaisesti. (Kuvaaja: Kala- ja vesitutkimus Oy 2023, luotausdata: GTK 2022)

Kaapelireitin MVE2 luotausalueesta 16,0 % osui alle 20 metriä syville alueille, matalimpien luodattujen alueiden ollessa 8–12 metriä syviä. Vallitsevat pohjanlaadut luotausreitillä olivat muta ja

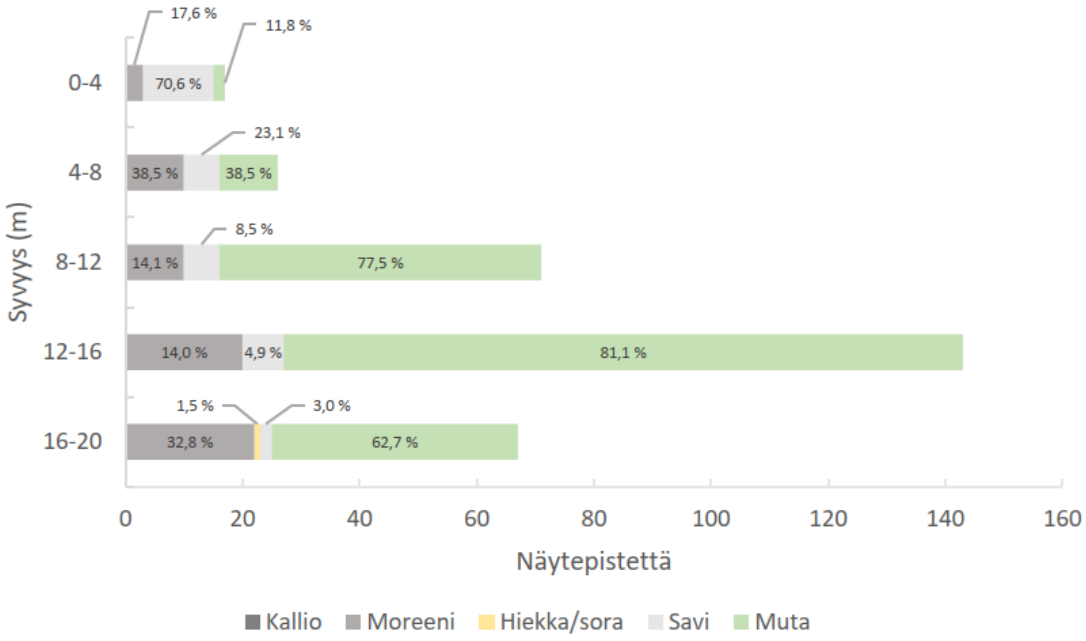
Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

moreeni. Savea oli hyvin pieni osuus luodatusta pinta-alasta, eikä syvyysvyöhykkeellä 16–20 metriä savea havaittu lainkaan. Luotausalueen alle 20 metrin syvyysvyöhykkeellä ei havaittu selkeästi lajittunutta hiekkaa, soraa tai kalliota.



Kuva 7-9. Eri pohjanlaatujen osuudet (%) kaapelireitin MVE2 luotausalueella syvyysvyöhykekohtaisesti. (Kuvaaja: Kala- ja vesitutkimus Oy 2023, luotausdata: GTK 2022)

Kaapelireitin MVE3 luodattuihin alueisiin sisältyi myös pieni osuus alle 4 metriä syviä alueita. Tällä syvyysvyöhykkeellä suurimman osuuden pohjanlaadusta muodosti savi. Syvemmille alueille mentäessä moreenin ja mudan osuus kasvoi pohjanlaadun rakenteessa selvästi. Ainoastaan 16–20 metrin syvyydellä havaittiin hyvin pieni osuus hiekka- ja sorapohjia.



Kuva 7-10. Eri pohjanlaatujen osuudet (%) kaapelireitin MVE3 luotausalueella syvyysvyöhykekohtaisesti. (Kuvaaja: Kala- ja vesitutkimus Oy 2023, luotausdata: GTK 2022)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

7.2.3 Kallioperä

Merialueilla, mm. Selkämerellä ja Perämerellä, prekambrista kallioperää peittävät sedimenttikivet. Ne kuuluvat Suomen nuorimpiin kivilajeihin ja ne ovat iältään meso- ja neoproterotsooisia. Sedimenttikivillä on merenpohjan topografiaa/muotoja tasoittava vaikutus. Yleisesti ottaen voidaankin todeta, että kiteisen kallioperän alueella merenpohja on rikkonaisempi ja monimuotoisempi kuin sedimenttikivien alueella (*Leppänen ym. 2012*).

Merituulivoimapuiston alueelta ei ole olemassa kallioperäkarttaa. Yleispiirteisen kallioperäkartan (1:200 000) *GTK 2021b)* mukaan välittömästi tuulivoima-alueen itä- ja kaakkoispuolella kallioperä on granodioriittia. Fennoskandian kilven kallioperäkartan mukaan (*GTK 2021a*) merituulivoimapuiston kallioperä on pääosin samaa kivilajia kuin tuulivoima-alueen itäpuolikin eli granodioriittia, puiston pohjoisosassa kallioperä on hiekkakiveä. Perämeren keskiosalla kerrostumalla muodostunut kallioperä (sedimenttikivi) peittää yleisesti kiteistä peruskalliota. Kallionpinnan syvyydestä tuulivoimapuiston alueella ei ole kattavaa varmuutta.

Merikaapeli- ja vetyputkireittien alueilla kallioperä koostuu granodioriitista ja osin porfyyrisestä granodioriitista (MVE1) ja graniitista (VVE2 ja VVE3). MVE1 reitin alueella on 1:100 000 olevan maalajikartan mukaan osin kallio paljastuneena (*GTK 2021b*), mutta todennäköisesti maakerrokset ovat ohuempia kiteisen kallioperän alueella kuin sedimenttikivien alueilla. Elokuussa 2021 tehtyjen luotausten (*Sanila 2021*) mukaan kaapelireitillä MVE1 kallio oli paljastuneena noin 19 km etäisyydellä rannasta ja ranta-alueella, reitillä MVE2 noin 17 km etäisyydellä rannasta, reitillä MVE3 kallio ei ollut paljastuneena. Kallion päällä oli pääosin paksu maakerros.

7.2.4 Sedimentin haitta-aineet

7.2.4.1 Yleistä

Merenpohjan sedimentoitumisalueilla päällimmäisenä ovat nykyisen Itämeren aikana eli viimeisten satojen vuosien kuluessa kerrostuneet liejusavet ja liejut. Orgaanisilla kerrostumilla on suuri merkitys sedimenttien geokemiaan, kuten merenpohjalle kulkeutuneiden haitallisten aineiden kertymiin sekä meren sisäiseen kuormitukseen. Pohjaeliöstön toiminta, esimerkiksi kaivaminen, voi sekoittaa merenpohjalle kerrostunutta sedimenttiä (*Leppänen ym. 2012*).

Keskimääräinen sedimentaationopeus Perämerellä on 500 g/m^2/a. Vastaavasti sedimentin pintaosasta (0–2 cm) mitattu kertyminen vuosittain on Perämerellä 3,5 mm/a (*Mattila ym. 2006*). Pohjanlahden alueella sedimentaatioympäristöt voidaan karkeasti ottaen jakaa kahdenlaisiin alueisiin. Alueet, jotka ovat syvempiä kuin 60 metriä, ovat pääosin kerrostumisympäristöjä ja alueet, jotka ovat matalampia kuin 60 metriä, ovat luonteeltaan pääosin eroosio- tai kulkeutumis/ei-kerrostumisympäristöjä (*Leivuori ja Niemistö 1993*).

Merituulivoimapuiston ja merikaapelireittien alueilla pohjan (vesi) olosuhteet ovat hapelliset *(Lindfors ym. 2023 ja 2024*, Liite 4 ja 5*).* Itämeren rehevöitymisen kannalta tärkeää Perämeren ja Selkämeren hapellisilla pohjilla on, että rautaoksidit sitovat sekä fosforia että haitta- ja hivenaineita sedimenttiin (*Kujansuu 2014*).

7.2.4.2 Perämeren sedimentin haitta-aineet

Teollinen kehitys alkoi Pohjanlahden valuma-alueella pääosin toisen maailmansodan jälkeen. Teollisuuden päästöt ilmenevät pääosin sedimentin pintakerroksessa, mutta paikallisesti pitoisuuksia voi olla myös syvemmällä riippuen alueen sedimentaatio-olosuhteista (kulutus/uudelleenkerrostuminen) tai ihmisen toiminnasta (ruoppaus).

Merialuetta kuormittavat yhdyskuntien jätevedenpuhdistamot, teollisuuslaitokset, voimalaitokset ja satama-alueet. Pistekuormittajien lisäksi rannikkovesiä kuormittavat jokivedet ja ranta-alueilta mereen suoraan tulevat huuhtoumat sekä ilmasta tuleva laskeuma. Perämeren ympäristössä on ja on ollut myös muualla pistemäistä kuormitusta, jolla on ollut vaikutusta esim. sedimentin metallipitoisuuksiin.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Tutkimusten mukaan (*Leivuori ja Niemistö 1993*) Perämeren sedimenttien arseeni-, elohopea- ja kadmiumpitoisuudet ovat kahdesta neljään kertaa korkeampia kuin Selkämerellä. Kaikkien metallien pitoisuudet ovat jonkin verran korkeampia Perämeren ja Selkämeren syvemmissä altaissa (>60 metriä). Sen oletetaan johtuvan Pohjanlahden sedimentaation erityispiirteistä, joiden mukaan rannikolla on laajoja eroosio- ja kulkeutumis-/ei kerrostumisalueita, joista luonnollinen ja teollisuuden metallikuormitus kulkeutuu syvänteisiin. Perämeren sedimentin pintakerroksen (<1 cm) arseenipitoisuus oli tutkimuksissa 59 mg/kg.

Kokkolan ja Pietarsaaren edustan merialuetta kuormittavat teollisuuden päästöt sekä kaupunkien jätevedet. Myös Perhonjoen kautta huuhtoutuu merialueelle erityisesti ylivirtaamakausina metalleja, jotka ovat seurausta valuma-alueen happamien sulfaattimaiden (HS-maat) kuivatuksista. Pietarsaaren edustan vedenlaatuun vaikuttavat lisäksi Luodon–Öjan makeavesialtaan kautta tulevat jokien humuspitoiset ja ajoittain happamat vedet. Merialuetta on tarkkailtu monien vuosikymmenten ajan. Myös sedimentin laatua on tutkittu.

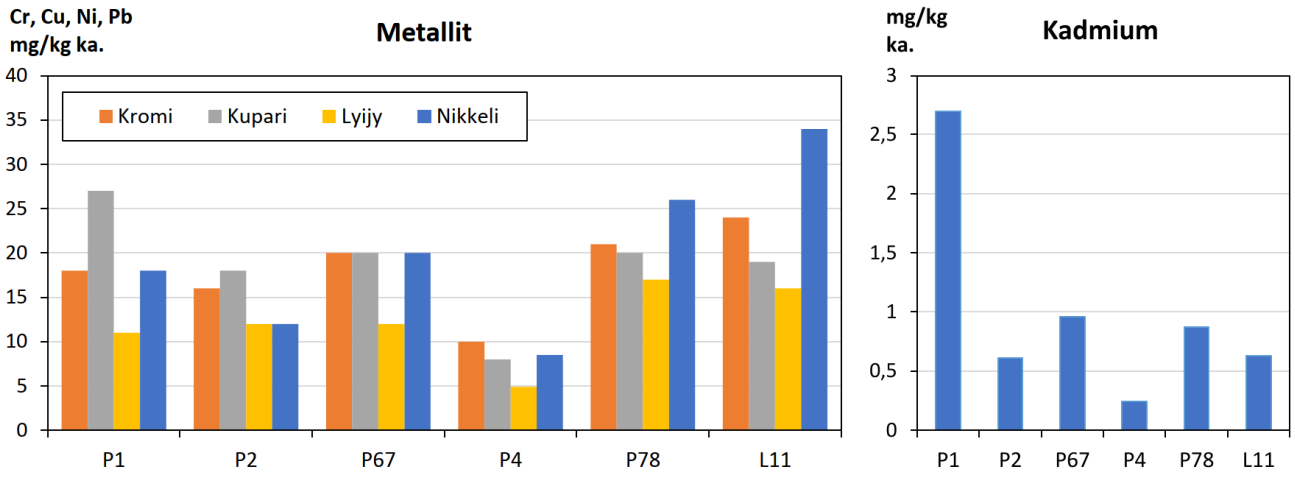
Noin 40 km pohjoiseen Pietarsaaresta sijaitsevan Kokkolan edustan sedimenttien metallipitoisuuksissa on havaittu yleisesti, että sinkki-, arseeni-, kupari-, koboltti-, kromi- ja nikkelipitoisuudet ovat laskeneet 1990-luvulla kaikilla tutkimuspisteillä 1970 ja –80-lukuihin verrattuna (*Vuori ym. 2009, Kalliolinna 2006*). Vuoden 2020 toukokuussa otetuissa sedimenttinäytteissä (8 pistettä, etäisyydet 32–49 kilometriä tuulivoimapuistosta ja 26–41 kilometriä MVE3:sta), sinkin normalisoidut pitoisuudet ylittivät viidessä pisteessä ruoppaus- ja läjitysohjeen mukaisen tason 2 (Taulukko 7-1). Teollisuuden edustan pisteillä E ja H myös kadmiumin pitoisuus ylitti tason 2 eli sedimentti oli kadmiumin osalta läjityskelvotonta. Elohopeapitoisuus oli Kaustarinlahden pisteellä J muihin pisteisiin nähden suurentunut (*Mykrä ja Jutila 2021*).

Vuonna 2017 toteutettiin erillisselvityksenä Pietarsaaren edustan sedimenttiselvitys. (*Mykrä & Aaltonen 2017*). Selvityksen tuloksista on laadittu erillinen kooste (*Palomäki 2017*), joka sisältää myös sedimenttinäytteiden tutkimustodistukset. Kadmiumia lukuun ottamatta kaikkien raskasmetallien pitoisuudet alittivat vuonna 2017 luonnontilaiseksi katsottavan sedimentin pitoisuusrajan. Kadmiumpitoisuus (2,7 mg/kg) oli jäte- ja jäähdytysvesien purkualueella (P1) selvästi suurempi kuin muilla havaintoasemilla. Piste P4 (Örenin kaakkoispuoli; 280820,7076884) sijoittuu noin 24 kilometrin etäisyydelle merituulivoimapuistosta ja noin 8,5 kilometrin etäisyydelle sähkönsiirtoreitistä MVE3 ja alle kilometrin etäisyydelle vetyputkireitistä VVE3. Myös kuvan (Kuva 7-11) muut tutkimuspisteet sijoittuvat pääosin alle neljän kilometrin etäisyydelle vetyputkireiteistä VVE2 ja VVE3 sen loppuosalla.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 7-1. Kokkolan edustan sedimenttien vuoden 2020 normalisoidut metallipitoisuudet sekä vertailu ruoppaus- ja läjitysohjeen (Ympäristöministeriö 2015) raja-arvoihin (Mykrä ja Jutila 2021). Lähimmät näytepisteet sijaitsevat noin 40 km etäisyydellä Laineen hankkeessa suunnitelluista toiminnoista.

	Metalli (mg/kg kuiva-ainetta, normalisoidut pitoisuudet)							
Paikka	**As**	**Hg**	**Cd**	**Cr**	**Cu**	**Pb**	**Ni**	**Zn**
L	*18*	*0,14*	*0,82*	20	19	16	17	*194*
C	*41*	*0,32*	*1,8*	27	31	29	22	**523**
D	*43*	*0,35*	*2,1*	26	33	29	23	**588**
U	*23*	*0,19*	*1,1*	25	23	19	19	*259*
E	*39*	*0,47*	**3,1**	22	*43*	*40*	21	**878**
H	*35*	*0,41*	**3,3**	37	*48*	38	42	**1362**
J	*37*	*0,63*	*2,1*	35	*45*	26	21	**705**
X	9,0	0,05	*0,5*	26	11	6,4	12	131
Taso	Normalisoitujen metallipitoisuuksien raja-arvot (mg/kg)							
Taso 1	<15	<0,1	<0,5	<65	<35	<40	<45	<170
1A	*15-50*	*0,1-0,6*	*0,5-2,5*	*65-270*	*35-50*	*40-80*	*45-50*	*170-360*
1B	*50-70*	*0,6-0,8*	-	-	*50-70*	*80-100*	*50-60*	*360-500*
1C	-	*0,8-1*	-	-	*70-90*	*100-200*	-	-
Taso 2	**>70**	**>1**	**>2,5**	**>270**	**>90**	**>200**	**>60**	**>500**



Kuva 7-11. Pietarsaaren merialueen sedimentin raskasmetallipitoisuudet vuonna 2017 (Mykrä 2017).

7.2.4.3 Sedimenttiselvitykset vuosina 2022 ja 2023

Merituulivoimapuiston ja merikaapeli-/vetyputkireittien alueilta selvitettiin vuosina 2022–2023 Luode Consulting Oy:n toimesta sedimenttien laatua, haitta-ainepitoisuuksia ja läjityskelpoisuutta tulevia vesistötöitä varten *(Lindfors ym. 2023, 2024,* liite 4 ja 5*).* Sedimenttinäytteet otettiin

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

vuoden 2022 kesä-elokuussa yhteensä 57 näytteenottopaikalta Van Veen -näytteenottimella. Sedimenttinäytteet otettiin 0–10 cm, 10–30 cm ja 30–60 cm kerroksista niistä paikoista, missä sedimentin paksuus salli syvemmät näytteet. Alueiden pohjanlaatu vaihteli hyvin paljon, mikä paikoin esti syvempien näytteiden saannin. Vuonna 2023 tehtiin täydentävää sedimenttinäytteenottoa yhteensä 16 tutkimuspisteessä.

Kausien 2022 ja 2023 selvitysten raportit ovat YVA-selostuksen liitteinä 4 ja 5.

Vuoden 2022 selvitykset tulokset

Vuoden 2022 sedimenttitutkimuksien yhteydessä havaittiin osassa näytteistä öljyn ja raskasmetallipitoisuuksien ylittävän Ympäristöministeriön sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohjeen (*Ympäristöministeriö 2015*) tason 2 (massat eivät meriläjityskelpoisia) pitoisuudet. Öljyhiilivetyjen pitoisuudet olivat enimmillään 1 700–2 400 mg/kg, nikkelin pitoisuudet vastaavasti 62–89 mg/kg ja arseenin 70–190 mg/kg.

Analysoiduissa organotinayhdisteissä määritysrajan ylittäviä pitoisuuksia havaittiin viidessä näytepaikassa, mutta arvot olivat tasolla 1A eikä niillä ole vaikutusta massojen läjityskelpoisuuteen.

PAH-yhdisteissä havaittiin tasolle 1A yltäviä pitoisuuksia 14 näytepaikassa ja tasolle 1B ylittäviä pitoisuuksia yhdessä näytepaikassa. PCB-yhdisteissä ei havaittu määritysrajan ylittäviä pitoisuuksia. Öljyhiilivetyjen osalta havaittiin tason 2 ylittäviä pitoisuuksia viidessä kohteessa.

Dioksiinin ja furaanin osalta neljä näytettä kuuluivat luokkaan 1C ja ovat läjitettävissä hyvälle läjityspaikalle, minkä lisäksi kaikkiaan 45 näytettä kuuluivat 1B luokkaan ja ovat siten läjitettävissä sekä hyvälle että tyydyttävälle meriläjitysalueelle, muut näytteet kuuluivat 1A tai luokkaan 1.

Vuoden 2023 selvitykset tulokset

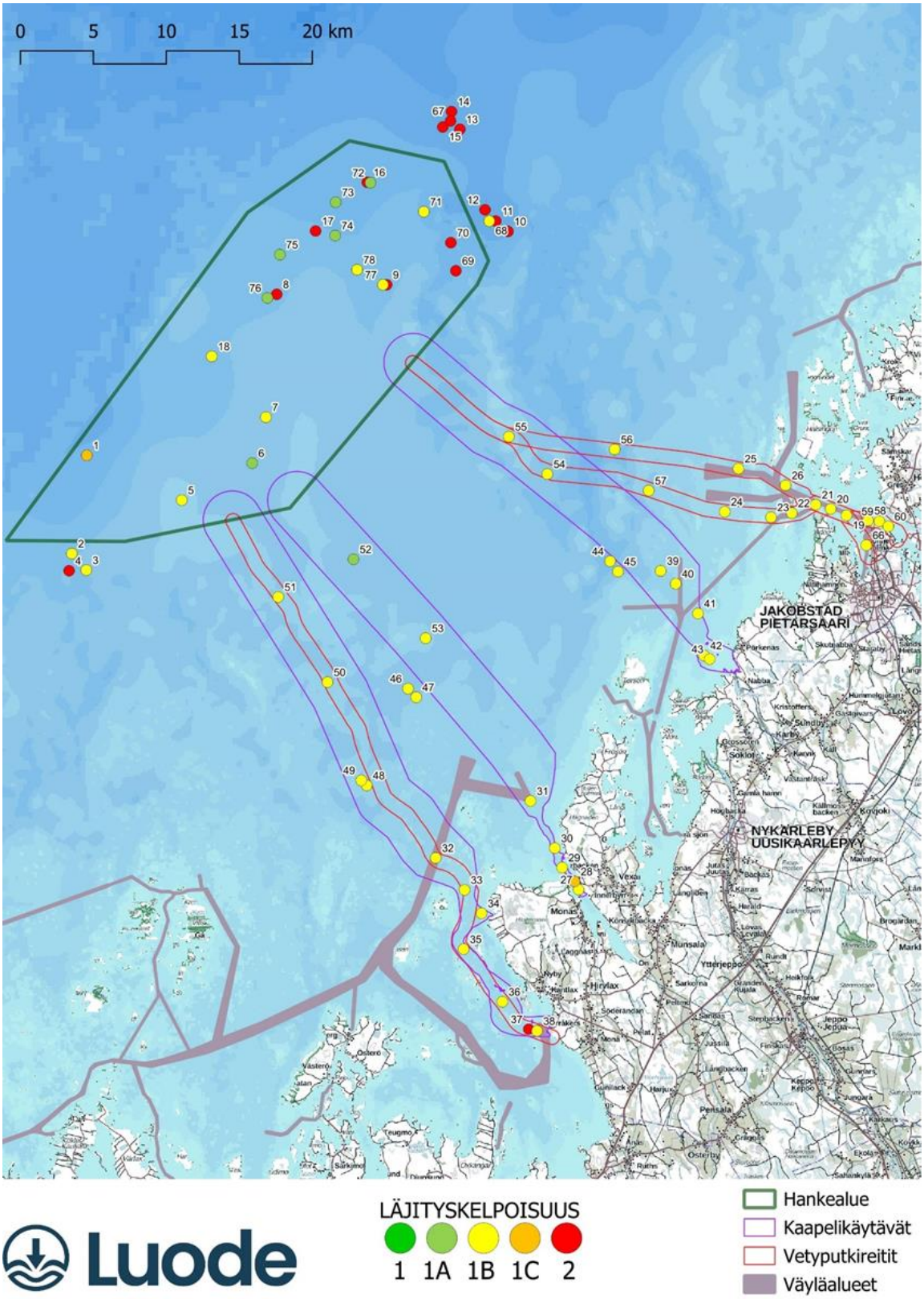
Vuoden 2022 sedimenttitutkimuksien yhteydessä havaittiin osalla näytepisteistä öljyn- ja raskasmetallipitoisuuksien ylittävän sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohjeen tason 2. Tämän takia lisättiin näytteenottopisteitä näille alueille sekä samalla selvitettiin laajemmin haitta-ainepitoisuuksia alueella vuonna 2023. Lisäksi Pietarsaaren kaupungin lähelle lisättiin neljä uutta näytteenottopistettä.

Vuoden 2023 tutkimuksissa havaittiin metallien osalta raja-arvon 2 ylittyvän kolmessa näytepisteessä, pääsääntöisesti raja-arvon ylittyminen liittyi arseenin (77–160 mg/kg) ja nikkelin (83 mg/kg) kohonneisiin pitoisuuksiin. Muiden näytteiden osalta massat ovat meriläjityskelpoisia.

Vuosien 2022 ja 2023 näytteenoton perusteella suurin osa haitta-aineista sijoittui ylimpään 10 cm kerrokseen, mutta yksittäisiä kohonneita metallipitoisuuksia havaittiin myös syvemmissä näytteissä aina 60 cm syvyyteen saakka. Pietarsaaren edustalla havaitut kohonneet haitta-ainepitoisuudet liittyvät todennäköisesti alueen teollisuuden ja laivaliikenteen päästöihin. Alueella on ollut mm. saha- ja selluteollisuuden toimintaa pitkään, mihin liittyy suuri määrä erilaisien kemikaalien käyttöä. Oheisessa kuvassa (Kuva 7-12) on esitetty sedimenttien yleinen läjityskelpoisuus[2] vuosien 2022–2023 näytteenoton perusteella *(Lindfors ym. 2024).*

Ympäristöministeriön ohjeessa (Ympäristöministeriö 2015) sedimentti katsotaan haitattomaksi, jos pitoisuudet jäävät ruoppaus- ja läjitysohjeen tasolle 1. Tällaiset lietteet kelpaavat sellaisenaan esimerkiksi vesistöön läjitettäviksi ja ovat meriympäristölle haitattomia. Tasoa 2 vastaava sedimentti on voimakkaasti likaantunutta tai pilaantunutta ja vaatii läjitystoiminnassa erilliskäsittelyitä. Tasojen 1 ja 2 välialue ns. harmaa alue on jaettu uusimmassa ohjeessa vielä ala-alueisiin (1A, 1B, 1C), joiden perusteella voidaan arvioida tarkemmin lietteen haitallisuutta ja mahdollista erilliskäsittelyn tarvetta. Jos pitoisuustaso <1A, vastaa sedimentti luonnontilaista, jos pitoisuustaso < 1B haitta-aineella ei ole vaikutusta läjityskelpoisuuteen, jos pitoisuustaso < IC sedimentti on läjitettävissä sekä ns. hyvälle että tyydyttävälle läjitysalueelle jos pitoisuustaso > 2 on sedimentti pääsääntöisesti läjityskelvoton [2]

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 7-12. Sedimenttien yleinen läjityskelpoisuus vuosien 2022–2023 näytteenoton perusteella (Lindfors ym. 2024). Pohjoisimmat vetyputkireitit VVE2 ja VVE3 voivat olla myös merikaapeleita MVE4 ja MVE5.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

7.2.4.4 Läjitysalueet ja virtaukset

Sekä merituulivoimapuiston alueella että kaapeli- ja putkireiteillä tarvitaan ruoppausta, ja ruoppausmassat on läjitettävä käytännössä mereen erikseen hyväksytylle läjitysalueelle. Kriteeristönä on mm. läjitysalueen pohjaolosuhteet ja eroosioherkkyys, läjitettävien massojen kontaminaatioaste, läjitysalueen virtausolosuhteet ja resuspensio, läjitysalueen pohjaeläimistö, kalasto, linnusto ja pohjakasvillisuus. Läjityspaikan valintaa varten tarvitaan Suomen viranomaisten hyväksymä virtaus- ja vedenlaatumallinnus validointeineen.

Hankealueen virtausten ja vedenlaadun nykytilaa arvioitiin asentamalla yhdeksään paikkaan jatkuvatoimiset mittauslaitteistot *(Lindfors ym. 2023, 2024)*. Oheisessa taulukossa (Taulukko 7-2) on esitetty mittauspaikoittain maksimivirtausnopeudet, keskimääräiset virtausnopeudet sekä alustava virtausnopeuteen perustuva soveltuvuus meriläjitykseen. Sedimentin kulkeutumisesta rakentamisen aikana on tehty erillinen mallinnus *(Niras 2023a,* liite 2*).*

Taulukko 7-2. Mitatut virtausnopeudet Laine-1…Laine-9 mittauspaikoilla, sekä alustava virtausnopeuteen perustuva soveltuvuus meriläjitykseen asteikolla vihreä (hyvä), keltainen (tyydyttävä), punainen (huono). (Lindfors ym. 2024).

Mittausasema	Havaintojen lukumäärä	Maksimi virtausnopeus pohjalla	Keskimääräinen virtausnopeus pohjalla	Hyvä läjityspaikka, virtausnopeus >10 cm/s harvakseltaan		Tyydyttävä läjityspaikka, virtausnopeus >15 cm/s harvakseltaan	
				>10 cm/s havainnoista	%-osuus kaikista	>15cm/s havainnoista	%-osuus kaikista
Laine 1	8643	34 cm/s	7 cm/s	1691	20 %	884	10 %
Laine 2	8634	22 cm/s	5 cm/s	757	9 %	101	1 %
Laine 3	8627	24 cm/s	5 cm/s	665	8 %	60	1 %
Laine 4	6237	27 cm/s	5 cm/s	458	7 %	117	2 %
Laine 5	6235	26 cm/s	5 cm/s	763	12 %	216	3 %
Laine 6	6236	33 cm/s	13 cm/s	3983	64 %	2685	43 %
Laine-7	6624	19 cm/s	5 cm/s	335	5 %	30	0 %
Laine-8	6625	31 cm/s	6 cm/s	906	14 %	236	4 %
Laine-9	6624	23 cm/s	8 cm/s	1601	24 %	329	5 %

Ruoppaus ja läjitysohjeen mukaan hyvä läjityspaikka on sellainen, jossa läjitetyn massan kulkeutumisriski on alhainen. Resuspendoitunut sedimenttiaines ja läjitetty sedimentti, joka altistuu aaltovoimille, kulkeutuvat lähinnä pohjanläheisten päävirtaussuuntien ja pohjan syvenevän kaltevuussuunnan mukaisesti. Tyydyttävällä läjityspaikalla kulkeutumisriski on kohtuullinen. Alueen pohjatyyppi on sedimentaatiopohja tai sedimentaatio-kuljetuspohja. Topografia, suojaisuus, vedensyvyys ja virtausolosuhteet ja -nopeudet ovat sellaiset, että jossain määrin tapahtuva läjitetyn massan kulkeutuminen ajoittain on mahdollista.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

7.3 Vaikutusten arviointi

7.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

7.3.1.1 Merituulivoimapuisto

Merituulivoimalat sijoittuvat merialueelle, joten vaikutukset kohdistuvat merenpohjaan ja ajoittuvat pääosin rakentamisvaiheeseen. Meriperustustyypit on kuvattu luvussa 1.5 ja rakentamisen vaiheet luvussa 1.7. Tässä on arvioitu pinta-alaltaan suurimman perustuksen, painovoimaperustus (gravitaatioperustus) vaikutuksia, sillä muiden perustustyyppien vaikutukset pohjan olosuhteisiin arvioidaan olevan vähäisempiä. Esimerkiksi painovoimaperustuksen halkaisija on ilman eroosiosuojausta enintään noin 52 metriä, jolloin perustuksen pohjan pinta-ala on noin 2 100 m^2.

Työvaiheet merellä käynnistyvät perustuspaikkojen ruoppauksilla ja pohjan valmistelulla perustuksia varten. Painovoimaperustuksille pohjaan esivalmistellaan mursketäyttö. Teräskuorirakenteinen painovoimaperustuksen perustusrakenne on lieriön ja katkaistun kartion yhdistelmä, jäykistetty teräsrakenne, jonka pohjassa on rengasmainen antura. Perustus on täytetty kiviaineksella. Ulkopuolella anturan päällä on mursketta ja eroosiosuojaus sekä mahdollisesti tukipenkere. Perustusrakenteen mitat riippuvat paitsi turbiinin kokoluokasta ja vesisyvyydestä, niin myös tuuli-, aalto- ja jääkuormista sekä pohjan maalajeista ja kantavuudesta. Painovoimaperustusten vaatiman pohjanmuokkaamisen ja rakentamisen arvioidaan kohdistuvan maksimissaan (VE1 150 voimalaa) noin 0,05 % koko puiston pinta-alasta (450 km^2).

Pohjan muokkaamista tapahtuu rakentamisen aikana myös merituulivoimapuiston sisäisten kaapeleiden sekä merisähköasemien asentamisen yhteydessä. Jos vety tuotetaan tuulivoimapuiston alueella, vaatisi se 3–8 vedyn tuotantoasemaa. Vedyntuotantoaseman perustuksen koko on suunnilleen samankokoinen kuin merellä sijaitsevan sähköaseman perustus.

Merisähköasemien määrä riippuu valitusta ja hankkeeseen sopivasta teknologiasta. Alueelle on tulossa arviolta 3–8 merisähköasemaa. Merisähköaseman perustuksen koko riippuu valitusta perustustyypistä samaan tapaan kuin merituulivoimaloissa. Arvioitu perustuksen koko käytettäessä pyöreää painovoimaperustusta on halkaisijaltaan enintään 71,5 metriä, jolloin pohjan pinta-ala on noin 4 000 m^2. Tuulivoimapuiston sisäinen kaapeli voidaan merenpohjan olosuhteista riippuen laskea merenpohjan päälle tai asentaa eri tavoilla: vesipainepuhaltamalla, auraamalla tai kaivantoja tekemällä. Alueilla, joilla merenpohjaa ei ole mahdollista kaivaa, voi olla tarpeen suojata kaapelia esimerkiksi kivenlohkareilla. Upotussyvyys merenpohjaan on noin 1–2 metriä, jotta kaapelit saadaan suojattua mm. jäältä, laitteilta ja/tai ankkureilta. Lopullinen syvyys ja asennusmenetelmät vaihtelevat suoritettujen maaperätutkimusten mukaan.

Tuulivoimaloiden ja merisähköasemien/vedyn tuotantoasemien ja painovoimaperustusten vaatiman pohjanmuokkaamisen ja rakentamisen arvioidaan kohdistuvan maksimissaan noin 0,06 % koko puiston pinta-alasta (450 km^2). Merituulivoimapuiston sisäisten kaapeleiden asentamisen aikana tapahtuu myös pohjan muokkausta, mutta se kohdistuu sedimentin pintaosiin ja on kestoltaan ja vaikutuksiltaan vähäisempää. Toisaalta rakennettavaa kaapeliverkostoa on suhteellisen suuri määrä (muokattava ala 95 ha, 0,21 % puiston pinta-alasta).

Kallionpinnan taso merituulivoimapuiston alueella ei ole tiedossa, mutta sen arvioitiin kuitenkin olevan niin syvällä, ettei siihen kohdistu vaikutuksia. Mikäli kallionpinta on lähellä merenpohjan pintakerrosta voi yksittäisillä gravitaatioperustamispaikoilla tulla tarvetta louhinnalle, jotta pohja saadaan tasattua tai löyhennettyä. Louhinnan määrä on arvion mukaan kuitenkin vähäistä, ja sitä pyritään minimoimaan voimalasijoittelun avulla. Perämerellä kerrostumalla muodostunut kallioperä (sedimenttikivi) peittää yleisesti kiteistä peruskalliota.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Ruoppauksen ja läjityksen vaikutukset

Sedimenttien ruoppaus ja meriläjitys aiheuttavat veden samentumista aina melko rajatulle alueelle yksittäisen työkohteen läheisyydessä. Yleisesti on todettu samentumisen olevan varsin paikallista ja vedenlaatu alkaa kirkastua pian ruoppaustöiden päätyttyä. Läjityksen aiheuttama samentuminen kohdistuu pääasiallisesti vesialueen pohjakerrokseen. Kiintoaineksen leviäminen suurempien läjitysten yhteydessä on lyhytaikaista. Vaikutusalue riippuu läjityksen suuruudesta, läjityspaikan ja läjitettävän massan ominaisuuksista ja vallitsevista tuuli- ja virtausolosuhteista. Läjitysalueelta mahdollisesti pitkän ajan kuluessa pohjan läheisyydessä, veden mukana tapahtuva kiintoaineen kulkeutumisen mittakaava on sadoissa metreissä, jopa kilometreissä em. tekijöistä riippuen. Sedimentti resuspendoituu ja kulkeutuu myös luontaisesti (*Ympäristöministeriö 2015*).

Ruoppausmassan laadun ja läjityskelpoisuuden arvioiminen edellyttää fysikaalis-kemiallisten ominaisuuksien selvittämistä. Niiden avulla voidaan arvioida ja ennakoida ruoppausmassan käyttäytymistä ruoppaus- ja läjitystyön yhteydessä. Haitallisten aineiden pitoisuuksien lisäksi sedimentin läjityskelpoisuuteen vaikuttaa sen eroosioherkkyys. Mitä eroosioherkempää läjitettävä sedimentti on, sitä alttiimpaa se on kulkeutumaan läjityspaikalta ja sitä merkittävämpiä hyötyjä voidaan saavuttaa ruoppaushankkeen eri vaiheissa tapahtuvilla riskinhallintatoimenpiteillä. Ruoppausmassan eroosioherkkyys on riippuvainen lukuisista tekijöistä – raekokojakauma, hienoaineksen suhde karkeisiin jakeisiin, irtotiheys, orgaanisen aineksen määrä ja laatu, savimineralogia, suolapitoisuus ja pH – ja niiden monimutkaisista keskinäisistä suhteista. Näillä tekijöillä on oleellinen vaikutus myös mahdollisten haitta-aineiden käyttäytymiseen (*Ympäristöministeriö 2015*).

Voimalat perustetaan merenpohjan lujalle pohjalle, ruopattava materiaali on alustavan arvion mukaan pääosin karkearakeista (hiekka, sekasedimentti tai moreenia), mutta myös hienorakeisia sedimenttejä on. Materiaalissa on mukana maalajista riippuen myös silttifraktiota. Osa siitä suspendoituu ruopatessa tai läjitettäessä pääosin lähellä pohjaa. Silttifraktio kulkeutuu virtausten mukana laskeutuen hitaasti pohjaan. Karkeampi kiviaines laskeutuu nopeasti pohjaan. Läjitysalueella laajeneva suspensiopilvi katoaa ajan myötä taustasameuteen. Sameuden leviämisestä on tehty mallinnus (*Niras 2023a,* liite 2).

Esimerkiksi Tahkoluodon merituulivoimapuiston pohjatutkimuksissa sekasedimentin ja moreenin silttipitoisuudeksi mitattiin noin 20 % tai vähemmän. Jos silttifraktiosta suspendoituu 5 % ruopatessa ja 5 % läjitettäessä, lyhytaikaiseksi lisäykseksi paikalliseen suspensiovirtaan saadaan sekä ruoppausalueella että läjitysalueella keskimäärin 3 tn/h. Monet Suomen joet, mukaan lukien Kokemäenjoki, purkavat tulvahuipun aikaan mereen kiintoainesta suspensiona ja pohjakulkeutumana 10 000 tn/vrk luokkaa olevan määrän. Tahkoluodon olemassa olevan merituulivoimapuiston rakentamisen yhteydessä tehdyissä vesistötarkkailuissa saatiin vahvistus edellä esitetyille arvioille (*KVVY ry 2016 ja 2017*). Vuonna 2016 (ruoppaus ja läjitys) havaittiin ajoittain lievää sameuden ja kiintoainespitoisuuden nousua työkohteen lähellä. Vuonna 2017 (täytöt, peitot, eroosiosuojaukset) sameus ja kiintoainepitoisuudet pysyivät työkohteen lähellä samalla tasolla kuin vertailupisteellä. Isoilla myrskyillä läjitysalueiden ja kaapelipeittojen pinnasta erodoituu ympäristön kiintoainesvirtaan verrattuna marginaalisia määriä hienoainesta, joka kulkeutuu lähistölle. Prosessi loppuu, kun karkeampi aines on erottunut suojaksi pintaan. On kuitenkin otettava huomioon, että Tahkoluodon olemassa oleva merituulivoimapuisto on kooltaan huomattavasti pienempi kuin Laine.

Tuulivoimapuisto Laineen alustavat meriläjitysaluevaihtoehdot on mitoitettu siten, että yhden alustavan läjitysalueen kapasiteetti on riittävä tuulivoima-alueen maksimiruoppausmäärälle (2 830 000 m^3) ja yhden alustavan kaapelireittien ruoppausmassojen läjitysalueen kapasiteetti on riittävä kaapelireittien maksimiruoppausmäärälle (630 000 m^3). Kaapelireittien massoille esitettyjen alustavien meriläjitysalueiden pinta-alat ovat noin 100 ha ja merituulivoimapuiston massoille esitettyjen alustavien meriläjitysalueiden pinta-alat ovat noin 400 ha (luku 1.2). Ruopattujen massojen meriläjitys ajoittuu avovesikaudelle (touko-marraskuu) tuulivoimaloiden perustuksien pohjien teon aikaan. Ruoppaus- ja läjitysmäärät ja toimenpiteiden sijainnit tarkennetaan teknisen suunnittelun aikana ja käsitellään vesilupavaiheessa. Esitetyt läjitysaluerajat ovat tällä hetkellä

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

viitteellisiä, ja pinta-ala on määritetty siten, että kaikki alueelle läjitettäväksi esitetyt massat saadaan läjitettyä alueelle maksimissaan yhden metrin läjityskerrospaksuudella.

Olemassa olevan aineiston mukaan ruopattava sedimentti sisältää osalla alueesta haitta-aineita sellaisia määriä, että pitoisuuksilla on vaikutusta massojen läjityskelpoisuuteen. Näitä haitta-aineita ovat lähinnä arseeni ja nikkeli sekä öljyhiilivedyt. Sedimenttien yleinen läjityskelpoisuus on esitetty aiemmassa luvussa (Kuva 7-12). Haitta-aineet tullaan huomiomaan hankkeen toteutusvaiheessa. Haitta-aineiden aiheuttamaa mahdollista ekologista riskiä on tarkasteltu erillisessä selvityksessä (liite 6).

Yhteenvetona voidaan todeta, että merituulivoimapuiston rakentamisen aikaiset vaikutukset pohjan olosuhteisiin ovat paikallisia ja pääosin vähäisiä. Hankealueella sedimentin haitta-aineiden pitoisuudet ovat pääosin pieniä, mutta osalla alueesta jonkin verran koholla. Rakentamisen jälkeen pohjan olosuhteet palautuvat myös monilta osin ennalleen. On lisäksi huomioitava, että meren pohjassa tapahtuu luontaisesti kulkeutumista ja kerrostumista riippuen paikallisista olosuhteista (pohjan tyyppi, sedimentin laatu, topografia, virtaussuunnat ja virtausten voimakkuus ja veden syvyys).

Ruoppauksen ja läjityksen vaikutuksia meriympäristön lajistoon on arvioitu luvussa 6.3.

7.3.1.2 Merikaapelit/Vetyputkireitit

Riippuen valitusta siirtokaapeliteknologiasta ja siirrettävästä sähkötehosta, hanke voi tarvita yhteensä enintään 10 siirtokaapelia tuulivoimapuistosta mantereelle. Kaapelit tarvitsevat pohjaolosuhteista riippuen 50–300 metrin etäisyyden toisistaan, jotta korjausalus pääsee turvallisesti toimimaan yhden kaapelin rikkoutumistilanteessa ja että kaapelit eivät korjauksen jälkeenkään risteä toisten kaapeleiden kanssa. Kaapelien välinen etäisyys vähenee tultaessa lähemmäs rantaa, ja rantautumisalueella kaapelit tarvitsevat enää paikasta riippuen noin 80 metriä tilaa. Merikaapelien sijoittamiseen tarvitaan kaksi eri reittiä (5 kaapelia reittiä kohden), joiden rantautumispisteistä sähkönsiirto tapahtuu eri sähköasemille (Sandås ja Hirvisuo). Lopulliset reitit valitaan kokonaisvaltaisen harkinnan perusteella, johon vaikuttaa mm. Fingridin indikoimat liityntäpisteet, paikallinen sähkön- tai vedynkäyttö, käytettävissä oleva tila, tekninen ja taloudellinen toteutettavuus, - ja ympäristö- sekä sosiaaliset näkökulmat. (Katso tekninen kuvaus luku 1.6)

Merikaapelit asennetaan merenpohjaan asennusaluksen avulla ja ennen kaapelin laskua joudutaan mahdollisesti muokkaamaan merenpohjaa kaapeliojan tekemiseksi. Kaapeliojat voidaan kaivaa kauharuoppaajalla tai muita ruoppaustekniikoita hyödyntäen. Kaapeliojan tyypillinen leveys on noin kolme metriä ja syvyys vajaan metrin. Vesipainepuhaltamalla kaapelioja on kapeampi eikä maamassoja nosteta ja läjitetä. Energiansiirtoreitillä MVE1/VVE1 havaittiin yhdessä pisteessä (Kuva 7-12, piste 37) havaittu metallipitoisuuksia (nikkeli 64 mg/kg). Kaapelin sijoittamisesta aiheutuvasta pintasedimentin häiriintymisestä rakennusaikana ei arvioida aiheutuvan kuin vähäisiä, paikallisia ja ohimeneviä vaikutuksia merenpohjan olosuhteisiin. Haitta-aineet tullaan huomiomaan rakentamisvaiheessa ja käyttämään tarvittaessa mahdollisuuksien mukaan sedimenttien kiintoaineen leviämistä estäviä rakenteita kuten silttiverhoja.

Merellä sijaitsevassa vedyn tuotannossa on toteutuskonseptista riippumatta puiston sisäisiä vetyputkia sekä keskitetty vientiputki. Vetyputken tyypillinen ulkohalkaisija on noin 60 cm. Vetyputki asennetaan meren pohjalle asennusaluksen avulla. Putken asennustapoja rantautumisalueella on useita. Jos alue on kallioinen, se voi soveltua vaakasuuntaiseen suuntaporaukseen. Toinen vaihtoehto on avoimen ojan kaivaminen kaapelikaivannon tapaan. Vaihtoehtoisesti rantautuminen voidaan toteuttaa rakentamalla laituri tai silta ranta-alueen ylittämiseksi. Rantautumispaikan tarvittava leveys on joitakin kymmeniä metrejä. Jos asennuksessa käytetään avointa ojaa, alue maisemoidaan. Vetyputken rakentamisesta aiheutuvasta pintasedimentin häiriintymisestä rakennusaikana ei arvioida aiheutuvan kuin vähäisiä, paikallisia ja ohimeneviä vaikutuksia merenpohjan olosuhteisiin.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

7.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset

7.3.2.1 Merituulivoimapuisto

Tuulivoimaloilla ei ole toiminnan aikana vaikutusta merenpohjan olosuhteisiin. Tuulivoimapuisto toimii automaattisesti, erillistä miehitystä tai toimenpiteitä tuotannon ohjaamiseen ei tarvita. Myöskään tuulivoimaloiden huoltokäynnit eivät vaikuta merenpohjan olosuhteisiin.

Tuulivoimapuiston toimintaan liittyvät merkittävimmät kemikaalit ovat muuntajissa ja voimaloissa olevat öljyt ja jäähdytysnesteet. Tuulivoimaloissa on keruualtaat, joilla estetään kemikaalien pääsy ympäristöön mahdollisen, mutta epätodennäköisen vuodon sattuessa. Mahdollisesta vuodosta ei aiheudu vaikutuksia pohjan olosuhteisiin.

Tuulivoimaloista tai niiden perustuksista ei tule liukenemaan haitallisia aineita ympäristöön. Tuulivoimalan lapa koostuu pääasiassa lasi- ja hiilikuiduista, epoksi- tai polyesterihartsista sekä kerroslevyrakenteen ydinaineista kuten balsapuusta ja muovivaahdoista. Lavat on suunniteltu kestämään niihin kohdistuvat olosuhteet, kuten sade, eroosio, UV-säteily, jäätävät olosuhteet ja ilman epäpuhtaudet. Lapojen pinnalla on suojaavana kerroksena maalipinta tai gelcoat-pintakerros, joiden alla saattaa olla kerros tasoitetta. Nykyään on tyypillistä, että lavan kärkialueen johtoreuna on käsitelty erittäin kulutuksenkestävällä polyuretaanimateriaalilla (leading-edge protection). Vasta näiden kerrosten alla on rakenteellinen epoksilaminaatti, joka on lujitemuovia. Lapojen kärkialueen johtoreunalta päällimmäisestä kerroksesta voi irrota hyvin pieniä määriä pölymäistä inerttiä materiaalia, joka on peräisin pääasiassa lapojen maalista ja päätyy varsin lähelle irtoamisaluetta. Irtoava aines on ilmaa ja vettä raskaampaa pientä partikkelia, joka vähitellen mineralisoituu voimaloiden lähiympäristöön siirtymättä eliöiden elimistöön. Lavat tarkastetaan säännöllisesti ja ne korjataan, jos pintakerrokseen on tullut kulumia. (*Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2024*)

Mikromuovit ovat synteettisesti tuotettuja, biohajoamattomia, vesifaasissakin kiinteinä pysyviä muovihiukkasia, jotka koostuvat polymeerien ja lisäaineiden seoksista ja joiden pienin dimensio on ainakin ≥1 nm ja suurin dimensio on hiukkasmuotoisilla 5 mm ja kuiduilla tulkinnasta riippuen 5–15 mm. (*Fjäder ym. 2022*)

Mikromuoveissa erityistä huomiota on kiinnitetty bisfenoli A:han (BPA). BPA on laajalti käytetty pehmitin, jota käytetään polykarbonaattimuovien, epoksihartsien ja monien tavallisten tavaroiden valmistuksessa, mukaan lukien lelut, vesiputket, juoma-astiat, silmälasien linssit, urheiluturvavarusteet, lääketieteelliset laitteet ja letkut sekä kulutuselektroniikka. Sitä siis käytetään monissa tuotteissa, mutta sen turvallisuus on nykytiedon valossa laajalti kyseenalaistettu ja sen käyttöä siksi rajoitetaan Euroopassa. Tuulivoimaloista luontoon tai ihmiseen mahdollisesti päätyvät BPA-päästöt ovat vähäiset. (*Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2024*)

7.3.2.2 Merikaapeli-/vetyputkireitit

Merikaapelista ja vetyputkireitistä ei aiheudu normaalin toiminnan aikana vaikutuksia pohjan olosuhteisiin. Huolto- ja korjaustilanteissa voi aiheutua vähäistä työnaikaista samentumista.

7.3.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset

Merituulivoimapuiston elinkaaren on suunniteltu olevan noin 35–40 vuotta, jota voidaan mahdollisesti pidentää uusimalla komponentteja tai esimerkiksi rajoittamalla tehoa ja siten kuormitusta. Tuulivoimapuiston elinkaaren viimeinen vaihe on sen käytöstä poisto sekä tuulivoimapuistosta syntyvien laitteiden kierrättäminen ja jätteiden käsittely. Purkamisen työvaiheet ja kalusto ovat periaatteessa vastaavan tyyppisiä kuin rakennusvaiheessa, mutta käänteisessä järjestyksessä. Tuulivoimaloiden perustukset poistetaan tarvittaessa osittain tai kokonaan, jos se nähdään tarpeelliseksi ja järkeväksi esim. ympäristön kannalta, mikäli alueelle olisi ehtinyt syntyä monimuotoisempaa riuttamaista ympäristöä (ns. mahdollinen keinotekoisen riutan efekti voimaloiden perustusten lähellä). Myös merikaapelit voidaan käyttövaiheen päätyttyä poistaa. Purkamisesta aiheutuvat vaikutukset pohjaolosuhteille ovat vastaavat rakentamisvaiheiden vaikutusten kanssa.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Vaikutukset ovat kuitenkin luonteeltaan paikallisia ja kestoltaan rajallisia sekä pienempiä kuin rakennusvaiheessa. Käytöstä poisto ajoittuu arviolta usealle avovesikaudelle.

7.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

Nollavaihtoehdossa alueen merenpohjaan ei kohdistu tuulivoimahankkeesta vaikutuksia.

7.4 Yhteisvaikutukset

Perämerellä on useita eri vaiheissa olevia tuulivoimahankkeita sekä Suomen että Ruotsin puolella. Laineen aluetta lähin hanke on Ruotsin talousvyöhykkeellä sijaitseva Kappa -merituulivoimapuiston hanke (*Njordr Offshore Wind AB 2022*), joka sijaitsee lähimmillään noin kilometrin etäisyydellä Laineen merituulivoimapuistosta länteen. Kappan hankealuetta on viimeisimmän tiedon mukaan muutettu siten, että se on kiinni talousvyöhykkeen rajassa, ollen nyt noin 100 metrin etäisyydellä Laineen hankealueesta, mutta uutta voimalasijoittelua ei ole saatavilla (*Statkraft Offshore Wind AB 2024*).

Meren pohjaan kohdistuvia suoria yhteisvaikutuksia Kappa-hankkeen kanssa ei arvioida aiheutuvan, sillä kaikki Laineen hankkeen toiminnot sijaitsevat vähintään kilometrin etäisyydellä Kappan hankkeesta, vaikka Kappan hankealueen raja tuleekin noin 100 metrin etäisyydelle Laineen alueen rajasta (tuulivoimaloita ei tulla sijoittamaan alle kilometrin etäisyydelle toisistaan). Epäsuorasti pohjan muokkaamisen aiheuttamalla kiintoaineen ja sameuden leviämisellä arvioitiin sen sijaan olevan mahdollisia vähäisiä yhteisvaikutuksia, mikäli rakentamisajankohdat ajoittuvat samoille avovesikausille. Näitä meriympäristöön kohdistuvia mahdollisia yhteisvaikutuksia on arvioitu tarkemmin luvussa 5.4.

7.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys

Vaihtoehdossa VE1 alueelle rakennetaan enintään 150 ja vaihtoehdossa VE2 enintään 113 merituulivoimalaa. Vähäisemmän voimala- ja sisäisen kaapeloinnin ja muiden rakenteiden määrän takia vaikutukset ovat vaihtoehdossa VE2 hieman pienempiä VE1:een verrattuna. Suorat vaikutukset rakentamisalueen pohjaan ovat molemmissa vaihtoehdoissa vähäisen kielteisiä. Vaikutukset kohdistuvat rakentamisaikaan voimaloiden alueille ja läjitysalueille. Sähkönsiirron ja vetyputkireitin vaikutukset ovat kaikissa vaihtoehdoissa vähäisen kielteisiä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 7-3. Vaikutusten merkittävyys maa- ja kallioperään eri hankevaihtoehdoissa rakentamisen aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus					Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen				VE1 VE2 MVE1 VVE1 MVE2 MVE3 MVE4 VVE2 MVE5 VVE3					
	Kohtalainen					VE0				
	Suuri									
	Erittäin suuri									

Taulukko 7-4. Vaikutusten merkittävyys eri hankevaihtoehdoissa käytön aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus					Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen					VE1 VE2 MVE1 VVE1 MVE2 MVE3 MVE4 VVE2 MVE5 VVE3				
	Kohtalainen					VE0				
	Suuri									
	Erittäin suuri									

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

7.6 Arvioinnin epävarmuudet

Arvioinnissa ei ole merkittäviä epävarmuustekijöitä olemassa olevaan tietoon pohjautuen. Yksityiskohtaiset tiedot hankealueen pohjaolosuhteista saadaan jatkosuunnittelun yhteydessä tehtävistä voimalapaikkojen ja energiansiirtoreittien tarkemmista pohjatutkimuksista. Myös haitta-aineiden osalta tehdään tarvittaessa täydentäviä tutkimuksia. Haitta-aineita on havaittu merituulivoimapuiston pohjoisosalla ja yhdessä kohdin MVE1/VVE1 merikaapeli-/vetyputkireitillä.

Merituulivoimapuiston pohjoiselta alueelta sekä MVE4/VVE2 ja MVE5/VVE3 reiteiltä ei ollut saatavilla tarkempaa pohjanlaatuaineistoa YVA-selostusta tehtäessä, mikä aiheuttaa lievää epävarmuutta tarkasteluun, mutta julkisesti saatavilla olevan aineiston voidaan katsoa täydentävän tietoja siinä määrin, ettei epävarmuutta jää liikaa.

7.7 Haittojen ehkäiseminen

Rakentaminen pyritään kohdistamaan alueille, joissa merenpohjan rakenne on rakentamiseen parhaiten soveltuvaa. Tarkempi kaapelien suunnittelu lähellä rantautumispaikkaa tehdään yhteistyössä eri sidosryhmien kanssa huomioiden tulevaisuuden alueidenkäyttötarpeet.

Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohjeessa (*Ympäristöministeriö 2015*) on esitetty keinoja ruoppauksen ja läjityksen ympäristöhaittojen hallintaan. Yksi keskeisistä haittojen ehkäisykeinoista on työnaikaisen kiintoaineen leviämisen ehkäisemiseksi käytettävät silttiverhot, joiden käyttö avomerialueella suurissa syvyyksissä on kuitenkin usein haasteellista: verhon ankkurointi syvään merenpohjaan sekä kovassa merenkäynnissä on vaikeaa. Lisäksi kiintoaineen leviämistä voidaan ehkäistä kuplaverhorakenteilla, joihin liittyy kuitenkin myös teknisiä haasteita pinta-alaltaan laajoissa ruoppauskohteissa. Edellä mainittujen menetelmien soveltuvuutta Laineen hankkeessa selvitetään suunnittelun edetessä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

8 ENERGIANSIIRTOREITTIEN RANTAUTUMISALUEIDEN KASVILLISUUS JA LUONTOTYYPIT

YHTEENVETO

- Merituulivoimapuiston alue sijaitsee kokonaan ulkomerellä, eikä siellä ole maa-alueita, kuten saaria tai luotoja. Merituulivoimapuistosta ei synny mantereen ranta-alueiden kasvillisuudelle vaikutuksia kummassakaan toteutusvaihtoehdossa (VE1, VE2).
- Merikaapelien ja vetyputkien reiteillä tai niiden läheisyydessä sijaitsee erikokoisia saaria, puuttomia kallioluotoja ja hiekkasärkkiä. Osalla saarista sijaitsee Metsähallituksen rajaamia perinnebiotooppeja ja ne kuuluvat osaksi Natura 2000 -aluerajauksia.
- Rantautumispaikoilla esiintyy mm. metsätalouskäytössä olevia kangasmetsiä, kosteita ja reheviä rantalehtoja, hiekkarantaa, ruovikoita ja merenrantaniittyä. Alueet ovat osin rakennettuja ja niillä sijaitsee lomarakennuksia, satamia ja teollisuusalueita.
- Osalla rantautumispaikoista sijaitsee luonnonsuojelulain 64 § ja 65 § mukaisia suojeltuja luontotyyppejä, perinnebiotooppeja ja metsälain 10 § erityisen tärkeitä elinympäristöjä.
- Rantautumispaikoilla ei havaittu uhanalaisia kasvilajeja, mutta MVE4 ja MVE5a esiintyi haitallisten vieraslajien kasvustoja.
- Eniten haittavaikutuksia rantautumispaikkojen kasvillisuudelle ja luontotyypeille syntyy merikaapelien vaihtoehdossa MVE3 (suuri vaikutus) sekä MVE2b (kohtalainen vaikutus) ja vähiten MVE1a, MVE2a, MVE4 vaikutusten ollessa vähäisiä. Vetyputkista eniten vaikutuksia syntyy vaihtoehdossa VVE1, jossa rakentamisenaikaiset vaikutukset ovat kohtalaisia, ja vähiten vaihtoehdossa VVE2, jossa vaikutukset ovat vähäisiä. Vaikutuksia voidaan tapauskohtaisesti lieventää huomioimalla arvokkaat kohteet hankkeen tarkemmassa jatkosuunnittelussa.
- Suojelualueet on käsitelty erikseen luvussa 11.

8.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Merituulivoimapuisto sijaitsee kokonaan ulkomerellä, eikä alueella ole maa-alueita, kuten saaria tai luotoja. Vaikutusarvioinnissa huomioitiin merikaapelien ja vetyputkien rantautumiskohtien vaikutukset kasvillisuuteen ja luontotyyppeihin rantavyöhykkeellä, sillä rakentaminen ei kohdistu merellä sijaitseville saarille tai luodoille. Vaikutusten arviointi vedenalaisiin luontotyyppeihin ja kasvillisuuteen on käsitelty erikseen luvussa 5.3. Mantereen vetyputkien ja maakaapelien reittien sekä vetyvaraston vaikutukset maaekosysteemin kasvillisuuteen ja luontotyyppeihin on arvioitu YVA-selostuksen Osiossa B.

Vaikutusarvioinnissa erityistä huomiota kiinnitettiin lähellä rantaa oleviin mantereen suojeltuihin ja uhanalaisiin luontotyyppeihin, metsäluonnon monimuotoisuuskohteisiin sekä uhanalaisiin, suojeltaviin kasvilajeihin. Vaikutusten arvioinnissa huomioitiin merikaapelien sekä vetyputken suorat ja epäsuorat vaikutuskanavat. Arvioinneissa on huomioitu sekä luonnonympäristössä tapahtuvat pysyvät muutokset että rakentamisaikaan rajoittuvat vaikutukset. Lisäksi arvioinnissa huomioitiin käytöstä poiston jälkeiset vaikutukset luonnonoloihin. Luontoon kohdistuvia, etenkin rakennusaikaisia, suoria vaikutuksia ovat muun muassa hankealueen kasvillisuuden poistaminen ja/tai muuttuminen sekä siitä aiheutuva epäsuorat vaikutukset, kuten reunavyöhykevaikutus ja erityisesti mahdolliset muutokset lähiympäristöjen kasvillisuudessa.

Vaikutusarviointi on toteutettu asiantuntija-arviointina LUOPAS-oppaan ”Luontoselvitykset ja luontovaikutusten arviointi” mukaisesti (*Mäkelä & Salo 2023*). Arviointityössä on hyödynnetty muista vastaavista hankkeista kertyneitä kokemuksia. Hankkeen vaikutuksia luonnonympäristöön, luontotyyppeihin ja suojelullisesti huomioitaviin lajeihin on arvioitu luontoselvityksen

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

tulosten, aiempien käytettävissä olevien selvitysten ja raporttien sekä avoimista tietokannoista saatujen tietojen perusteella.

Lähtötietoina on käytetty muun muassa maastokarttoja ja ilmakuvia sekä ympäristöhallinnon, Maanmittauslaitoksen ja Metsäkeskuksen avoimien tietokantojen aineistoja. Hankealueelta tunnetut uhanalaisten lajien havaintotiedot on tarkastettu Suomen Lajitietokeskuksesta (*2023*). Hankealueelle tehtiin kasvillisuus- ja luontotyyppiselvityksiä maastokaudella vuosina 2022 ja 2023 (*AFRY Finland Oy 2023*), joihin sisältyi myös rantautumisalueiden kartoitukset.

Vaikutusarvioinnit tehtiin kokeneiden biologien toimesta.

8.1.1 Kasvillisuus- ja luontotyyppiselvitykset rantautumisalueilla

Suunniteltujen merikaapelien ja vetyputkien rantautumispaikat selvitettiin kokonaisuudessaan vuonna 2022 (4.–8.7.2022) ja 2023 (21.–23.6.2023) tehdyissä maastoselvityksissä. Luonnon yleispiirteiden lisäksi maastossa kartoitettiin ja rajattiin mahdolliset luonnonsuojelulailla (7:64 §) suojellut luontotyypit ja metsälain (10 §) mukaiset metsäluonnon erityisen tärkeät elinympäristöt. Lisäksi kartoitettiin vesilain (2:11 §) mukaiset vesiluonnon suojelukohteet (lähteet, norot, alle hehtaarin lammet ja järvet) sekä (3:2 §) purot. Maastossa kartoitettiin myös uhanalaiset luontotyypit (*Kontula & Raunio 2018*). Lisäksi selvityksissä huomioitiin uhanalaiset, suojeltavat, harvalukuiset tai muutoin huomionarvoiset eliölajit (luonnonsuojeluasetuksen liite 4, *Hyvärinen ym. 2019*) sekä EU:n luontodirektiivin IV (a) liitteen lajien kasvupaikat ja elinympäristöt ja haitallisten vieraslajien esiintymät (*Vieraslajit.fi 2023*).

Selvitystulokset on raportoitu erillisessä luontoselvitysraportissa (liite 12).

Rantavyöhykkeen kartoitus on kuvattu tässä A-osassa kasvillisuuden osalta rannalla merenpinnan korkeimmasta tasosta ylöspäin eli ns. supralitoraalin vyöhykkeen[3] osalta. Selkeästi mantereen puolella kasvavaa kasvillisuutta ja luontotyyppejä on käsitelty erikseen YVA-selostuksen Osassa B.

8.2 Nykytila

8.2.1 Merituulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien alue

Merituulivoimapuiston alue sijaitsee kokonaan ulkomerellä, eikä siellä ole maa-alueita, kuten saaria tai luotoja.

Energiansiirtoreiteille sijoittuu erikokoisia saaria ja puuttomia kallioluotoja sekä hiekkasärkkiä. Osa saaristo on metsäisiä, ja niillä esiintyy myös kallioita, rantaniittyjä ja ruovikkoalueita. Erityisen paljon saaria esiintyy Pietarsaaren edustalla MVE4 ja MVE5 reitin varrella.

Merikaapelien rantautumispaikat sijoittuvat osittain ihmisvaikutteisille alueille, joissa vaihtelevat kivennäismaille sijoittuvat havupuuvaltaiset metsät, kosteammat lehtipuuvaltaiset rantalehdot, hiekkarannat, ruovikot ja merenrantaniityt. Alueilla sijaitsee lisäksi lomarakennuksia pihapiireineen, leirikeskus ja teollisuusalueita. Merikaapelien rantautumispaikkojen kasvillisuuden ja luontotyyppien yleiskuvaus on esitelty tarkemmin alla.

[3] Supralitoraalivyöhyke: Rannikot jaetaan vyöhykkeisiin, joita ovat mesolitoraali, supralitoraali ja infralitoraali. Mesolitoraali on varsinainen rantavyöhyke, jossa maa ja meri kohtaavat alati vaihtuvassa paikassa. Sen alarajana on matalimman merenpinnan taso ja ylärajana taso, jossa merenpinta on korkeimmillaan. Merenpinnan alinta korkeutta nimitetään hydrografiseksi nollapisteeksi. Supralitoraali käsittää rannan yläpuoliset alueet eli merenpinnan korkeimmasta tasosta mantereelle päin olevan vyöhykkeen. Siellä meren vaikutus on tavallisesti välillistä eli alueella vaikuttaa meri-ilmasto. Infralitoraali on rannan alapuolinen vyöhyke, jonka ylärajana on merenpinnan matalin taso. Tällä alueella ei ole täsmällistä alarajaa, vaan se on vyöhyke, jossa aallot ja tuulet aikaansaavat virtauksia**.** [https://fi.wikipedia.org/wiki/Rannikko]

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

8.2.2 Merikaapelien rantautumisalue

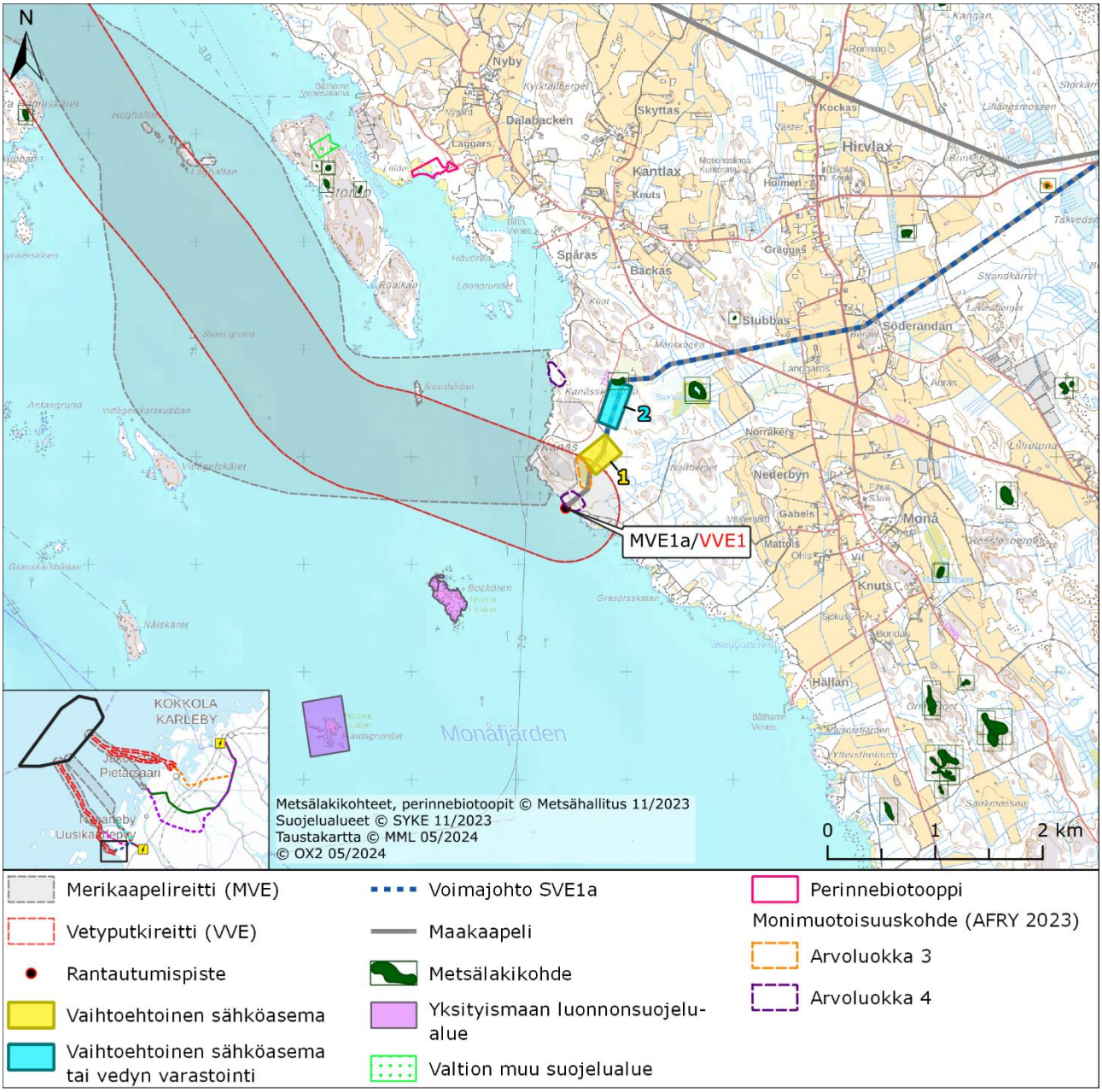
MVE1

MVE1a

Merikaapelireitti MVE1a tuodaan rantaan Uudenkaarlepyyn Kanäsin alueella (Kuva 8-1). Merikaapelin MVE1a rantautumiskohdassa Kanäsin niemialueella sijaitsee kivennäismaalle sijoittuvaa havupuuvaltaista rantametsää (Kuva 8-2). Alue on osittain luonnontilaisen kaltainen. Aidatun alueen sisäpuolelle sijoittuu entinen huoltovarmuuskeskuksen öljyvarasto, jossa ei ole tällä hetkellä toimintaa. Tontilla on maan alle kallioon louhittuja tyhjillään olevia öljyvarastoja, muutamia varastointirakennuksia ja rannassa laiturialueita sekä olemassa oleva voimajohto. Kanässkogarnan alueella sijaitsee tervaleppävaltaista rantametsää, joka vaihettuu havupuuvaltaiseksi metsäksi. Alueella sijaitsee lisäksi avoimeksi raivattu tontti, jonne oli sijoitettu selvitysajankohtana liikutettava saunarakennus.

Rantautumisalueen pohjoisosassa ja eteläosan läheisyydessä rajattiin kaksi monimuotoisuutta tukevaa (arvoluokka 4, *Mäkelä & Salo 2023*) kohdetta, jotka ovat tyypiltään kosteita keskiravinteisia lehtoja. Suomen Metsäkeskuksen (*2023*) rajaama metsälain 10 §:n erityisen tärkeä elinympäristö sijaitsee noin 530 etäisyydellä rantautumispaikasta itään. Tyypiltään alue on suoelinympäristö. Rantautumisalueella sijaitsee yksi arvokas luontokohde, Sjökärretin rantametsä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 8-1. Merikaapelin MVE1a ja vetyputken VVE1 rantautumispaikka ja läheiset arvokkaat luontokohteet Hirvlaxin alueella.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



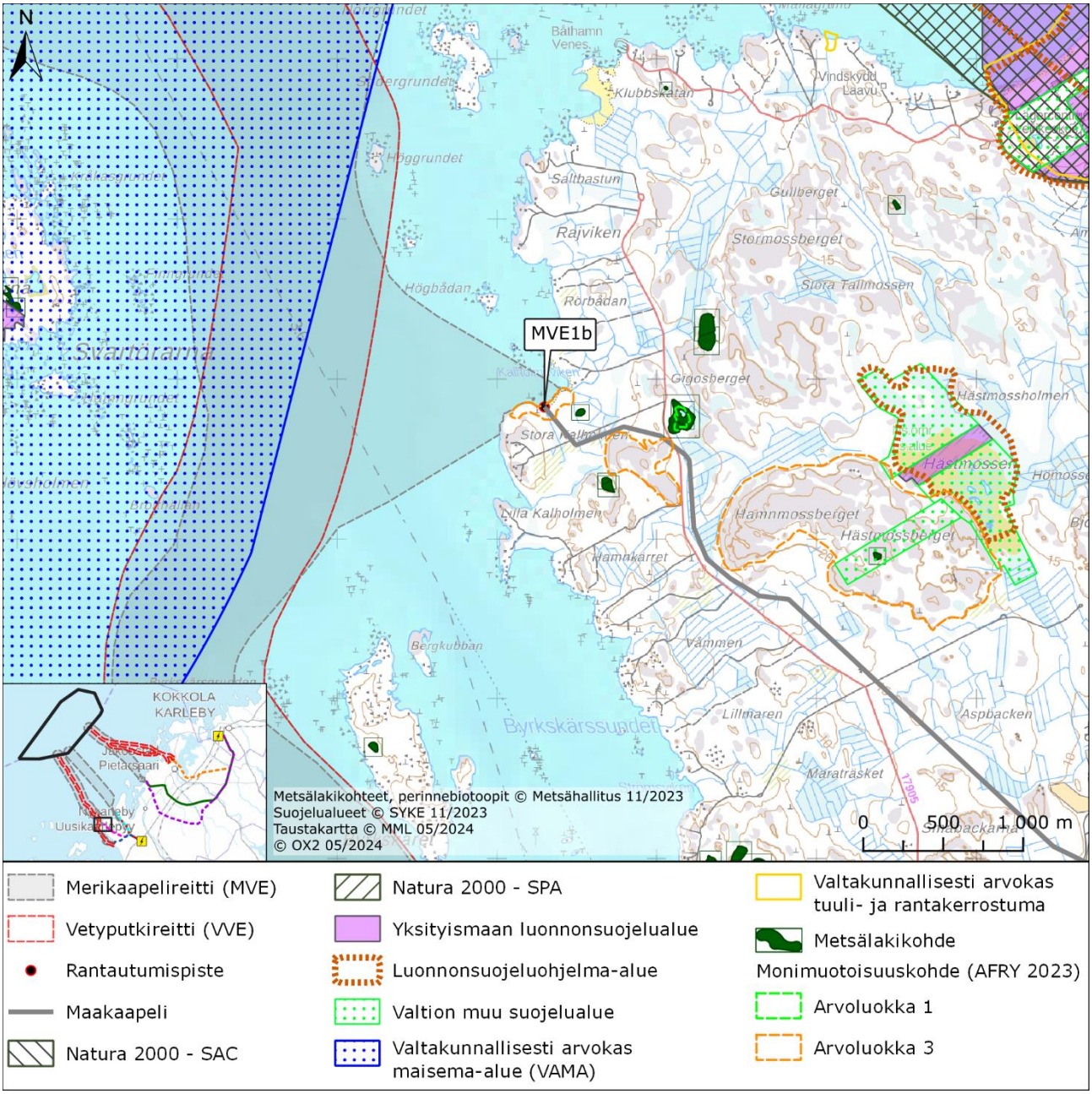
Kuva 8-2. Havupuuvaltainen rantametsä Kanässkogarnassa.

MVE1b

MVE1b merikaapelireitin rantautumiskohdassa Kalholmsvikenin alueella sijaitsee kivennäismaalle sijoittuvaa kallioista havupuuvaltaista metsää ja kapea rantakallioalue (Kuva 8-3). Rantautumispaikan pienialainen hiekkaranta vaihettuu reheväksi ja luonnontilaisen kaltaiseksi tervaleppä- ja kuusivaltaiseksi kosteaksi rantalehdoksi (Kuva 8-4). Ranta-alue on luonnontilaisen kaltainen, pois lukien muutaman lomarakennuksen pihapiirit.

Suomen Metsäkeskus (*2023*) on rajannut rantautumispaikan läheisyydestä metsälain 10 §:n erityisen tärkeän suoelinympäristön, joka sijoittuu noin 165 metrin etäisyydelle rannasta. Maastoselvitysten perusteella Kalholmsvikenin rantautumispaikan rehevä rantalehto rajattiin monimuotoisuutta turvaavana kohteena (arvoluokka 3, *Mäkelä & Salo 2023*).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 8-3. Merikaapelin MVE1b rantautumispaikka ja läheiset arvokkaat luontokohteet Hirvlaxin alueella.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 8-4. Rehevä ja kostea rantalehto Kalholmsvikenissä.

MVE2

MVE2a

Merikaapelireitti MVE2a tuodaan rantaan Uudenkaarlepyyn Korsörsuddenin alueella (Kuva 8-5). Rantautumispaikalla Helsingin kylän länsipuolella sijaitsee Korsörsuddenin pajukkoista merenrantaruovikkoa (Kuva 8-6). Kivennäismaalla sijaitsee rehevää lehtipuuvaltaista merenrantametsää. Rantautumispaikan eteläosassa on yleinen uimaranta. Alueelle sijoittuu lisäksi muutamia lomarakennuksia ja venevajoja.

Rantautumispaikalla tai sen läheisyydessä ei sijaitse Suomen Metsäkeskuksen (*2023*) rajaamia metsälain 10 §:n erityisen tärkeäitä elinympäristöjä. Rantautumisalueella ei havaittu maastoselvityksissä huomionarvoisia luontokohteita.

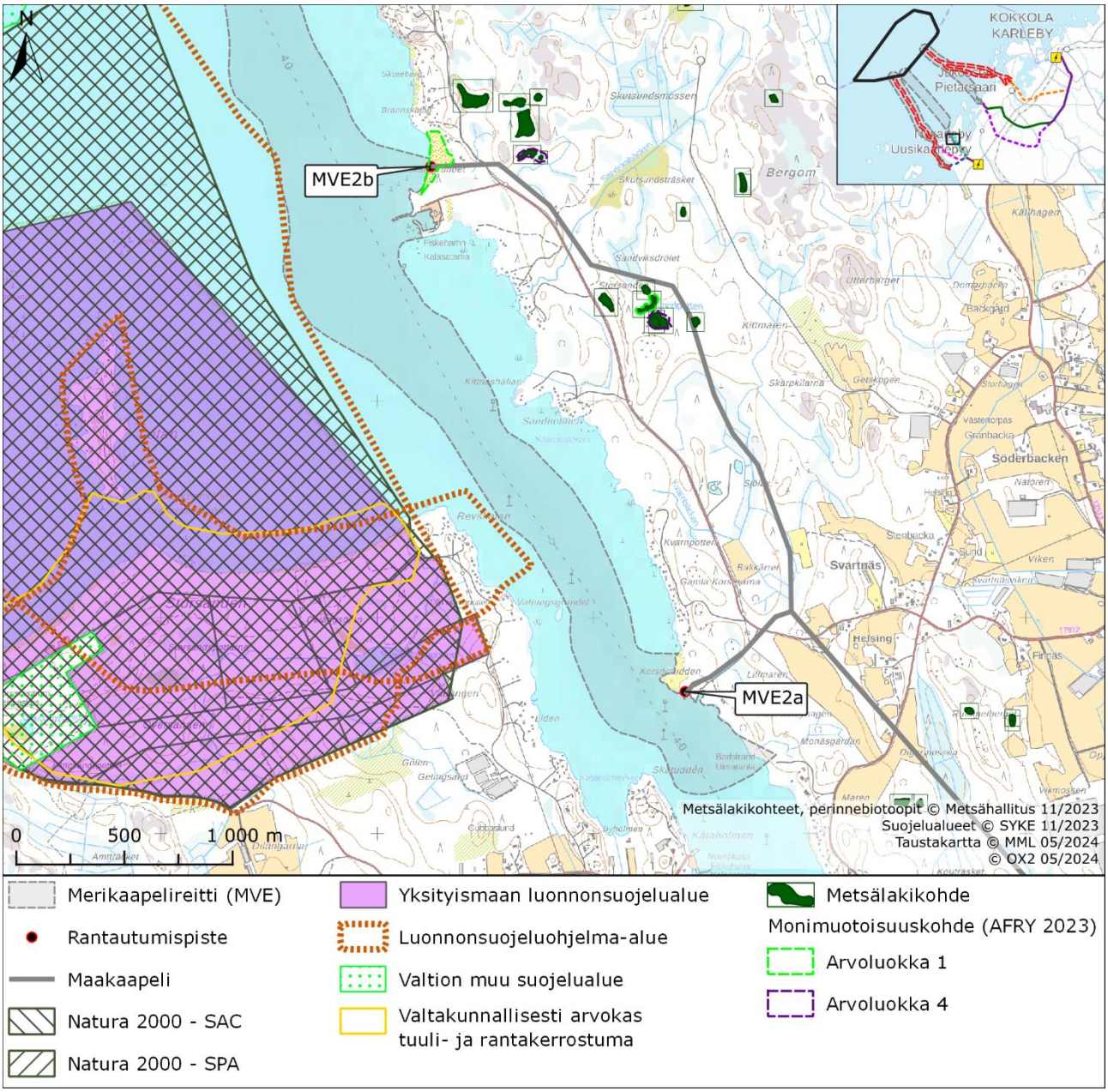
MVE2b

Merikaapelireitin MVE2b rantautumiskohdassa Brännskatagrundetissa sijaitsee kalasatama ja sen satama-alueet, missä ympäristö on ihmisvaikutteista (Kuva 8-5). Kalasataman pohjoispuolella sijaitsee edustava hiekkadyynialue, joka vaihettuu merenrannasta poispäin itään mentäessä hyvinkin tiheään ja kosteaan pajukkoon (Kuva 8-6). Metsäisemmät kivennäismaan alueet ovat havupuuvaltaisia ja niistä osalla on tehty hakkuita. Hiekkarannan alueella sijaitsee lisäksi muutamia loma-asuntoja.

Merikaapelin rantautumispaikasta Brännskatagrundetistä noin 500 metrin säteellä koillisessa sijaitsee kuusi Suomen Metsäkeskuksen (*2023*) rajaamaa metsälain 10 §:n erityisen tärkeää

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

suoelinympäristöä. Merikaapelin rantautumisalueelle sijoittuu yksi huomionarvoinen luontokohde, Brännskatagrundetin hiekkadyynit, joka on lainsäädännöllä turvattu kohde (arvoluokka 1, *Mäkelä & Salo 2023*).



Kuva 8-5. Merikaapelin MVE2a ja MVE2b rantautumispaikat ja niiden läheiset arvokkaat luontokohteet Vexalan lähistöllä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



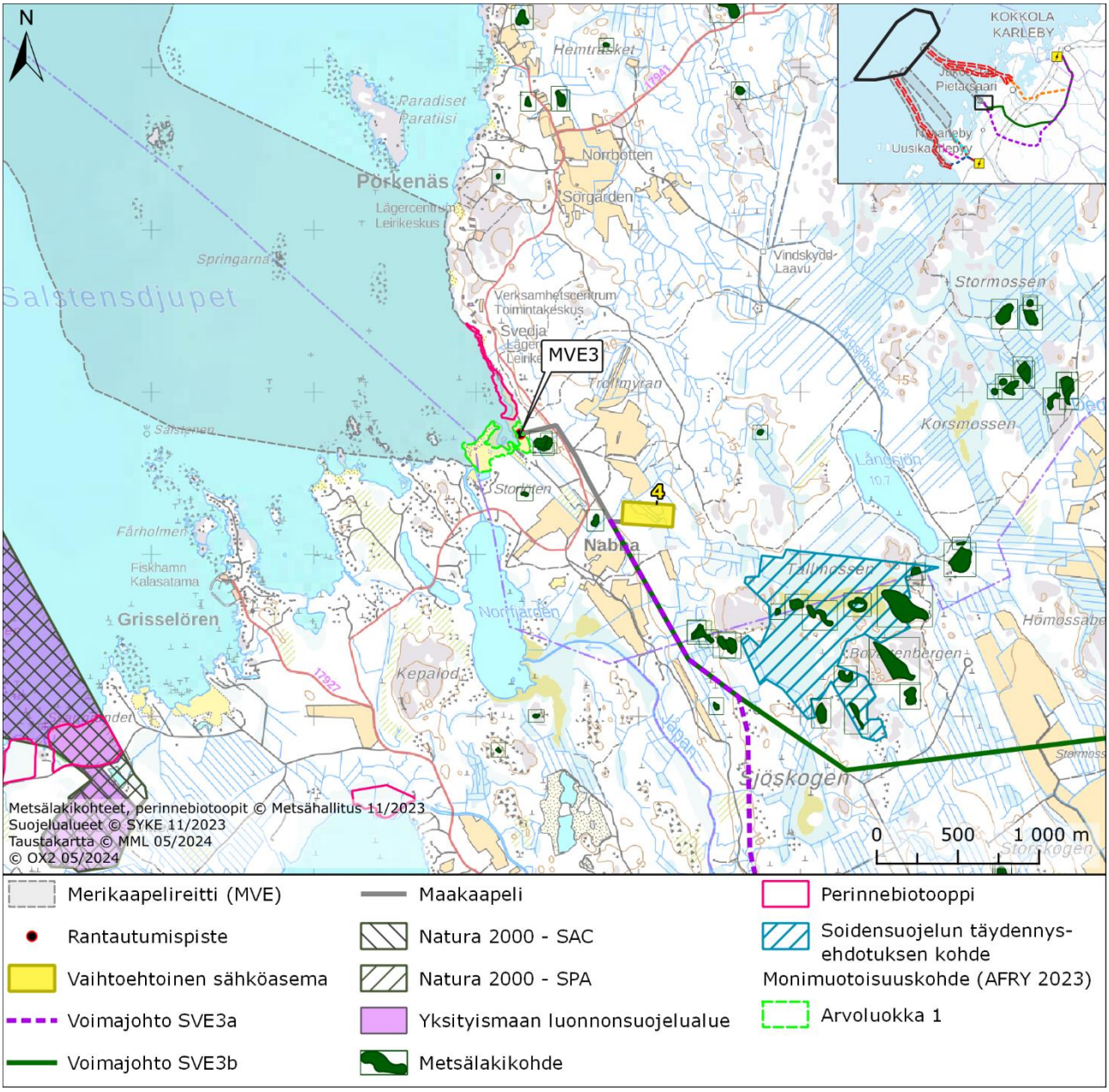
Kuva 8-6. Pajukkoista merenrantaruovikkoa MVE2a rantautumispaikalla (vas) ja MVE2b alueen hiekkadyynialue (oik).

MVE3

Merikaapelireitti MVE3 tuodaan rantaan Pietarsaaren Pörkenäsin/Nabban kohdalla. Rantautumiskohdassa Pörkenäsin ja Storlötenin välissä sijaitsee eri kokoisia hiekkarantoja sekä rantakalliota (Kuva 8-7). Alueen metsät ovat havupuuvaltaisia, sekapuustoisia kangasmetsiä, joissa risteilee luontopolun reittejä ja rannassa sijaitsee laavullinen nuotiopaikka. Paikoin esiintyy myös tiheitä merenrantapajukoita (Kuva 8-8). Storlötenin ranta-alueella sijaitsee laajempialainen merenrantaniitty ja rantaruovikko sekä merelle päin mentäessä hiekkasärkkä, jotka rajattiin lainsäädännöllä turvattuina (arvoluokka 1, *Mäkelä & Salo 2023*) kohteina (Kuva 8-8). Ranta-alueelle sijoittuu lisäksi kaksi leirikeskusta ja Merilän toimintakeskus sekä muutamia lomarakennuksia.

Rantautumisalueella sijaitsee Metsähallituksen (*2023a*) rajaama perinnebiotooppi. Rantautumisalueen läheisyydessä sijaitsee lisäksi noin 90 ja 340 metrin etäisyydellä Suomen Metsäkeskuksen (*2023a*) rajaamaa metsälain 10 §:n tarkoittamaa erityisen tärkeää suoelinympäristöä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 8-7. Merikaapelin MVE3 rantautumispaikka ja läheiset arvokkaat luontokohteet.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

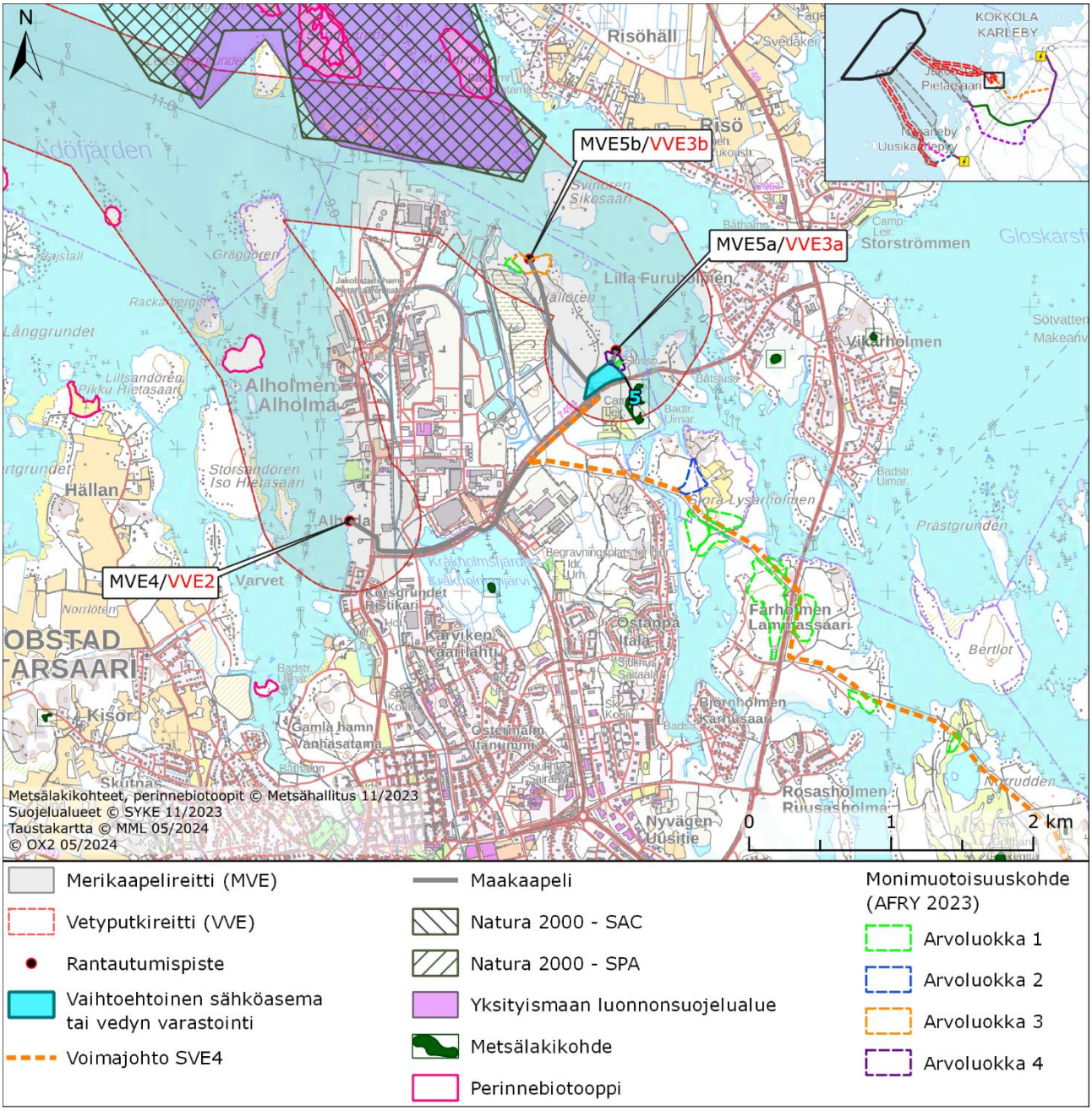


Kuva 8-8. Rannan kangasmetsää, jossa on ulkoilureittejä (vas) ja rantaniittyä (oik).

MVE4

Merikaapelireitin MVE4 rantautumisalueella Alholmassa ja Alhedassa ympäristö on voimakkaasti ihmisvaikutteista (Kuva 8-9). Alholmassa sijaitsee Pietarsaaren satama, joka on voimakkaasti ihmisvaikutteinen ja luonnontilaltaan muuttunut alue. Alueella sijaitsee pääasiassa asfaltoituja kenttiä ja satamarakennuksia sekä joutomaata. Alkuperäistä kasvillisuutta ei ole juurikaan jäljellä ja alueella sijaitsevien pienten metsäisten alueiden puuston ikä on nuorta. Satama-alueen rantapenkka on pengerretty ja muokattu. Alhedan alueella kasvaa nuorta lehtipuuvaltaista ja lehtomaista rantametsää, joka on paikoin ryteikköistä pajukkoa (Kuva 8-10). Merenrannassa kasvaa melko laajoja ruovikkoalueita (Kuva 8-10). Alueella sijaitsee lisäksi sähköasema ja asuinrakennuksia. Rantautumispaikalla tai sen läheisyydessä ei sijaitse Suomen Metsäkeskuksen (*2023*) rajaamia metsälain 10 §:n erityisen tärkeäitä elinympäristöjä, eikä alueelta rajattu maastoselvityksen perusteella huomionarvoisia luontokohteita. Alhedassa kasvaa lisäksi haitallista vieraslajia komealupiinia kasvustoina.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 8-9. Merikaapelien MVE4, MVE5a ja MVE5b sekä vetyputken VVE2, VVE3a ja VVE3b rantautumispaikat ja läheiset arvokkaat luontokohteet.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.




Kuva 8-10. Alhedan ryteikköistä rantametsää (vas) ja merenrannan ruovikkoa (oik).

MVE5

MVE5a

Merikaapelireitin MVE5a rantautumispaikka sijaitsee Hällörenintien ja nimettömän tieosuuden välisellä merenranta lahdelmalla (Kuva 8-9). Lahdella sijaitsee pengerretty ranta-alue, jossa on yleinen laituripaikka. Ranta-alueella kasvaa laajoja järviruovikoita ja kivennäismaalla lehtipuuvaltaista rantalehtoa ja tuoretta kuusivaltaista kangasmetsää. Ranta-alueella on runsaasti loma-asuntoja ja alue on yleisesti ihmisvaikutteinen. Rantautumispaikalla tai sen läheisyydessä ei sijaitse Suomen Metsäkeskuksen (*2023*) rajaamia metsälain 10 §:n erityisen tärkeäitä elinympäristöjä. Rantautumisalueen pieni luonnontilainen lampi rajattiin lainsäädännöllä turvattuna kohteena (arvoluokka 1, *Mäkelä & Salo 2023*) ja sitä ympäröivä lehto rajattiin monimuotoisuutta tukevana kohteena (arvoluokka 4).

MVE5b

Merikaapelireitin MVE5b rantautumispaikalla Nordkapissa esiintyy rantaruovikkoa ja rantaniityn sekoitusta (Kuva 8-9, Kuva 8-11). Rantaniitty vaihettuu kivennäismaalla alkuun pajukkoon ja tämän jälkeen reheväksi rantalehdoksi (Kuva 8-11). Alue on osittain ihmisvaikutteista, sillä merenrannan läheisyydessä sijaitsee loma-asuntoja ja niiden pihapiirejä. Rantatontit rajautuvat eteläosistaan Pietarsaaren sahan aidattuun teollisuusalueeseen. Rantautumisalueella Nissasören ranta-alueella sijaitsee Suomen Metsäkeskuksen (*2023*) rajaama metsälain 10 §:n erityisen tärkeä suoelinympäristö. Nordkapin alueelta havaittiin kaksi huomionarvoista kohdetta, joista rantalehto rajattiin monimuotoisuutta turvaavana kohteena (arvoluokka 3, *Mäkelä & Salo*) ja sen eteläpuolinen liito-oravan elinympäristömetsäalue lainsäädännöllä turvattuna kohteena (arvoluokka 1).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.




Kuva 8-11. Nordkapin osittain ruovikoitunutta rantaniittyä (vas) ja rehevää rantalehtoa (oik).

Arvokkaat kasvillisuus- ja luontotyyppikohteet

Merikaapelireitillä MVE4 sijaitsevista saarista osa on rajattu Metsähallituksen (*2023a*) perinnebiotooppikohteina. MVE4 ja MVE5 reittien saarista ja luodoista suurin osa kuuluu osaksi *Luodon saaristo* (FI0800132) Natura 2000 -aluerajausta.

Reittien MVE1a/b, MVE2b ja MVE3 rantautumispaikoilla esiintyy luonnonsuojelulain 7:64 §:n mukaisia suojeltuja luontotyyppejä. MVE2b rantautumispaikalla esiintyy alkiovaiheen dyynejä ja liikkuvia rantavehnädyynejä. MVE3 rantautumispaikalla esiintyy edellä mainittujen luontotyyppien lisäksi merenrantaniittyä ja Metsähallituksen (*2023a*) rajaama perinnebiotooppi. Luonnonsuojelulain 7:64 §:n mukaisia luonnontilaisia tai luonnontilaiseen verrattavia alueita ei saa muuttaa niin, että luontotyypin ominaispiirteiden säilyminen kyseisellä alueella vaarantuu (LSL 9/2023). ELY-keskus voi yksittäistapauksessa myöntää poikkeuksen 64 §:n kiellosta, jos kyseisen luontotyypin suojelutavoitteet eivät huomattavasti vaarannu tai luontotyypin suojelu estää yleisen edun kannalta erittäin tärkeän hankkeen tai suunnitelman toteuttamisen.

Lähteet ja pienet, alle 1 ha:n kokoiset, lammet ovat vesilain 2:11 §:n mukaisia luontotyyppejä. Merikaapelien rantautumispaikkojen läheisyydessä ei sijaitse lähteitä tai noroja. Lähimmät pienet alle hehtaarin kokoiset lammet, Storträsket (0,6 ha) ja Pippaneträsket (0,15 ha), sijaitsevat MVE1 merikaapelin rantautumispaikoista noin 750 metrin ja 1,3 kilometrin etäisyydellä idässä. Myös noin 75 metrin etäisyydellä MVE5b rantautumispaikasta sijaitsee pieni (0,07 ha) nimetön lampi. MVE2-, MVE3-, MVE4- ja MVE5b-merikaapelien rantapaikoilla ei sijaitse pieniä lampia. Rantautumisalueiden lähellä ei sijaitse luonnontilaisia tai luonnontilaisen kaltaisia jokia tai puroja.

Merikaapelin MVE3 rantautumispaikoilla tai niiden läheisyydessä 100 metrin säteellä sijaitsee yksi Metsäkeskuksen (*2023*) rajaama metsälain 10 §:n mukainen erityisen tärkeä elinympäristö. Kohde on suoelinympäristö ja sijaitsee noin 85 metrin etäisyydellä MVE3 rantautumispaikasta. Alueilla ei sijaitse geologisesti arvokkaita kohderajauksia (*GTK 2024b*).

Kaikki vuosien 2022–2023 maastoselvityksissä havaitut luontoarvokohteet on esitetty ja kuvattu tarkemmin luontoselvitysraportissa (liite 12). Luontoarvokohteet on esitetty myös tarkemmilla kartoilla erillisen luontoselvityksen liitteinä (liite 25).

Huomioitavien kasvi- ja sienilajien esiintymät

Reittien MVE1, MVE2, MVE4 ja MVE5 rantautumisalueilta ei ole aiempia havaintoja silmälläpidettävistä tai uhanalaisista kasvilajeista (*Suomen Lajitietokeskus 2023*). MVE3 rantautumisalueelta on yksi havainto silmälläpidettävästä (NT) vihnesarasta (*Carex paleacea*) (*Suomen Lajitietokeskus 2023*). Vuoden 2022 ja 2023 maastoselvityksissä merikaapelien rantautumispaikoilla ei havaittu uhanalaisia tai silmälläpidettäviä kasvilajeja (*AFRY Finland Oy 2023*).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Reittien MVE1–MVE3 rantautumispaikoilla ei havaittu merkittäviä vieraslajien esiintymiä vuonna 2022. Vuoden 2023 selvityksissä reitin MVE4 rantautumispaikalla Alhedassa havaittiin melko laaja komealupiinikasvusto (Kuva 8-12). Lisäksi MVE5a rantautumispaikan läheisyydessä Hällörenintien varressa kasvaa terttuseljaa ja sekä pensaskerrokseen levinnyttä valkokarhunköynnöstä (Kuva 8-12). Lisäksi MVE5b rantautumispaikalla on jättipalsamikasvusto. Sekä komealupiini että jättipalsami on luokiteltu haitallisiksi vieraslajeiksi (*Vieraslajit.fi 2023*). Havaintoja haitallisista vieraslajeista on tehty MVE5b rantautumispaikan läheisyydessä vuonna 2018 mm jättipalsamista (*Vieraslajit.fi 2023*). MVE4 rantautumispaikan lähellä Alholmientien varrelta on useita vieraslajihavaintoja vuosien 2016–2021 aikana mm. komealupiinista, jättipalsamista ja kurtturuususta. Aiempia vieraslajihavaintoja ei ole tehty MVE1, MVE2, MVE3 ja MVE5a rantautumispaikoilla (*Vieraslajit.fi 2023*).



Kuva 8-12. Komealupiinikasvusto Alhedassa (vas) ja Hällörenintien varren terttuseljapensas, jossa kasvaa seassa valkokarhunköynnöstä (oik).

8.2.3 Vetyputkireittien rantautumisalueet

Reittien VVE1–VVE3 reiteille sijoittuu erikokoisia saaria ja puuttomia kallioluotoja sekä hiekkasärkkiä. Osa saarista on metsäisiä ja niillä esiintyy myös kallioita, rantaniittyjä ja ruovikkoalueita. Erityisen paljon saaria esiintyy Pietarsaaren edustalla VVE2 ja VVE3 reittien varrella.

Vetyputkien rantautumispaikat sijoittuvat osittain ihmisvaikutteisille alueille, joissa vaihtelevat kivennäismaille sijoittuvat havupuuvaltaiset metsät, rantalehdot, hiekkarannat, ruovikot ja merenrantaniityt. Alueilla sijaitsee lisäksi lomarakennuksia pihapiireineen, leirikeskus ja teollisuusalueita. Vetyputkien rantautumispaikkojen kasvillisuuden ja luontotyyppien yleiskuvaus on esitelty tarkemmin alla.

VVE1

Reitin VVE1 rantautumiskohta sijoittuu lähes samalle alueelle merikaapelivaihtoehdon MVE1a kanssa. Rantautumiskohdassa Kanäsin niemialueella esiintyy kivennäismaalle sijoittuvaa havupuuvaltaista rantametsää sekä hankkeessa mahdollisesti rakennettava vaihtoehtoinen vetyvarasto (Kuva 8-1). Alue on osittain ihmisvaikutuksen alaista, ja aidatun alueen sisäpuolelle sijoittuu muutamia varastointirakennuksia sekä olemassa olevan voimajohdon loppuosa. Paikoin kallioisemmille alueille sijoittuu melko vanhaa, lähemmäs satavuotiasta puustoa. Kanäsin eteläosassa sijaitsee kuusivaltainen tuore metsä ja Lillträsketin luonnontilainen pieni suo. Rantautumispaikan eteläosassa sijaitsee loma-asuntoja. Rantautumispaikalla tai sen läheisyydessä ei sijaitse Suomen Metsäkeskuksen (*2023*) rajaamia metsälain 10 §:n erityisen tärkeäitä elinympäristöjä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

VVE2

Reitin VVE2 rantautumispaikka sijoittuu samalle alueelle merikaapelivaihtoehdon MVE4 rantautumispaikan kanssa (Kuva 8-9). Tällöin kasvillisuuden yleiskuvaus on sama kuin MVE4 kuvauksessa.

VVE3

Reitin VVE3a rantautumispaikka on sama kuin merikaapelivaihtoehdon MVE5a ja vetyputkella VVE3b se on sama kuin merikaapelilla MVE5b (Kuva 8-9). Kasvillisuuden yleiskuvaukset ovat näin ollen vastaavia merikaapelien kuvausten kanssa.

Arvokkaat kasvillisuus- ja luontotyyppikohteet

Reittien VVE1 ja VVE2 rantautumispaikoilla tai niiden läheisyydessä ei sijaitse vesilain 2:11 §:n mukaisia kohteita, kuten lähteitä, noroja tai pieniä alle hehtaarin kokoisia lampia. Ainostaan VVE3 rantautumispaikan läheisyydessä on yksi nimetön pieni (noin 0,07 ha) kokoinen lampi, joka on vesilain 2:11 §:n mukainen suojeltu vesiluontokohde. Vetyputkien rantautumispaikoille tai niiden läheisyyteen ei sijoitu Suomen Metsäkeskuksen (*2023*) rajaamia metsälain 10 §:n mukaisia erityisen tärkeitä elinympäristöjä tai geologisesti arvokkaita kohteita (*GTK 2024b*). Vuoden 2022 tai 2023 maastoselvityksissä ei havaittu kohteita, jotka voitaisiin tulkita metsälain 10 §:n mukaisiksi erityisen tärkeiksi elinympäristöiksi tai monimuotoisuuden kannalta arvokkaiksi kohteiksi.

Reitin VVE2 rantautumispaikan satama-alueella ei sijaitse luonnontilaista maastoa, ja VVE1 sekä VVE3 alueella ranta on muokattua ympäristöä. VVE1 ja VVE3 rantautumispaikalla havaitut yksittäiset huomionarvoiset luontotyypit on esitelty merikaapelien MVE1 ja MVE3 yhteydessä (Kuva 8-7). Vetyputkien rantautumispaikoilla ei esiinny luonnonsuojelulain 64 §:n mukaisia suojeltuja luontotyyppejä.

Huomioitavien kasvi- ja sienilajien esiintymät

Reittien VVE1 tai VVE3 rantautumispaikalla ei havaittu maastokäynnillä silmälläpidettäviä tai uhanalaisia kasvilajeja, eikä näistä ole tiedossa aikaisempia havaintoja alueelta (*Suomen Lajitietokeskus 2023*). Havaintoja haitallisista vieraslajeista ei tehty VVE1 alueella, eikä niistä ei ole tiedossa aiempia havaintoja (*Vieraslajit.fi 2023*). VVE3 rantautumispaikan alueella on tehty aiempia vieraslajihavaintoja muun muassa jättipalsamista ja vuonna 2023 maastoselvityksen yhteydessä havaittiin jättipalsamin lisäksi terttuseljaa ja valkokarhunköynnöstä.

Reitin VVE2 rantautumispaikan läheisyydessä ei ole havaittu silmälläpidettäviä tai uhanalaisia kasvilajeja vuosina 2000–2023 (*Suomen Lajitietokeskus 2023*). Lähimmät havainnot sijoittuvat Alhoman satama-alueen keskiosan paahteisemmille ruohokentille suunnittelualueen ulkopuolelle. Alueella on tehty havaintoja vuosien 2018–2023 aikana äärimmäisen uhanalaisesta (CR) vuorimunkista, erittäin uhanalaisesta (EN) sinikuusamasta sekä vaarantuneesta (VU) kenttäorakosta (*Suomen Lajitietokeskus 2023*), jotka ovat myös koko maassa rauhoitettuja kasvilajeja. Lisäksi teollisuusalueella on havaittu silmälläpidettävää (NT) kelta-apilaa ja kesämaitiaista (*Suomen Lajitietokeskus 2023*). Rantautumispaikan läheisyydessä on tehty useita havaintoja haitallisista vieraslajeista, kuten komealupiinista ja jättipalsamista (*Vieraslajit.fi 2023*). Havainnot sijoittuvat yli 100 metrin etäisyydelle rantautumispaikasta. Alhedan alueella havaittiin lisäksi vuoden 2023 selvityksissä komealupiinia.

8.3 Vaikutusten arviointi

8.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

8.3.1.1 Merituulivoimapuisto

Merituulivoimapuiston alue sijaitsee kokonaan ulkomerellä eikä siellä ole maa-alueita, kuten saaria tai luotoja, joiden kasvillisuuteen kohdistuisi suoria vaikutuksia rakentamisen, toiminnan tai toiminnan päättymisen aikana. Epäsuoria vähäisiä mahdollisia vaikutuksia rantakasvillisuuteen voi

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

aiheutua esim. merituulivoimapuiston rakentamiseen käytettävien satamien ranta-alueisiin tai alusten kulkureittien lähellä oleviin saariin lisääntyneen alusliikenteen aallokkovaikutuksen myötä. Rakentamisen kestoksi on arvioitu noin 3 vuotta, joten rakentamisen mahdolliset välilliset vähäiset vaikutukset ovat ajallisesti rajallisia.

8.3.1.2 Merikaapelien ja vetyputkien rantautumispaikat

Tässä vaiheessa ei ole tarkempaa tietoa, mihin tarkkaan kohtaan rantautumisalueella merikaapelit rantautuvat, vaan ne tarkentuvat hankkeen edetessä lupavaiheeseen. Merikaapelit vaativat noin 80 metrin leveydeltä ranta-aluetta, josta ne tuodaan maihin. Riippuen maaperäolosuhteista merikaapelit voidaan rantautumisalueella joko kaivaa suojaan maahan tai käyttää erilaisia erikoistekniikoita kuten suuntaporausta kaapelien tuomiseksi rantaan. Merikaapelin rantautumisen jälkeen sähkönsiirto tapahtuu maakaapelilla. Kaapelin pituus riippuu rantautumisalueesta ja tarkempi pituus määrittyy jatkosuunnittelussa. Mantereelle sijoittuvan maakaapeliosuuksien tarkemmat kuvaukset ja vaikutukset on arvioitu YVA-selostuksen B-osassa.

Vetyputken asennustapoja rantautumisalueella ovat joko vaakasuuntaiseen suuntaporaus tai avoimen ojan kaivaminen kaapelikaivannon tapaan. Rantautumispaikan tarvittava leveys on joitakin kymmeniä metrejä. Jos asennuksessa käytetään avointa ojaa, alue maisemoidaan. Putkilinjan alueella metsänkasvatus on rajoitettua.

Merikaapelien ja vetyputkien vaikutukset rantautumisalueen kasvillisuuteen ja luontotyyppeihin keskittyvät hankkeen rakennusvaiheeseen, jonka myötä osa alueen luonnonympäristöstä muuttuu rakennetuksi ympäristöksi. Merikaapelit MVE1a/b, MVE2a/b, MVE3, MVE5a/b sekä vetyputket VVE1 ja VVE3 rantatuvat pääosin neitseellisille alueille, joissa ympäristö on eritasoisesti luonnontilaista. Merikaapelin MVE4 ja vetyputken VVE2 osalta rantautuminen tapahtuu ihmisvaikutteisella alueella Alholman teollisuusalueen läheisyydessä, missä vaikutus luontoon on pienempi. Kaapelien ja vetyputken kaivaminen kaapeliojiin hävittää kaivupaikalta kasvillisuuden ja luontotyypit. Kaapeliojan päälle kasvaa ajan saatossa alueen tavanomaista kasvillisuutta, mutta alueella esiintyvien uhanalaisten tai huomioitavien kasvilajien palautuminen alueelle riippuu mm. kasvuolosuhteista ja siemenpankin säilymisestä.

Merikaapelien ja vetyputkien rantautuminen aiheuttaa avohakkuun kaltaisia vaikutuksia rannan metsäalueilla, mikä pirstoo alueita, lisää reunavaikutusta ja voi hävittää pienialaisia kohteita. Ranta-alueella rakentaminen voi myös osittain lisätä kiintoainekuormitusta ranta-alueella rehevöittäen luontotyyppejä sekä samentaen rantavettä. Työkoneilla liikkuminen kuluttaa myös alueen kasvillisuutta. Osa rakentamisenaikaisista vaikutuksista on osittain palautuvia.

Mantereen rakentamisalueilla esiintyy todennäköisesti happamia sulfaattimaita, jonka mineraalit voivat muodostaa ilman ja veden kanssa kosketuksiin päästessään rikkihappoa, joka liuottaa maaperästä metalleja jopa niin paljon, että happamat ja metallipitoiset valumavedet ovat myrkyllisiä alapuolisten vesistöjen eliöstölle. Lisäksi happamoituneet valumavedet voivat vaurioittaa kasvillisuutta. Oikeaoppisella maan- ja vesienkäsittelyllä sekä -hallinnalla voidaan kuitenkin välttää kasvillisuuteen ja luontotyyppeihin kohdistuvia haittavaikutuksia.

Merikaapelien ja vetyputkien rantautumisalueilla on lehtoja ja havupuuvaltaisia rantametsiä, laajoja ruovikkoalueita, jotka ovat kehittyneet rehevöitymisen sekä perinteisen laiduntamisen vähenemisen seurauksena, sekä hiekkarantaa. Rantautumisalueilla esiintyy myös luonnonsuojelulain 64 § ja 65 § luontotyyppejä, joihin voi kohdistua vaikutuksia kaapelien kaivuutöiden vuoksi.

Epäsuoria mahdollisia vähäisiä vaikutuksia kasvillisuuteen ja luontotyyppeihin voi lisäksi aiheutua rakentamiseen liittyvän kasvavan alusliikenteen myötä satamien ja kulkureittien läheisillä rannoilla. Rakentamisen kestoksi on arvioitu noin 3 vuotta, joten rakentamisen mahdolliset välilliset vähäiset vaikutukset ovat ajallisesti rajallisia.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 8-1. Merikaapelien rantautumisalueella tai alle 200 metrin etäisyydellä sijaitsevat luontoarvokohteet ja hankkeen vaikutukset niihin. Kohteiden sijainnit on esitetty liitteenä x olevilla kartoilla. Uhanalaisuusluokat: CR = äärimmäisen uhanalainen, EN = erittäin uhanalainen, VU = vaarantunut, NT = silmälläpidettävä, ei uhanalainen, LC = säilyvä. Luontotyyppien uhanalaisuus ilmoitettu järjestyksessä Etelä-Suomi/koko maa. Arvoluokitus (Mäkelä & Salo 2023): luokka 1 = Lainsäädännöllä turvattu kohde, luokka 2 = Erityisen tärkeä kohde, luokka 3 = Monimuotoisuutta turvaava kohde, luokka 4 = Monimuotoisuutta tukeva kohde. Vaikutusarvioinnissa käytetyt värit kts. ns. Imperia-taulukko (Taulukko 8-2, missä punaiset sävyt kuvaavat vaikutukset kielteisyyttä ja väri tummenee vaikutuksen suuruuden mukaan).

Kohde ja kuvaus	Reittivaihtoehto	Arvoluokka	Vaikutus
1. Kanässkogarnan ja Sjökärretin rantametsä. Kostea keskiravinteinen lehto (NT/NT)	MVE1a ja VVE1 rantautumisalue	4	Merikaapelin ja vetyputken rantautumiskohta, merikaapelit vaativat noin 80 metrin leveydeltä ranta-aluetta, josta ne tuodaan maihin. Vetyputkella tarvittava alue on joitakin kymmeniä metrejä. Kaapelin kaivaminen hävittää luontotyypin kaivuualalta samalla pirstoen sitä, ja aiheuttaa muutoksia alueen kasvillisuudelle. Vaikutukset ovat osittain palautuvia. Kohde supistuu ja muuttuu, joten suuri kielteinen vaikutus.
4. Kalholmsviken hiekkaranta ja Stora Kalhomenin rantalehto. Tervaleppäluhta (EN/EN), kostea keskiravinteinen lehto (NT/NT).	MVE1b rantautumispaikka	3	Merikaapelin rantautumiskohta, merikaapelit vaativat noin 80 metrin leveydeltä ranta-aluetta, josta ne tuodaan maihin. Kaapelin kaivaminen hävittää luontotyypin kaivuualalta samalla pirstoen sitä, ja aiheuttaa muutoksia alueen kasvillisuudelle. Vaikutukset ovat osittain palautuvia. Kohde supistuu ja muuttuu, joten suuri kielteinen vaikutus.
8. Brännskatagrundetin hiekkaranta. Hiekkadyyni, luonnonsuojelulain 65 §:n luontotyyppi, ei rajattu esiintymä. Liikkuva alkiovaiheen dyyni (EN/EN), rantavehnädyynit (VU/VU)	MVE2b rantautumispaikka	1	Merikaapelin rantautumiskohta, merikaapelit vaativat noin 80 metrin leveydeltä ranta-aluetta, josta ne tuodaan maihin. Kaapelien kaivaminen hävittää luontotyypin kaivuualalta. Mikäli kaapelit tuodaan rantaan suuntaporaamalla jäävät vaikutukset luontotyypille vähäisemmäksi. Luonnonsuojelulailla suojellun luontotyypin hävittäminen ja heikentäminen edellyttää poikkeusluvan hakemista.
12. Nabba merenranta. Merenrantaniitty ja hiekkadyynit, luonnonsuojelulain 64 ja 65 §:n luontotyyppi, ei rajattu esiintymä. Korkeakasvuinen merenrantaniitty (CR/CR), alkiovaiheen dyynit (EN/EN) ja rantavehnädyynit (VU/VU).	MVE3 rantautumispaikka	1	Merikaapelin rantautumiskohta, merikaapelit vaativat noin 80 metrin leveydeltä ranta-aluetta, josta ne tuodaan maihin. Kaapelien kaivaminen hävittää luontotyypin kaivuualalta. Mikäli kaapelit tuodaan rantaan suuntaporaamalla jäävät vaikutukset luontotyypille vähäisemmäksi. Luonnonsuojelulailla suojellun luontotyypin hävittäminen ja heikentäminen edellyttää poikkeusluvan hakemista.
18. Nordkap rantalehto ja -niitty. Kostea keskiravinteinen lehto (NT/NT), korkeakasvuinen merenrantaniitty (CR/CR). Ei täytä luonnonsuojelulain 64 §:n luontotyypin määritelmää.	MVE5b/VVE3b rantautumispaikka	3	Merikaapelin rantautumiskohta, merikaapelit vaativat noin 80 metrin leveydeltä ranta-aluetta, josta ne tuodaan maihin. Kaapelien kaivaminen hävittää luontotyypin kaivuualalta ja kohde supistuu sekä pirstoutuu voimakkaasti.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kohde ja kuvaus	Reittivaihto-ehto	Arvo-luokka	Vaikutus
19. Hällören rantalehto ja lampi. Vesilain 2:11§ mukainen alle 1 ha kokoinen lampi. Keskiravinteinen lehto (VU/VU).	MVE5a/VVE3a rantautumis-paikka	1 & 4	Merikaapelin rantautumiskohta, merikaapelit vaativat noin 80 metrin leveydeltä ranta-aluetta, josta ne tuodaan maihin. Kaapelien kaivaminen hävittää luontotyypin kaivuualalta ja kohde häviää lähes kokonaan. Kaivanto voi aiheuttaa muutoksia lammen vesitalouteen. Vesilain luontotyypin vaarantaminen edellyttää poikkeuslupaa.

8.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset

Merikaapelien ja vetyputkien normaalin toiminnan aikana ei arvioida syntyvän uusia vaikutuksia kasvillisuuteen rantautumisalueilla. Vaikutuksia voi syntyä poikkeustilanteessa, mikäli alueella joudutaan kaivamaan kaapelia tai vetyputkea esiin niiden korjaamisen vuoksi.

8.3.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset

Merikaapelien ja vetyputken purkamisen vaikutukset ovat pitkälle vastaavia kuin rakennustöiden vaikutukset. Vaikutusten voimakkuus riippuu siitä mitä rakenteita poistetaan ja kauanko purkuvaihe kestää. Merikaapelien ja vetyputken purkutöistä aiheutuu väliaikaisia häiriövaikutuksia, kun maata kaivetaan ja purkualueilla liikutaan työkoneilla. Purkamisen jälkeen maakaapelien luontotyypit ja kasvillisuus saavat ennallistua luontaisesti. Ennallistuminen tapahtuu erilaisilla kasvupaikoilla eri nopeudella. Palautumiseen vaikuttaa myös maakaapelin purkamisen jälkeinen maankäyttö, josta ei hankkeen tässä vaiheessa ole vielä tietoa.

8.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

Mikäli hanke jätetään toteuttamatta, aiemmin esitettyjä vaikutuksia kasvillisuuteen tai luontotyypeille ei aiheudu.

8.4 Yhteisvaikutukset

Laineen merituulivoimahankkeen merikaapelien ja vetyputkien rantautumisalueiden läheisyydessä ei sijaitse hankkeita, joilla tunnistettaisiin olevan merkittäviä yhteisvaikutuksia alueen kasvillisuuteen ja luontotyyppeihin. Reitit MVE4/VVE2 ja MVE5/VVE3 rantautuvat Alholman satama-alueelle, jossa on nykyisellään teollisia toimintoja. Satama- ja teollisuusalueella ei sijaitse merkittäviä luontoarvoja sen ollessa voimakkaasti ihmisvaikutteista ja rakennettua ympäristöä.

Lähimmän merituulivoimahankkeen, Kappa (*Njordr Offshore Wind AB 2022*), raja sijaitsee Ruotsin talousvyöhykkeellä noin kilometrin etäisyydellä Laineesta. Viimeisimmän tiedon mukaan Kappan hankealuetta on muutettu siten, että se on kiinni talousvyöhykkeen rajassa, ollen nyt noin 100 metrin etäisyydellä Laineen hankealueesta *(Statkraft Offshore Wind AB 2024*), mutta lähin voimala tulee sijaitsemaan vähintään kilometrin etäisyydellä Laineen voimalasta. Laineen ja Kappan merituulivoimapuistolla ei arvioida olevan rakentamisen tai käytön aikaisia yhteisvaikutuksia Suomessa sijaitsevien lähimpien saarien tai ranta-alueiden kasvillisuuteen tai luontotyyppeihin.

8.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys

Merituulivoimapuiston alue sijaitsee kokonaan ulkomerellä, eikä siellä ole maa-alueita, kuten saaria tai luotoja. Merituulivoimapuistosta ei synny mantereen ranta-alueiden kasvillisuudelle vaikutuksia kummassakaan toteutusvaihtoehdossa (VE1, VE2).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merikaapelien ja vetyputkien rantautumispaikoilla on eroa kasvillisuuteen ja luontotyyppeihin kohdistuvien vaikutusten suuruudessa. Vaikutukset keskittyvät kaikissa vaihtoehdoissa pääosin rantautumispaikkojen rakennusvaiheeseen, jolloin kasvillisuuteen ja luontotyyppeihin kohdistuu eniten vaikutuksia. Toiminnan aikaiset vaikutukset eivät eroa vaihtoehtojen välillä. Eniten haitallisia vaikutuksia kasvillisuudelle ja luontotyypeille arvioitiin syntyvän merikaapelin hankevaihtoehdossa MVE3, joka sijoittuu luonnonsuojelulain 64 §:n ja 65 §:n mukaiselle luontotyypille ja Metsähallituksen (*2023a*) rajaamalle perinnebiotoopille. Vähiten haitallisia vaikutuksia arvioitiin syntyvän hankevaihtoehdossa MVE4, joka sijoittuu Pietarsaaren sataman ja sahan teollisuusalueen läheisyyteen. Vetyputkien osalta eniten haittavaikutuksia arvioitiin syntyvän vaihtoehdoissa VVE1 ja VVE3, sekä vähiten VVE2, joka sijoittuu samalla alueelle MVE4 kanssa.

Merikaapeli- ja vetyputkireittien herkkyys muutoksille kasvillisuuden ja luontotyyppien osalta arvioitiin vähäiseksi MVE1a, MVE2a ja MVE4/VVE4 osalta, koska alueet ovat pitkälti ihmisen muokkaamia, kohtalaiseksi MVE1b, MVE5a/b, VVE2 ja VVE3, koska alue on osin luonnontilainen ja suureksi MVE2b ja MVE3 osalta, koska alueella sijaitsee luonnonsuojelulain 65 § luontotyyppejä. Rantautumispaikoilla esiintyy huomionarvoisia kohteita, joista osa on luonnonsuojelulain 64 § ja 65 § mukaisia, mutta osa on luokiteltu monimuotoisuutta turvaaviin ja tukeviin kohteisiin (arvoluokat 3 ja 4, *Mäkelä & Salo 2023*).

Merikaapelien MVE1a, MVE2a, MVE4, MVE5a sekä vetyputkien VVE2 ja VVE3 rantautumispaikkojen rakentamisen aikaiset vaikutukset kasvillisuuteen ja luontotyyppeihin on arvioitu kokonaisuudessaan vähäisen kielteisiksi. Vaihtoehtojen MVE1b, MVE2b, MVE5b sekä VVE1 vaikutukset arvioitiin kohtalaisen kielteisiksi. Merikaapelin MVE3 osalta vaikutukset arvioitiin suuriksi. Toiminnan aikana ei synny enää uusia vaikutuksia, mikäli aluetta ei jouduta kaivamaan korjaamistöiden vuoksi. Tällöin vaikutukset ovat korkeintaan vähäisiä.

Oheisiin taulukoihin (Taulukko 8-2 ja Taulukko 8-3) on koottuna Laineen merituulivoimapuiston (VE1, VE2), merikaapelien (MVE1–MVE5) ja vetyputkien (VVE1–VVE3) toteutusvaihtoehtojen arvioidut vaikutukset kasvillisuuteen ja luontotyyppeihin verrattuna nykytilanteeseen ja hankkeen toteuttamatta jättämiseen (VE0). Vaikutusten merkittävyyden arvioinnissa ei ole huomioitu lieventämistoimia.

Taulukko 8-2. Vaikutusten merkittävyys kasvillisuuden ja luontotyyppien osalta eri hankevaihtoehdoissa rakentamisen aikana. Arvioinnissa ei ole huomioitu lieventämistoimia.

Vaikutuksen merkittävyys		**Negatiivinen**			**Muutoksen suuruus**					**Positiivinen**
		Erittäin suuri	**Suuri**	**Kohtalainen**	**Vähäinen**	**Ei muutosta**	**Vähäinen**	**Kohtalainen**	**Suuri**	**Erittäin suuri**
Kohteen herkkyys	**Vähäinen**				**MVE1a MVE2a MVE4 VVE2**					
	Kohtalainen			**MVE1b MVE5b VVE1**	**VVE3 MVE5a**	**VE0 VE1 VE2**				
	Suuri		**MVE3**	**MVE2b**						
	Erittäin suuri									

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 8-3. Vaikutusten merkittävyys kasvillisuuden ja luontotyyppien osalta eri hankevaihtoehdoissa toiminnan aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus				Positiivinen	
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen				MVE1 MVE2 MVE3 MVE4 MVE5 VVE1 VVE2 VVE3	VE0 VE1 VE2				
	Kohtalainen									
	Suuri									
	Erittäin suuri									

8.6 Arvioinnin epävarmuudet

Kasvillisuuteen ja luontotyyppeihin kohdistuvien vaikutusten arvioinnissa epävarmuustekijöitä on melko vähän, sillä lähtötietojen ja maastoinventoinnin perusteella alueen luonnonarvojen sijoittuminen tunnetaan hyvin. Epävarmuus aiheutuu merikaapelin tutkimusalueiden laajuudesta. Vaikutusarviointi on tehty varovaisuusperiaatteita noudattaen suurimman mahdollisen haitan mukaan. Vaikutusarvioinnin tekijöillä on laaja kokemus erilaisista luontovaikutuksista, jonka pohjalta vaikutusarviointiin ei jää merkittäviä epävarmuuksia.

8.7 Vaikutusten lieventäminen

Haitallisia vaikutuksia voidaan ehkäistä ja lieventää tekemällä tarkempaa merikaapelien ja vetyputkien reittisuunnittelua luvitusvaiheessa ja ottamalla edellä mainitut arvokohteet huomioon. Näillä pystytään huomioimaan mm. uhanalaisten tai huomioitavien lajien esiintymät sekä pienialaiset arvokohteet.

Kasvillisuudelle ja luontotyypeille aiheutuvia suoria rakentamisen aikaisia vaikutuksia kuten maanpinnan rikkoutumista ja kasvillisuuden kulumista, voidaan vähentää ajoittamalla mahdollisuuksien mukaan työt talviaikaan tai käyttämällä telapohjaista kalustoa. Talvella routa vähentää huomattavasti maaperän rikkoutumista, mikä korostuu etenkin kosteikkokohteilla. Tarvittaessa arvokkaat kohteet voidaan merkitä maastoon kaapelin rakentamisajaksi, jolloin vältytään erityisesti rakentamisalueen lähellä olevien luontoarvojen vaurioitumisesta.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

9 ELÄIMISTÖ

YHTEENVETO

- Merituulivoimapuisto sijoittuu avomerelle eikä alueella ole saaria tai luotoja. Alueella esiintyy satunnaisesti hylkeitä ja alueelle voi kohdistua esimerkiksi hylkeiden vuodenaikaisvaelluksia, mutta alueella ei ole niiden levähdyspaikkoja (ks. merinisäkkäät luku 5).
- Alueella lepakoiden meren yli suuntautuva muutto on todennäköisesti hyvin vähäistä.
- Merituulivoimapuiston vaikutukset ovat vaihtoehdossa VE2 pienemmät kuin vaihtoehdossa VE1, sillä VE2 voimaloiden määrä on vähäisempi. Molemmissa vaihtoehdoissa vaikutukset ovat vähäiset.
- Rantautumisalueille tehtiin maastoselvitykset viitasammakon ja liito-oravan osalta vuosina 2022–2023.
- Merikaapelien ja vetyputkien rantautumisalueella esiintyy suojelullisesti arvokkaasta lajistosta suurpetoja, liito-oravaa, saukkoja ja pohjanlepakkoa.
- MVE5/VVE3 rantautumispaikalla havaittiin liito-oravan elinpiiri, johon voi kohdistua haitallisia vaikutuksia riippuen rantautumispaikan valinnasta ja tarkemmasta reittisuunnittelusta. Energiansiirtoreittien MVE1, MVE2 ja VVE1 rantautumisalueet sijoittuvat Jeppon susilauman reviirille. Vaikutukset reviiriin ovat epätodennäköisiä.
- Vaikutukset muuhun eläimistöön arvioitiin korkeintaan vähäisiksi.
- Merikaapeleista ja vetyputkista vähiten eläimistövaikutuksia syntyy vaihtoehdoissa MVE1–MVE4 ja MVE5b sekä VVE1–VVE2. Eniten heikentäviä vaikutuksia syntyy vaihtoehdossa MVE5a ja VVE3.

9.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Merituulivoimapuiston alue sijaitsee kokonaan ulkomerellä eikä siellä ole maa-alueita kuten saaria tai luotoja. Merikaapelit tai vetyputket eivät sijoitu saarille tai luodoille. Mantereen eläimistön vaikutusarviointi käsittää merikaapelien ja vetyputkien rantautumispaikan arvioinnin. Mantereen eläimistön osalta vaikutusarviointi on tehty Laineen YVA-selostuksen B-osiossa, jossa on käsitelty myös mantereelle sijoittuvien maakaapelien, vetyputkien ja -varaston sekä voimajohtojen vaikutukset. Hankkeen maa-alueiden eläimistöön kohdistuvat vaikutukset syntyvät pääasiassa elinympäristömuutoksista sekä rakentamisen ja toiminnan aikaisista häiriövaikutuksista.

Vaikutukset merialueen linnustoon on käsitelty luvussa 10. Vaikutukset kaloihin ja merinisäkkäisiin, kuten hylkeisiin on käsitelty luvuissa 5.3 ja 6.3.

Merituulivoimapuiston, merikaapelien sekä vetyputkien välittömät ja välilliset luontovaikutukset sekä niiden merkittävyys arvioitiin pohjautuen olemassa olevaan tietoon sekä vuosina 2022–2023 tehtyihin luontoselvityksiin (*AFRY Finland Oy 2023*). Arvioinnissa hyödynnettiin muun muassa alueella laadittujen luontoselvityksien tietoja, kirjallisuutta, sekä tarkistettiin Suomen Lajitietokeskuksen Laji.fi tietokantaan tallennetut havainnot.

Mereltä tulevat siirtokaapelit johdetaan mantereella ensin maakaapelina mantereen sähköasemalle, josta sähkönsiirtoa jatketaan voimajohtolinjana aina kantaverkon liityntäpisteeseen asti.

Merikaapelien ja vetyputkien rantautumiskohdilla tehtiin luontotyyppi- ja kasvillisuusselvityksiä sekä viitasammakko- ja liito-oravaselvityksiä vuoden 2022 ja 2023 maastokaudella kevään ja kesän aikana. Hankkeen vaikutusarvioinnit ja maastoselvitykset toteutettiin kokeneiden biologien ja asiantuntijoiden (kts asiantuntijat yleisosiosta YVA-työryhmä) laatimana asiantuntija-arvioina sekä ympäristöhallinnon laatimien ohjeiden mukaisesti. Ohjeistuksena käytettiin muun muassa LUOPAS-opasta ”Luontoselvitykset ja luontovaikutusten arviointi” (*Mäkelä & Salo 2023*). Arvioinnissa tukeuduttiin tarvittavilta osin muiden alojen asiantuntijoiden laatimiin mallinnuksiin ja vaikutusarviointeihin (mm. vesistö- ja meluvaikutukset). Luontoselvityksien tulokset on raportoitu erillisessä luontoselvitysraportissa (liite 12).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

9.1.1 Viitasammakkoselvitys

Suomessa viitasammakko on määritelty elinvoimaiseksi (LC, *Hyvärinen ym. 2019*). Laji on kuitenkin rauhoitettu ja EU:n luontodirektiivin liitteen IV (a) (*92/43/ETY*) laji. Tämä velvoittaa suojelemaan lajia sekä lajin lisääntymis- ja levähdyspaikkojen hävittäminen tai heikentäminen on luonnonsuojelulailla (LSL 9/2023) 78 §:n nojalla kielletty.

Viitasammakoiden lisääntymispaikkoja selvitettiin maastossa yhteensä viitenä iltana keväällä 16.–18.5.2022 ja selvityksiä täydennettiin keväällä 15.–16.5.2023. Selvitys toteutettiin illalla–yöllä (klo 18:00–00:00), jolloin viitasammakko on kutuaikana aktiivisimmillaan, ja laji on myös parhaiten havaittavissa. Kartoitus tehtiin kulkemalla kartoitusalueen läpi rauhallisesti kävellen, aina välillä lajityypillistä ääntelyä kuuntelemaan pysähdellen ja optiikkaa hyödyntäen. Samalla arvioitiin elinympäristöjen soveltuvuutta lajille.

Merikaapeli- tai vetyputkivaihtoehtojen rantautumispaikoilla ei havaittu kevään 2022 tai 2023 selvityksissä viitasammakoita tai niiden kutua, eikä lajista ole tehty alueella aiempia havaintoja (*Suomen Lajitietokeskus 2023*). Merikaapelin MVE5a ja vetyputken VVE3 rantautumispaikan läheisyydessä sijaitseva nimetön pieni lampi kuitenkin soveltuisi lajille. Merenrannat olivat paikoin liian kallioisia tai kuivia lajille, ja lahtien ruovikoissa ei ollut riittävästi seisovaa vettä ja suojaisia paikkoja kutemisen kannalta.

9.1.2 Liito-oravaselvitys

Liito-orava kuuluu luontodirektiivin IV (a) (92/43/ETY) liitteen lajeihin, joiden lisääntymis- ja levähdyspaikkojen hävittäminen ja heikentäminen on kielletty luonnonsuojelulailla (LSL 9/2023, 78 § sekä luonnonsuojeluasetus LSA 1997/160 ja luonnos uudesta luonnonsuojeluasetuksesta). Viimeisimmässä uhanalaisuusarvioinnissa liito-orava on arvioitu vaarantuneeksi (VU, *Hyvärinen ym. 2019*).

Merikaapelien MVE1b ja MVE2–MVE5 sekä vetyputkivaihtoehtojen VVE2 ja VVE3 rantautumispaikoilla ei ole aiempia havaintoja liito-oravista vuosilta 2000–2023 (*Suomen Lajitietokeskus 2023*). Merikaapelin MVE1a ja vetyputken VVE1 rantautumispaikalla liito-oravia on havaittu vuonna 2005 Kanäsin ja 2006 Sjökärretin loma-asuntojen pihapiireissä (*Suomen Lajitietokeskus 2023*), mutta alueella ei havaittu 2022 ja 2023 selvityksissä papanoita. Merikaapeli- ja vetyputkivaihtoehtojen rantautumispaikoilla liito-oravia havaittiin vuoden 2022 ja 2023 selvityksissä ainoastaan MVE5b ja VVE3 rantautumispaikalla Hällörenin pohjoisosassa Nordkapissa. Muilla rantautumisalueilla ei havaittu selvityksissä liito-oravia.

Liito-oravien elinpiirien selvityksiä tehtiin 11.–12.4.2022 ja 19.–21.4.2022, jolloin alueella oli vielä paikoin melko runsaasti lunta, mutta papanat olivat havaittavissa. Vuoden 2023 selvitys tehtiin 15.–16.5.2023, jolloin kasvillisuus ei vielä haitannut inventointia.

Papanoita etsittiin suurikokoisten kuusten ja haapojen alta. Lisäksi kirjattiin ylös liito-oravan pesäpaikoiksi sopivat kolopuut, risupesät ja pöntöt. Maastokartoituksissa tarkistettiin koko rantautumispaikka niiltä osin kuin alue soveltui liito-oravalle sopivaksi elinympäristöksi. Myös suunniteltujen rantautumispaikkojen lähistölle sijoittuvat liito-oravalle soveltuvat elinympäristöt ja mahdolliset kulkuyhteydet soveltuvien alueiden välillä tarkastettiin. Havainnot kirjattiin ylös käyttäen apuna GPS-laitetta. Varsinaisen liito-oravakartoituksen lisäksi papanoita ja sopivia pesäpaikkoja havainnoitiin sopivista elinympäristöistä myös muiden selvitysten yhteydessä kevään sekä kesän 2022 ja 2023 aikana.

9.1.3 Muu eläimistö

Merikaapelin ja vetyputkien rantautumisalueella mantereella voi esiintyä rannikkoalueille tyypillisten nisäkkäiden, matelijoiden ja sammakkoeläinten reviirejä tai elinalueita. EU:n luontodirektiivin (92/43/ETY) liitteen IV (a) eli ns. tiukan suojelun lajeista rantautumisalueilla voi levinneisyystietojen puolesta esiintyä, ainakin satunnaisesti myös saukkoja, lepakoita, susia ja ilveksiä (*Luonnonvarakeskus 2023c, Suomen Lajitietokeskus 2023*).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Hankkeesta ei arvioida aiheutuvan merkittäviä tai pitkäaikaisia vaikutuksia näille lajeille, eikä erillisiä maastoselvityksiä arvioida tarpeelliseksi vaikutusarvioinnin tueksi.

9.2 Nykytila

9.2.1 Merituulivoimapuisto

Merituulivoimapuisto sijaitsee kokonaan ulkomerellä, eikä kyseisellä alueella tai sen läheisyydessä ole saaria. Merituulivoimapuiston alueella tavataan nisäkkäistä nykytiedon valossa ainoastaan Itämeren harmaahyljettä eli hallia ja itämerennorppaa. Myös yksittäisten lepakoiden esiintyminen muuttoaikaan on todennäköistä. Satunnaisesti voidaan tavata harvinaisempia merinisäkkäitä, kuten pyöriäisiä. Myös lepakoiden esiintyminen muuttoaikaan on todennäköistä.

Halli on suojeltu EU:n habitaattidirektiivin liitteessä II ja V ja Bernin sopimuksen liitteessä III sekä lisätty biodiversiteetin kuvaajaksi meristrategiadirektiiviin (*European Commission, 2008/56/EY),* jonka tavoitteena on merten hyvä tila. Laji on lisäksi suojeltu muuttavien luonnonvaraisten eläinten suojelua koskevalla yleissopimuksella (Bonnin sopimuksella). HELCOM listaa Halli elinvoimaiseksi (LC). Itämerennorppa puolestaan on EU:n Luontodirektiivin mukaan suojeltu laji ja listattu liitteessä V. HELCOM on luokitellut Itämeren norpan vaarantuneeksi (VU).

Vaikutukset merialueen linnustoon on käsitelty luvussa 10, vaikutukset kaloihin ja merinisäkkäisiin, kuten hylkeisiin on käsitelty luvuissa 5.3 ja 6.3.

9.2.1.1 Lepakot

Lepakoiden muutto Suomen oloissa on vielä kohtuullisen vähän tunnettu ilmiö. Suomessa esiintyvistä lajeista muuttajina pidetään (esim. *Ahlén ym. 2009*) pikkulepakkoa (*Pipistrellus nathusii*), kääpiölepakkoa (*Pipistrellus pipistrellus*), vaivaislepakkoa (*Pipistrellus pygmaeus*), isolepakkoa (*Nyctalus noctula*), lampisiippaa (*Myotis dascyneme*) ja kimolepakkoa (*Vespertilio murinus*). Näistä lajeista pikkulepakko on arvioitu Suomessa vaarantuneeksi (VU, *Hyvärinen ym. 2019*), muita pidetään harvinaisina ja ainakin osin satunnaisina ja ne luokiteltu arviointiin soveltumattomiksi (NA). Pikkulepakon muuttokäyttäytymisestä on saatu puolestaan uutta tietoa mm. Merenkurkusta, jossa on varmistunut pikkulepakoiden muuttoreitti Pohjanlahden yli Ruotsiin (*Metsähallitus 2018*). Yllä mainittuja lajeja pidetään lampisiippaa lukuun ottamatta kaikkein herkimpinä eurooppalaisista lepakkolajeista törmäyksille tuulivoimaloiden kanssa.

Lepakoiden muuttoreittejä Itämerellä suhteessa maatuulivoimahankkeisiin ovat tutkineet mm. Gaultier ym. *(2020*) (Kuva 9-1). Euroopan boreaalinen biomaantieteellinen alue on esitetty kartalla vaaleanharmaalla. Tutkimusalue kattoi osia Virosta, Suomesta, Latviasta, Liettuasta, Venäjästä, sekä Ruotsista siltä osin, kun alueet sijaitsevat boreaalisella alueella ja lähellä Itämerta. Lepakoiden tärkeimmät muuttoreitit on esitetty kartalla mustilla nuolilla. Katkoviivalla esitetty nuoli osoittaa epävarmuutta ko. muuttoreitin käytöstä. Muuttoreittejä käyttävien lepakoiden yksilö- ja lajimäärä kasvaa huomattavasti, mitä etelämmäs muuttoreiteillä siirrytään. Kartalla on esitetty lisäksi nykyiset maatuulivoimahankkeet (tummanharmaat kolmiot) sekä mahdolliset tulevat hankkeen tulevaisuudessa (vaaleanharmaat kolmiot). Lepakoiden on havaittu muuttavan Pohjanlahden lisäksi Ahvenanmaan saariston yli Ruotsiin (*Gaultier ym. 2020*). Tutkimuksessa ei ole esitetty vastaavaa karttaa merituulivoimahankkeiden osalta.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 9-1. Lepakoiden muuttoreitit Itämerellä. Kuvan selitteet: Euroopan boreaalinen biomaantieteellinen alue on esitetty kartalla vaaleanharmaalla. Tutkimusalue kattoi osia Virosta, Suomesta, Latviasta, Liettuasta, Venäjästä, sekä Ruotsista siltä osin, kun alueet sijaitsevat boreaalisella alueella ja lähellä Itämerta. Lepakoiden tärkeimmät muuttoreitit on esitetty kartalla mustilla nuolilla. Katkoviivalla esitetty nuoli osoittaa epävarmuutta ko. muuttoreitin käytöstä. Kartalla on esitetty lisäksi nykyiset maatuulivoimahankkeet (tummanharmaat kolmiot) sekä mahdolliset tulevat hankkeen tulevaisuudessa (vaaleanharmaat kolmiot). (Gaultier ym. 2020)

Lepakot lentävät merellä yleensä enintään 10 metrin korkeudessa vedenpinnan yläpuolella, mutta etsiessään ravintoa merellä sijaitsevien majakoiden, tuulivoimaloiden ja muiden pystysuorien rakennelmien läheisyydessä lepakot nousevat huomattavasti korkeammalle ja lentävät esim. tuulivoimaloiden lapojen ympärillä. Havaintojen perusteella mereen rakennetut tuulivoimalat voivat lisätä lepakkojen kuolleisuutta. Lepakot ruokailevat merellä pääasiassa sellaisilla alueilla, missä on runsaasti lentäviä hyönteisiä tai vedenpinnassa viihtyviä äyriäisiä. (*Lutsar 2011, Ahlén ym. 2009*)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Ainoan suomalaisen tutkimuksen mukaan myös rannikon läheisissä tuulivoimaloissa lepakoiden törmäyskuolleisuus oli vähäisten löytöjen perusteella vähäistä (*Aminoff 2014*). Kaikkiaan kyseisessä tutkimuksessa havaittiin vain kaksi törmännyttä lepakkoyksilöä 16 tutkitun voimalan alta, vaikka kyseiset voimalat sijaitsivat etelärannikolla ja siten todennäköisesti sekä lajistollisesti että yksilömääräisesti runsaampien lepakkomäärien alueella pohjoisempiin ja sisämaan alueisiin verrattuna.

Joidenkin lepakkolajien (mm. isolepakko ja kääpiölepakko) on havaittu ajoittain saalistavan myös mereisten tuulivoimaloiden läheisyydessä, luultavasti syöden voimaloiden houkuttelemia muutto- tai vaeltelumatkoillaan olevia hyönteisiä (*Ahlén ym. 2009*). Tämän käyttäytymisen mahdollisesti aiheuttamaa törmäyskuolleisuutta ei ole pystytty tutkimaan, mutta koska samanlainen saalistuskäyttäytyminen aiheuttaa törmäyksiä mantereella, oletettavasti niitä tapahtuu myös merellä (*Rydell ym. 2012*). Varsinkin merten yli muuttavat lepakkolajit luultavasti hyödyntävät merituulivoimaloiden ympärille kerääntyneitä hyönteisiä ja ovat siten suuremmassa vaarassa törmätä kuin muut lepakkolajit (*Ahlén ym. 2009*).

Merialueilla voi esiintyä ajoittain, etenkin muuttoaikaan, lepakoita. Ei ole kuitenkaan tietoa, missä määrin alueella on merkitystä lepakoiden muuttoreittinä, tai miten paljon yksilöitä merialueella liikkuu. Lepakoiden päämuuttoreitti kulkee etelässä Saaristomeren saaria seuraillen ja mahdollisesti Merenkurkun kapeimman kohdan yli Vaasan eteläpuolelta (*Gaultier ym. 2020*).

9.2.2 Merikaapeli-/vetyputkireitit

9.2.2.1 Lepakot

Merikaapelien ja vetyputkien rantautumisalueilta tai niiden läheisiltä saarilta ja merialueilta ei ole tiedossa aiempia havaintoja lepakoista (*Suomen Lajitietokeskus 2023*). Rantautumisalueilla voi todennäköisesti liikkua lepakoita, sillä ranta-alueilla sijaitsee runsaasti vapaa-ajanasuntoja ja piharakennuksia, jotka soveltuvat lepakoille päiväpiiloiksi. Olemassa olevan tiedon perusteella merikaapelien ja vetyputkien rantautumisalueilla ja niiden välittömässä läheisyydessä ei sijaitse kuitenkaan lepakoiden kannalta merkittäviä ruokailu- tai levähdysalueita.

9.2.2.2 Liito-orava

Liito-oravia voi esiintyä merikaapelien ja vetyputkien rantautumispaikkojen rantametsissä ja joillakin mantereen läheisillä saarilla. Merikaapelien ja vetyputkien rantautumispaikoilta ei ole aiempia havaintoja lajista vuosilta 2010–2023 (*Suomen Lajitietokeskus 2023*).

Merikaapelin MVE5b ja vetyputken VVE3b rantautumisalueella Hällörenin pohjoisosassa Nordkapissa havaittiin vuoden 2023 maastoselvityksissä liito-oravan elinpiiri (*AFRY Finland Oy 2023*). MVE5a rantautumispaikan läheisyydessä Hällörenin eteläosassa havaittiin yksi liito-oravalle soveltuva elinympäristö, joka toimii nykyisellään puustoisena yhteytenä pohjoiselta elinpiiriltä. Merikaapelien MVE1–MVE4 sekä vetyputkien VVE1 ja VVE2 rantautumispaikoilla ei havaittu liito-oravia.

9.2.2.3 Viitasammakko

Merikaapelien tai vetyputkien rantautumispaikoilla ei havaittu kevään 2022 tai 2023 selvityksissä viitasammakoita tai niiden kutua (*AFRY Finland Oy 2023*), eikä lajista ole tehty alueella aiempia havaintoja (*Suomen Lajitietokeskus 2023*). Rehevillä merenranta-alueilla voi mahdollisesti esiintyä viitasammakoita ajoittain. Merikaapelin MVE5a ja vetyputken VVE3a rantautumispaikan läheisyydessä sijaitseva pieni lampi soveltuisi lajille.

Merenrannat ovat paikoin liian kallioisia tai kuivia lajille, ja lahtien ruovikoissa ei ollut riittävästi seisovaa vettä kutemisen kannalta. Lajia ei tehtyjen selvitysten perusteella esiinny alueella, mutta on mahdollista, että kartoitusajankohta ei ollut täysin optimaalinen lajin kannalta. Toisaalta viitasammakoita oli havaittu äänessä hankealueen lähikunnissa ennen kartoitusajankohtaa, joka

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

viittaa selvitysajankohdan olevan oikea. Viitasammakoita voi levitä myös muilta alueilta sopiviin elinympäristöihin.

9.2.2.4 Muut eläimet

Merikaapelien MVE1–MVE5 ja vetyputkien VVE1–VVE3 reitit sijoittuvat kokonaan merelle. Merikaapelien MVE1, MVE4 ja MVE5 sekä vetyputkien VVE1–VVE3 reiteille sijoittuu metsäisiä saaria. Reittien varrella sijaitsee myös pieniä puuttomia saaria ja luotoja, mutta rakentaminen kohdistuu vain merialueelle. Rannikon saaristossa elää todennäköisesti pieniä määriä tyypillisiä saariston nisäkkäitä, matelijoita ja sammakkoeläimiä. Tällaisia eläimiä ovat esimerkiksi minkki, *Mictorus*-suvun myyrät, piisami, kyy, rantakäärme ja ruskosammakko. Saarten ja luotojen pienestä koosta johtuen eläinten määrät ovat todennäköisesti vähäisiä.

Merikaapelin ja vetyputkien rantautumisalueella mantereella voi esiintyä rannikkoalueille tyypillisten nisäkkäiden, matelijoiden ja sammakkoeläinten reviirejä tai elinalueita. Tällaisia eläimiä ovat esimerkiksi saukko, hirvi- ja jäniseläimet sekä erilaiset piennisäkkäät ja -pedot. EU:n luontodirektiivin (92/43/ETY) liitteen IV (a) lajeista merikaapelin MVE2b rantautumispaikalla Brännskatagrundetin kalasataman alueella on havaittu 2023 saukkoja (*Suomen Lajitietokeskus 2023*). On mahdollista, että saukkoja voi esiintyä ajoittain myös muilla rantautumisalueilla. Merikaapelien MVE1 ja MVE2 sekä vetyputken VVE1 rantautumisalueet sijoittuvat myös pieniltä osin Jeppon susireviirin reunaosiin (*Heikkinen ym. 2023, Luonnonvarakeskus 2023c*).

9.3 Vaikutusten arviointi

9.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

9.3.1.1 Merituulivoimapuisto

Merituulivoimapuiston rakentamisen aikana laivaliikenne ja melu lisääntyvät hankealueella ja sen ympäristössä. Rakentamisen aikana veden laatu voi myös samentua tilapäisesti. Melu ja lisääntynyt ihmistoiminta voivat karkottaa eläimiä kauemmaksi kerääntymis- ja ruokailualueilta, ja mahdollisesti haitata eläinten ravinnon saantia. Merinisäkkäisiin ja kaloihin kohdistuvat rakentamisen aikaiset vaikutukset on esitelty luvuissa 5 ja 6 ja linnustoon luvussa 10.

Lepakoille tai muulle mantereen eläimistölle ei aiheudu vaikutuksia merituulivoimapuiston rakentamisen aikana.

9.3.1.2 Merikaapeli-/vetyputkireitit

Merikaapelien ja vetyputkien asennuksen aikaiset vaikutukset liittyvät rakentamisen aikaiseen häiriöön sekä elinympäristöjen muuttumiseen. Vaikutus on tilapäinen ja lyhytaikainen.

Rantautumispaikalla tapahtuva rakentamistoimiin liittyvä melu, alueella työkoneilla liikkuminen sekä lisääntynyt ihmisvaikutus aiheuttavat eläimistölle väliaikaista ja paikallista häiriövaikutusta. Häiriö voi karkottaa arimpia eläinlajeja etäämmälle. Rantautumisalueet ovat suurilta osin metsätalouden ja ihmistoiminnan muuttamaa aluetta. Merikaapelien ja vetyputkien rantautumispaikoilla tapahtuva rakentaminen ja puuston raivaus voivat aiheuttaa eläimistölle elinympäristömuutoksia, niiden menetyksiä sekä pirstaloitumista. Tämä voi osaltaan vaikuttaa ekologisten yhteyksien heikentymiseen alueella ja eläinten reviirien välillä. Osa eläimistä voi palata alueelle rakentamisen päätyttyä.

Rakentamisen aikaisella toiminnalla arvioitiin olevan saukoille, lepakoille, suurpedoille ja viitasammakolle korkeintaan vähäisiä haittavaikutuksia, sillä alueet ovat ennestään ihmisvaikutteisia. Rantautumisalueilla ei havaittu viitasammakoita vuosien 2022 ja 2023 selvityksissä (*AFRY Finland Oy 2023*), eikä lajista ole aiempia havaintoja alueelta (*Suomen Lajitietokeskus 2023*). Hällörenin pieneen nimettömään lampeen voi kohdistua epäsuoria rakentamisen aikaisia vaikutuksia merikaapelin MVE5a ja vetyputken VVE3a rantautumisalueen rakentamisesta. Rakentamisalueilla esiintyy

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

todennäköisesti lisäksi happamia sulfaattimaita, jonka mineraalit voivat muodostaa ilman ja veden kanssa kosketuksiin päästessään rikkihappoa, joka liuottaa maaperästä metalleja jopa niin paljon, että happamat ja metallipitoiset valumavedet ovat myrkyllisiä alapuolisten vesistöjen eliöstölle esimerkiksi sammakkoeläimille. Rakentamisen aikainen kiintoainekuorman lisääntyminen ja valuminen pintavesien mukana lampeen voi heikentää myös sen soveltuvuutta lajille. Oikeaoppisella maan- ja vesienkäsittelyllä sekä -hallinnalla voidaan kuitenkin välttää eläimistöön kohdistuvia vaikutuksia.

Saukot sietävät melko hyvin ihmisvaikutusta, ja saattavat oleilla ihmisvaikutteisilla alueilla tai niiden liepeillä. Rakentamisen aikana saukkoihin voi kohdistua lisääntyneestä ihmistoiminnasta aiheutuvia tilapäisiä häiriö- ja meluvaikutuksia. Tämän ei arvioida kuitenkaan aiheuttavan merkittäviä haitallisia vaikutuksia saukolle. Lepakoille ei arvioida aiheutuvan vaikutuksia merikaapelien tai vetyputken rantautumisalueella, koska alueilta ei ole tunnistettu lepakoille merkittäviä ruokailu- tai levähdysalueita.

Liito-oravaselvityksessä merikaapelin MVE5b ja vetyputken VVE3b rantautumisalueen läheisyydessä Nordkapissa havaittiin liito-oravan lisääntymis- ja levähdyspaikka, johon voi kohdistua rakentamisesta epäsuoria haitallisia vaikutuksia. Alue on rajattu lainsäädännöllä turvattuna kohteena (Kuva 8-9, arvoluokka 1, *Mäkelä & Salo 2023*). Rantautumispaikan raivaus voi heikentää liito-oravan käyttämiä puustoisia kulkuyhteyksiä Hällörenin alueella sekä eristää reviiriä muista elinpiireistä. Rannan lehtipuusto on myös todennäköisesti liito-oravan käyttämää ruokailualuetta, joka tulee osittain häviämään. Mikäli liito-oravan reviiriin kohdistuu heikentäviä vaikutuksia, tulee ELY-keskuksesta hakea luonnonsuojelulain (83 §) mukaista poikkeuslupaa hävittämis- ja heikentämiskiellosta.

Laajoilla elinalueilla elävät suurpedot ovat todennäköisesti tottuneet elinympäristössä tapahtuviin muutoksiin kuten metsätaloustoimiin. Sudet myös sietävät ihmistoimintaa laajalla reviirillään, kunhan se ei sijoitu pesäpaikan ympäristöön (*Kaartinen 2011*). Alueen muu nisäkäslajisto on todennäköisesti tottunut elinympäristössä tapahtuviin muutoksiin ja ihmistoiminnan läheisyyteen. Hirvieläimet voivat vältellä voimajohtoaluetta rakentamistoimien aikana, mutta palaavat todennäköisesti alueelle häiriön päätyttyä. Muuhun eläimistöön, kuten piennisäkkäisiin, kohdistuva häiriövaikutus arvioitiin hyvin vähäiseksi.

9.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset

9.3.2.1 Merituulivoimapuisto

Tuulivoimapuisto voi karkottaa arimpia eläimiä kauemmaksi puistosta. Jos alueella muuttaa lepakoita, tuulivoimalat voivat aiheuttaa niille törmäysriskin (*Ahlén ym. 2009*). Lisäksi tuulivoimaloiden valot houkuttelevat hyönteisiä, jolloin myös niitä saalistavilla lepakoilla on risti törmätä voimaloihin (*Ahlén ym. 2009*). Lepakoiden muutto tapahtunee useimpien maalintujen tapaan enimmäkseen suurten vesistöjen ylitystä viimeiseen asti välttäen ja saariketjuja hyväksikäyttäen. Vaikka Satakunnan rannikolta onkin havaintoja mereltä saapuvista, mahdollisesti muuttavista lepakoista, lounaaseen suuntautuvan lepakkomuuton valtaväylän todennäköisempi sijainti on merituulivoimapuistoa huomattavasti etelämpänä, Saaristomeren kohdalla, tai Merenkurkun saariston alueella. Näin ollen ei voida pitää todennäköisenä, että suunnitellulla tuulivoimapuistolla olisi merkittäviä vaikutuksia lepakoiden kuolleisuuteen. On mahdollista, että yksittäisiä lepakoita, varsinkin pikkulepakoita, muuttaa meren yli tuulivoimapuiston kohdalta ja mahdollisesti myös jossain määrin valojen houkuttelemana törmää tuulivoimaloihin, mutta vaikutukset lepakoihin arvioitiin kaikkiaan vähäisiksi.

9.3.2.2 Merikaapeli-/vetyputkireitit

Merikaapeleilla tai vetyputkilla ei arvioida olevan toiminnan aikana eläimistöön kohdistuvia merkittäviä haittavaikutuksia. Hetkellisiä häiriövaikutuksia voi syntyä poikkeustilanteessa, mikäli alueella joudutaan kaivamaan kaapelia tai vetyputkea esiin niiden korjaamisen vuoksi.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

9.3.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset

Merituulivoimapuiston, merikaapelien ja vetyputken toiminnan jälkeiset vaikutukset vastaavat rakentamisenaikaisia vaikutuksia. Suurimmat haittavaikutukset eläimiin ovat häirintä- ja meluvaikutus, jotka johtuvat rakenteiden purkamistöistä ja lisääntyneestä ihmistoiminnasta sekä viitasammakoiden kohdalla elinympäristöön mahdollisesti kohdistuvasta kaivamisesta. Elinympäristöt palautuvat entiselleen purkamisen jälkeen. Positiivinen vaikutus aiheutuu estevaikutuksen poistuessa.

9.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

Vaihtoehdossa VE0 meluvaikutus, lisääntyneen ihmistoiminnan aiheuttama häiriövaikutus, estevaikutus ja törmäysriski jäävät pois. Eläimiin vaikuttavia elinympäristön muutoksia ei tapahdu tuulivoimapuiston alueen rakentamisesta, jos hanketta ei toteuteta.

9.4 Yhteisvaikutukset

Laineen hanketta lähin merituulivoimahanke Kappa (*Njordr Offshore Wind AB 2022*) sijaitsee Ruotsin talousvyöhykkeellä noin kilometrin etäisyydellä. Viimeisimmän tiedon mukaan Kappan hankealuetta on muutettu siten, että se on kiinni talousvyöhykkeen rajassa, ollen nyt noin 100 metrin etäisyydellä Laineen hankealueesta*,* uutta voimalasijoittelua ei ole saatavilla *(Statkraft Offshore Wind AB 2024*). Mikäli molemmat merituulivoimapuistot toteutuvat, nostavat ne kasvaneen estevaikutuksen myötä direktiivilajeista lepakoiden riskiä törmätä voimaloihin, jos ne muuttavat alueen kautta tai liikkuvat alueella saalistamassa voimaloiden valojen houkuttelemia hyönteisiä. Muiden lajien osalta yhteisvaikutuksia, joilla tunnistettaisiin olevan merkitystä eläimistölle, ei synny alueen sijoittuessa ulkomerelle etäälle Suomessa sijaitsevista lähimmistä saarista tai ranta-alueista.

Laineen merituulivoimahankkeen merikaapelien ja vetyputkien rantautumisalueiden läheisyydessä ei sijaitse hankkeita, joilla tunnistettaisiin olevan merkittäviä yhteisvaikutuksia alueen eläimistöön. Reitit MVE4/VVE2 ja MVE5/VVE3 rantautuvat Alholman satama-alueelle, jossa on nykyisellään teollisia toimintoja. Satama- ja teollisuusalueella ei sijaitse merkittäviä eläimistöarvoja sen ollessa voimakkaasti ihmisvaikutteista ja rakennettua ympäristöä.

Yhteisvaikutukset merialueen linnustoon on käsitelty luvussa 10, yhteisvaikutukset kaloihin ja merinisäkkäisiin, kuten hylkeisiin on käsitelty luvuissa 5 ja 6.

9.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys

9.5.1 Merituulivoimapuisto

Oheisiin taulukoihin (Taulukko 9-1 ja Taulukko 9-2) on koottuna Laineen merituulivoimapuiston toteutusvaihtoehtojen (VE1 ja VE2) arvioidut vaikutukset eläimistöön rakentamisen ja toiminnan aikana verrattuna nykytilanteeseen ja hankkeen toteuttamatta jättämiseen (VE0).

Eläimistöön ei kohdistu rakentamisen aikana vaikutuksia toteutusvaihtoehdoissa VE1 ja VE2, sillä merituulivoimapuisto sijaitsee ulkomerellä. Vaihtoehdossa VE2 toiminnan aikaiset vaikutukset pienemmät kuin vaihtoehdossa VE1, sillä vaihtoehdossa VE2 voimaloiden määrä on vähäisempi, mikä muodostaa toiminnan aikana pienemmän törmäysriskin lepakoille. Molempien toteutusvaihtoehtojen kohdalla alueen herkkyys ja vaikutusten merkittävyys eläimistölle arvioitiin kokonaisuudessaan vähäiseksi.

Vaikutukset merialueen linnustoon on käsitelty luvussa 10, yhteisvaikutukset kaloihin ja merinisäkkäisiin, kuten hylkeisiin on käsitelty luvuissa 5 ja 6.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 9-1. Eläimistöön kohdistuvien vaikutusten merkittävyys eri hankevaihtoehdoissa rakentamisen aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus				Positiivinen	
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen					VE1 VE2 VE0				
	Kohtalainen									
	Suuri									
	Erittäin suuri									

Taulukko 9-2. Eläimistön kohdistuvien vaikutusten merkittävyys eri hankevaihtoehdoissa toiminnan aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus				Positiivinen	
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen				VE1 VE2					
	Kohtalainen					VE0				
	Suuri									
	Erittäin suuri									

9.5.2 Merikaapelit/vetyputket

Oheisissa taulukoissa (Taulukko 9-3 ja Taulukko 9-4) on koottuna Laineen merituulivoimapuiston sähkönsiirron merikaapelien toteutusvaihtoehtojen (MVE1–MVE5) ja vetyputkien (VVE1–VVE3) reittien ja rantautumispaikkojen arvioidut rakentamisen ja toiminnan aikaiset vaikutukset eläimistöön verrattuna nykytilanteeseen ja hankkeen toteuttamatta jättämiseen (VE0).

Merikaapelien ja vetyputkien alueen eläimistön herkkyys arvioitiin vähäiseksi. Toteutusvaihtoehdoista suurimmat eläimistöön kohdistuvat rakentamisen aikaiset vaikutukset ovat vaihtoehdolla MVE5b ja VVE3b, joiden suunniteltu rantautumispaikka sijoittuu liito-oravan elinpiirin läheisyyteen. Maakaapelien ja vetyputkien toiminnan aikana ei synny uusia eläimistöön kohdistuvia vaikutuksia. Häiriövaikutuksia voi syntyä vain poikkeustilanteessa, mikäli alueella joudutaan kaivamaan kaapelia tai vetyputkea esiin niiden korjaamisen vuoksi.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Eläimistöön kohdistuvien rakentamisen tai toiminnan aikaisten vaikutusten arvioitiin olevan vähäisiä (MVE1–MVE4, MVE5a, VVE1, VVE2 ja VVE3a) (ks. Taulukko 9-3 ja Taulukko 9-4) ja korkeintaan kohtalaisia (MVE5b, VVE3b) (ks. taulukko 9-3) varovaisuusperiaate huomioiden.

Vaikutukset merialueen linnustoon on käsitelty luvussa 10, vaikutukset kaloihin ja merinisäkkäisiin, kuten hylkeisiin on käsitelty luvuissa 5 ja 6.

Taulukko 9-3. Eläimistöön kohdistuvien vaikutusten merkittävyys eri energiansiirtoreittivaihtoehdoissa rakentamisen aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus					Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen			MVE5b VVE3b	MVE1 MVE2 MVE3 MVE4 MVE5a VVE1 VVE2 VVE3a	VE0				
	Kohtalainen									
	Suuri									
	Erittäin suuri									

Taulukko 9-4. Eläimistöön kohdistuvien vaikutusten merkittävyys eri energiansiirtoreittivaihtoehdoissa toiminnan aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus					Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen				MVE1 MVE2 MVE3 MVE4 MVE5 VVE1 VVE2 VVE3	VE0				
	Kohtalainen									
	Suuri									
	Erittäin suuri									

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

9.6 Arvioinnin epävarmuudet

Alueen lepakoiden muuttamisesta meren yli ei ole tehty tutkimuksia, joten lepakoiden esiintymistä ei voida poissulkea, eikä vastaavasti todentaa. Yksittäisiä lepakoita saattaa muuttaa meren yli Laineen kohdalta. Kuitenkin lepakoiden päämuuttoreittien seuraillessa Saaristomeren saarilinjoja, lepakoiden merkittävän muuton esiintyminen tuulivoimapuiston alueen läpi on epätodennäköistä nykytiedon valossa.

9.7 Vaikutusten lieventäminen

Tuulivoimapuiston valaistuksessa tulisi käyttää valoja, joissa on mahdollisimman vähän UV-taajuutta, mikä houkuttelee hyönteisiä, ja sitä myöten lepakoita turbiinien läheisyyteen.

Merikaapelien rantautumispaikkojen osalta eläimistöön kohdistuvia vaikutuksia voidaan vähentää lupavaiheessa tarkemmalla kaapelien reittisuunnittelulla sekä valikoimalla toteutusvaihtoehto, joka aiheuttaa eläimistölle vähiten haittoja. Merikaapelin ja vetyputken osalta vaikutuksia voidaan lieventää ajoittamalla rakentaminen herkimmän eläinten lisääntymiskauden (noin huhti-heinäkuu) ulkopuolelle. Mikäli rakentaminen tuona ajankohtana on kuitenkin välttämätöntä, se tulee painottaa eläimistön kannalta vähäarvoisille kohteille, esimerkiksi luonnontilaltaan muuttuneille alueille.

Rakennusalueilla tulee myös huomioida happamien sulfaattimaiden todennäköinen esiintyminen rakentamisajan vesien ja maa-ainesten käsittelyssä sekä hallinnassa etenkin vesistöjen ja kosteikkojen läheisyydessä.

Liito-oravan elinympäristön osalta rantautumispaikalla vaikutuksia voidaan lieventää ottamalla kohde huomioon reunavyöhykkeen käsittelyssä, ja välttämällä liikkumista elinpiirillä työkoneilla. Liikkumisyhteyttä voidaan parantaa säästämällä mahdollisimman paljon alueen puustoa. Myös hyppypuupylväiden pystyttäminen on tarvittaessa mahdollista.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

10 LINNUSTO

YHTEENVETO

- Laineen merituulivoimapuiston keskeisimmäksi vaikutusmekanismiksi arvioitiin este- ja häiriövaikutukset, jotka aiheutuvat voimaloiden rakentamisesta ja toiminnasta sekä rakentamisen ja toiminnan aikaisesta ihmistoiminnasta eli alusten liikkumisesta hankealueella. Muuttolinnustolle voimalat aiheuttavat estevaikutuksen, jonka seurauksena muuttoreitit voivat muuttua paikallisesti lintujen kiertäessä merituulivoimapuiston.
- Tuulivoimapuistoalueella tehdyissä selvityksissä lentävistä linnuista valtaosa (84 %) lensi lähellä pintaa korkeusluokassa 1–10 m. Törmäyskorkeudella (20–400 m) todettiin lentävän vain 3,8 % linnuista. Havaintojen perusteella avomeriolosuhteissa sekä muuttavat että alueella muuten liikkuvat linnut siis lentävät pääasiassa matalalla merenpinnan tuntumassa.
- Havaintojen perusteella arktiset vesilinnut kerääntyvät odottelemaan Merenkurkun eteläpuolelle otollisia muuttosäitä ja -olosuhteita, ja lähtiessään muutolle ne eivät enää juuri pysähdy Perämeren alueella. Tätä johtopäätöstä tukee niin ikään samaan aikaan ja usein peräkkäisinä päivinä toteutetuissa Perämeren talousvyöhykkeelle sijoittuvan Hallan (OX2) merituulivoimapuiston linnustoselvityksissä: paikallisten lintujen yksilömäärät olivat varsin vähäiset ja suurin osa muuton aikana havaituista lintuyksilöistä havaittiin muuttolennossa pohjoisen ja koillisen suuntiin.
- Yksittäisistä lajeista merkittävimmät vaikutukset arvioitiin kohdistuvan merikotkaan, joita havaittiin liikkuvan merituulivoimapuiston alueella keväällä hylkeiden ollessa synnyttämässä jäällä. Vaikutukset aiheutuvat kohonneesta törmäysriskistä, sillä merikotkan tiedetään olevan törmäyksille altis laji. Merikotkan osalta vaikutukset arvioitiin merkittävyydeltään kohtalaisiksi kielteisiksi.
- Muuhun linnustoon vaikutukset arvioitiin merkittävyydeltään vähäisiksi, joten myös linnustoon kohdistuva kokonaisvaikutus arvioitiin suuruudeltaan ja merkittävyydeltään vähäiseksi kielteiseksi. Energiansiirtoreittien osalta vaikutukset arvioitiin vähäisiksi kielteisiksi ja luonteeltaan väliaikaisiksi.
- Koska hankevaihtoehdot (VE1 ja VE2) eroavat toisistaan vain saman alueen sisälle sijoittuvien voimaloiden lukumäärän osalta, erot elinympäristömuutosten ja estevaikutuksen laajuuden osalta ovat vähäisiä. Samasta syystä myös törmäysvaikutusten osalta erot ovat vähäisiä.

10.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Lähtötiedot ja arviointimenetelmät

Arviointityön tueksi ja toteutettujen selvitysten lähtötiedoiksi on hankittu olemassa olevia linnustotietoja ja koottu tutkimus- ja seurantaraportteja merituulivoimapuistojen vaikutuksista linnustoon, erityisesti Pohjan- ja Itämeren alueella. Laineen hankkeen osalta paikallinen olemassa oleva linnustotieto kattaa lähinnä energiansiirtoreittien läheisyydessä sijaitsevien pesimäluotojen ja -saarien pesimälinnustokartoitusten tuloksia (*Ralf Wistbacka, kirjall. tiedonanto*). Itse merituulivoimapuiston alue sijoittuu niin etäälle ulkomerelle, että alueella liikkuvasta ja sen kautta muuttavasta linnustosta ei ole ollut käytännössä lainkaan olemassa olevaa tietoa ennen hanketta varten tehtyjä selvityksiä. Lisäksi arvioinnissa on hyödynnetty vuosien 2014–2019 aikana Perämeren rannikolla toteutettujen linnustovaikutusten seurantojen tuloksia lintujen käyttäytymisestä rakennettujen tuulivoimapuistojen alueella niiden rakentamisen ja toiminnan aikana (*FCG Finnish Consulting Group Oy 2014–2019*).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Hanketta varten toteutettujen linnustoselvitysten yhteydessä kerätty havaintoaineisto sekä yllä mainittu olemassa oleva tieto analysoitiin ja hankkeen linnustovaikutukset arvioitiin ensisijaisesti biologien ja muiden asiantuntijoiden laatimana asiantuntija-arviona käytettävissä olevien aineistojen sallimalla tarkkuudella. Merituulivoimapuiston ja merikaapelireittien vaikutusten arviointi alueilla liikkuvaan linnustoon perustuu hankkeen eri vaikutustyyppeihin (merituulivoimapuiston rakentaminen ja toiminta, merikaapelien tai vetyputkien asennus, purkamisvaihe). Arviointi laadittiin parhaan käytettävissä olevan tiedon perusteella, jossa ensisijaisena tietolähteenä ovat toiminnassa olevien merituulivoimapuistojen seurantatiedot - erityisesti Porin Tahkoluodosta sekä Itämeren ja Pohjanmeren alueelta. Arvioinnissa on myös hyödynnetty muiden saatavilla olevien Pohjanlahdelle sijoittuvien merituulivoimahankkeiden selvityksiä sekä YVA -dokumentteja. Lisäksi arvioinnissa on hyödynnetty vuosien 2014–2019 aikana Perämeren rannikolla toteutettujen linnustovaikutusten seurantojen tuloksia lintujen käyttäytymisestä rakennettujen tuulivoimapuistojen alueella niiden rakentamisen ja toiminnan aikana (*FCG Finnish Consulting Group Oy 2014–2019*). Vaikutusten arviointi toteutettiin sekä maastoselvitysten tulosten että olemassa olevan havaintoaineiston avulla asiantuntija-arviointina. Arvioinnissa huomioidaan sekä Suomen että Ruotsin puolelle kohdistuvat vaikutukset.

Vaikutusarvioinnissa huomioitiin vaikutuksen kohteena olevien lajien suojelullinen arvo ja niiden herkkyys eri vaikutusmekanismeihin sekä toiminnan aiheuttaman haitan voimakkuus. Lisäksi on tarkasteltu linnustolle arvokkaiden kohteiden kuten matalikoiden ja pesimäluotojen sijaintia suhteessa energiansiirtoreittien suunniteltuun sijoittumiseen. Linnustovaikutusten arvioinnissa kiinnitettiin erityistä huomiota suojelullisesti arvokkaille lajeille, tuulivoiman linnustovaikutuksille herkiksi arvioiduille lajeille sekä linnustollisesti arvokkaille kohteille mahdollisesti kohdistuviin vaikutuksiin. Arvioinnin yhteydessä on esitetty myös vaikutuksia lieventävät toimenpiteet sekä esitetään ehdotus linnustovaikutusten seurantaohjelmaksi.

Tuulivoimaloiden kokonaiskorkeus merenpinnasta on enintään 370 metriä ja roottorin halkaisija on 340 metriä (Kuva 1-5), joten arvioitaessa törmäysriskiä lentävien lintujen osalta riskikorkeudeksi määriteltiin varovaisuusperiaatteen mukaisesti 20–400 metriä.

Arvioinnissa on pohdittu myös hankkeen vaikutuksia lähialueen linnustollisesti arvokkaiden alueiden (mm. Natura-, IBA-, FINIBA- ja MAALI-alueet) lajistoon ja suojeluperusteisiin. Lähistön muiden tuulivoimapuistojen sekä tuulivoimahankkeiden yhteisvaikutukset linnustoon on arvioitu sillä tarkkuudella kuin se käytettävissä olevan aineiston perusteella on mahdollista.

Törmäysmallinnus

Törmäysmallinnuksen laatimista Laineen hankkeen linnustovaikutusten yhteydessä ei katsottu tarkoituksenmukaiseksi. Oletuksiin ja todennäköisyyksiin perustuvien mallinnustulosten ei Suomen oloissa ole todettu vastaavan todellisuudessa tapahtuvien törmäysten määrää. Esimerkiksi Perämeren rannikkoalueen vilkkaalle muuttoreitille (Kalajoki, Pyhäjoki, Raahe) rakennettujen tuulivoimapuistojen YVA-menettelyn yhteydessä laaditussa yhteisvaikutusarvioinnissa törmäysmallinnusten perusteella eri hanhilajien ja laulujoutsenen törmäyksiä arvioitiin tapahtuvan yhteensä 35–118 kpl / kevät (*FCG Finnish Consulting Group Oy 2012*). Sitä vastoin samojen tuulivoimapuistojen alueilla toteutetuissa kattavissa linnustonseurannoissa (eikä muissakaan vastaavissa seurannoissa) ei kyseisten lajien törmäyksiä ole todettu yhtään (*FCG Finnish Consulting Group Oy 2014–2019, Suorsa 2019*).

Suomen muiden merituulivoimapuistojen YVA-prosessien yhteydessä Tahkoluodon merituulivoimapuiston laajennuksen YVA:ssa ei laadittu törmäysmallinnusta (*Suomen Hyötytuuli Oy 2020*). Sen sijaan Suurhiekan merituulivoimapuiston (Perämeri, Haukiputaan ja Iin edustalla) YVA-selostuksen yhteydessä törmäysmallinnukset laadittiin kahdeksalle lajille (*wpd Finland Oy 2009*). Mallinnustulosten mukaiset vuosittaiset törmäysmäärät vaihtelivat 25 yksilön (mustalintu) ja 0,115 yksilön (merikotka) välillä.

Yllä mainituissa mallinnuksissa 95 % linnuista oletettiin väistävän voimalat. Laadituissa seurannoissa sekä Suomessa että laajemminkin lintujen todellisen väistöprosentin on todettu olevan

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

muutamia yksittäisiä lajeja lukuun ottamatta vähintään 98 %. Esimerkiksi Skotlannissa merituulivoimapuistoon liittyvän linnustoselvityksen yhteydessä laaditussa törmäysmallinnuksessa väistökertoimena käytettiin eri prosentteja eri lajeille ja lajiryhmille: 98 % merilinnuille ja laulujoutsenelle, 99 % hanhille ja 99,5 % lokeille (*Moray offshore renewables Ltd 2019*). Jos yllä mainitut Suomessa tehdyt mallinnukset olisi laskettu 98–99,5 % väistökertoimella, vuosittaiset törmäysmäärät olisivat pienentyneet merkittävästi, ja esimerkiksi Laineen hankkeeseen parhaiten verrattavissa olevan Suurhiekan osalta törmäysten lukumäärät olisivat korkeintaan muutamia yksilöitä vuodessa. On myös huomattava, että Suurhiekan mallinnuksessa esimerkiksi mustalinnun törmäysmallinnus laadittiin oletuksilla, että lajin Suurhiekan kautta läpimuuttava kanta on 40 000 yksilöä ja kaikki yksilöt lentäisivät törmäyskorkeudella (*Pöyry Finland Oy 2009*). Kuten alla selostetaan, Laineen selvitysten perusteella mustalintujen Laineen kautta muuttava yksilömäärä on huomattavasti vähäisempi ja lisäksi mustalintujen todettiin lentävän joko aivan merenpinnassa tai huomattavasti törmäyskorkeuden yläpuolella.

Laineen tuulivoimapuiston alueella toteutetuissa linnustoselvityksissä törmäyskorkeudella lentäviä lintuyksilöitä todettiin lukumääräisesti hyvin vähän. Näin ollen myös törmäysmallinnus tulisi laatia pienillä yksilömäärillä, mikä väistämättä heikentäisi mallinnustuloksen luotettavuutta entisestään. Pienellä yksilömäärällä lasketun tuloksen vaihteluväli kasvaa niin suureksi, että sen käytettävyys vaikutusten arvioinnissa on heikko.

Mikäli Laineen merituulivoimapuiston suunnittelun edetessä alueelle laaditaan täydentäviä selvityksiä ja sitä kautta mallinnusten laatimiseksi saadaan lisää aineistoa, voidaan niiden laatimista tarkastella uudelleen yhteistyössä hanketta valvovan viranomaisen kanssa.

Vaikutuskohteen herkkyys

Arvioinnin kohteena olevan lintulajiston herkkyyteen suhteessa niihin kohdistuviin vaikutuksiin vaikuttavat monet eri tekijät. Herkkyys riippuu lajien yleisyydestä ja runsaudesta, sopeutumiskyvystä sekä toisaalta myös niiden hallinnollisesta asemasta (mm. uhanalaisuus ja/tai EU:n lintudirektiivi).

Tavanomaisen lajiston kohdalla herkkyys määrittyy alueella esiintyvien populaatioiden elinvoimaisuuden sekä niiden elinympäristöjen monimuotoisuuden, laajuuden ja ihmisvaikutteisuuden sekä lajien arvioidun sopeutumiskyvyn perusteella. Merialueilla ja rannikoilla yleisenä esiintyvän lajiston herkkyys muutoksille arvioitiin tyypillisesti pääosin vähäisiksi, sillä lajien kannat ovat yleisesti ottaen Suomessa elinvoimaisia. Herkkyys voi kuitenkin vaihdella alueittain ja lajeittain.

Eri lintulajien herkkyyteen vaikutuksille vaikuttaa merkittävästi myös populaation koko ja poikastuotto, jotka myös vaihtelevat lajien välillä paljon. Esimerkiksi suurikokoisten petolintulajien populaatiot ovat varsin pieniä ja usein pitkällä aikavälillä katsottuna populaatiokooltaan väheneviä, ja poikastuotto on alhaista ja siten lisääntyminen hidasta, jolloin niiden herkkyys vaikutuksille on merkittävästi suurempi kuin yleisillä ja kannaltaan vakailla tai runsastuvilla varpuslintulajeilla, jotka lisääntyvät nopeasti.

Uhanalaisen, erityisesti suojellun ja EU:n lintudirektiivin lajiston osalta herkkyys on suurempi, sillä arvioinnissa on huomioitava luonnonsuojelulain ja -asetuksen asettamat edellytykset lajien ja niiden elinympäristön suojelemiseksi. Uhanalaisten lajien säilyminen Suomessa katsotaan vaarantuneeksi ja erityisesti suojeltavien lajien häviämisuhka ilmeiseksi, jonka vuoksi niihin kohdistuvia vaikutuksia on tarkasteltava paikallista tai alueellista esiintymistä laaja-alaisemmin.

Selvitysmenetelmät

Laineen merituulivoimapuiston alueen ja mantereelle suuntautuvien energiansiirtoreittien linnustoa on selvitetty maastoinventoinneilla vuosien 2021–2023 aikana (Taulukko 10-1). Arvioinnissa on hyödynnetty myös samanaikaisesti ja samoin menetelmin Laineen selvitysten kanssa toteutettuja, pohjoisempana Perämerellä sijaitsevan Hallan merituulivoimapuiston selvityksiä, sekä osittain myös Selkämerellä sijaitsevan Tyrskyn merituulivoimapuiston selvityksiä ja niiden tuloksia.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Maastotöiden yhteydessä tuulivoima-alueella sekä energiansiirtoreiteillä käytiin selvittämässä alueen linnustoa yhteensä 35 maastopäivää.

Taulukko 10-1. Laineen merituulivoimapuiston alueella ja energiansiirtoreiteillä vuosina 2021–2023 toteutettujen linnustotarkkailuiden ajankohdat, kohteet ja menetelmät.

Pvm	Kohde	Menetelmä	Tarkkailu
4.5.2022	Energiansiirtoreitit	Venelaskennat	Kevätmuutto
5.5.2022	Energiansiirtoreitit	Venelaskennat	Kevätmuutto
9.5.2022	Energiansiirtoreitit	Venelaskennat	Kevätmuutto
13.5.2022	Energiansiirtoreitit	Venelaskennat	Kevätmuutto
20.5.2022	Energiansiirtoreitit	Venelaskennat	Kevätmuutto
1.7.2022	Energiansiirtoreitit	Venelaskennat	Pesimälinnusto, ruokailulennot, lepäilijät
10.7.2022	Energiansiirtoreitit	Tarkkailu maista	Pesimälinnusto, ruokailulennot, lepäilijät
13.7.2022	Energiansiirtoreitit	Venelaskennat	Pesimälinnusto, ruokailulennot, lepäilijät
15.7.2022	Energiansiirtoreitit	Tarkkailu maista	Pesimälinnusto, ruokailulennot, lepäilijät
18.7.2022	Energiansiirtoreitit	Tarkkailu maista	Pesimälinnusto, ruokailulennot, lepäilijät
21.7.2022	Energiansiirtoreitit	Venelaskennat	Pesimälinnusto, ruokailulennot, lepäilijät
25.7.2022	Energiansiirtoreitit	Tarkkailu maista	Pesimälinnusto, ruokailulennot, lepäilijät
23.5.2022	Energiansiirtoreitit, rantautumispaikat	Kartoituslaskenta	Pesimälinnusto
26.5.2022	Energiansiirtoreitit, rantautumispaikat	Kartoituslaskenta	Pesimälinnusto
30.5.2022	Energiansiirtoreitit, rantautumispaikat	Kartoituslaskenta	Pesimälinnusto
2.6.2022	Energiansiirtoreitit, rantautumispaikat	Kartoituslaskenta	Pesimälinnusto
10.9.2021	Merituulivoimapuiston alue	Venelaskennat	Syysmuutto

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Pvm	Kohde	Menetelmä	Tarkkailu
14.10.2021	Merituulivoimapuiston alue	Venelaskennat	Syysmuutto
12.5.2022	Merituulivoimapuiston alue	Venelaskennat	Kevätmuutto
21.5.2022	Merituulivoimapuiston alue	Venelaskennat	Kevätmuutto
8.6.2022	Merituulivoimapuiston alue	Venelaskennat	Pesimälinnusto, ruokailu-lennot, lepäilijät
27.6.2022	Merituulivoimapuiston alue	Venelaskennat	Pesimälinnusto, ruokailu-lennot, lepäilijät
11.7.2022	Merituulivoimapuiston alue	Venelaskennat	Pesimälinnusto, ruokailu-lennot, lepäilijät
8.8.2022	Merituulivoimapuiston alue	Venelaskennat	Pesimälinnusto, ruokailu-lennot, lepäilijät
19.8.2022	Merituulivoimapuiston alue	Venelaskennat	Pesimälinnusto, ruokailu-lennot, lepäilijät
10.9.2022	Merituulivoimapuiston alue	Venelaskennat	Syysmuutto
30.9.2022	Merituulivoimapuiston alue	Venelaskennat	Syysmuutto
18.5.2022	Merituulivoimapuiston alue ja energiansiirtoreitit	Venelaskennat	Kevätmuutto
30.3.2023	Merituulivoimapuiston alue ja energiansiirtoreitit	Lentolaskennat	Kevätmuutto
13.4.2023	Merituulivoimapuiston alue ja energiansiirtoreitit	Lentolaskennat	Kevätmuutto
21.4.2023	Merituulivoimapuiston alue ja energiansiirtoreitit	Lentolaskennat	Kevätmuutto
5.5.2023	Merituulivoimapuiston alue ja energiansiirtoreitit	Lentolaskennat	Kevätmuutto
12.5.2023	Merituulivoimapuiston alue ja energiansiirtoreitit	Venelaskennat	Kevätmuutto
21.5.2023	Merituulivoimapuiston alue ja energiansiirtoreitit	Venelaskennat	Kevätmuutto
22.5.2023	Merituulivoimapuiston alue ja energiansiirtoreitit	Venelaskennat	Kevätmuutto

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

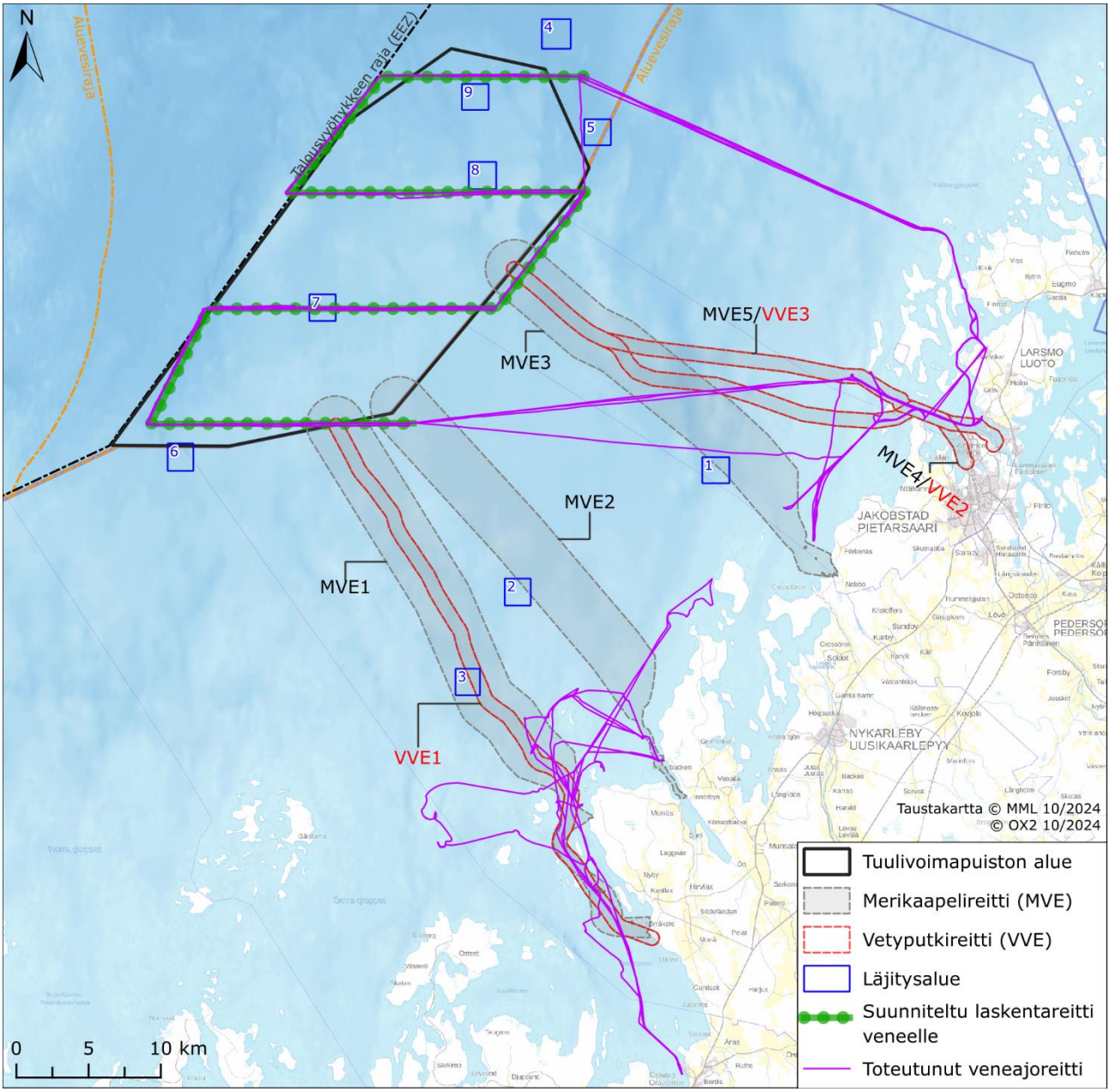
Pvm	Kohde	Menetelmä	Tarkkailu
28.5.2023	Merituulivoimapuiston alue ja energiansiirtoreitit	Venelaskennat	Kevätmuutto
3.6.2023	Merituulivoimapuiston alue ja energiansiirtoreitit	Venelaskennat	Kevätmuutto

Merituulivoimapuiston alue

Tuulivoimapuiston alueella mahdollisesti lepäileviä, ruokailevia ja muutoin liikkuvia sekä alueen kautta muuttavia lintuja selvitettiin vene- ja lentolaskentojen avulla, jossa sekä veneellä, että helikopterilla kuljettiin ennalta määriteltyä laskentareittiä pitkin koko tuulivoima-alueen laajuudelta. Selvitykset aloitettiin syksyllä 2021 venelaskennoilla alueelle sijoittuvien syysmuuttoreittien selvittämiseksi. Valtaosa selvityksistä toteutettiin vuoden 2022 aikana, jolloin toteutettiin kevätmuuttoselvitykset sekä pesimäaikaiset ruokailulentotarkkailut ja lepäilijälaskennat. Koska sääolosuhteiden vuoksi vuoden 2021 syysmuutontarkkailuita ei pystytty toteuttamaan suunnitellusti, niitä jatkettiin vielä syksyllä 2022. Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen Laineen YVA-ohjelmasta antaman lausunnon perusteella selvityksiä jatkettiin vielä keväällä 2023 kevätmuutontarkkailuilla, jolloin tarkkailut aloitettiin jo maaliskuun lopulla ja toteutettiin alkukauden osalta jäiden lähtöön saakka lentolaskentoina helikopterilla ja jatkettiin toukokuussa venelaskennoilla. Vuoden 2023 venelaskennoissa keskityttiin pääasiassa merituulivoimapuistoalueen kautta muuttavaan linnustoon, jolloin sen sijaan, että olisi ajettu läpi suunniteltu reitti, tarkkailtiin muuttavia lintuja paikallaan olevasta veneestä useammasta pisteestä tuulivoima-alueen reunalta. Näin ollen keväiden 2022 ja 2023 tulokset eivät ole kaikilta osin vertailukelpoisia keskenään, mutta tulosten perusteella pystyy havaitsemaan vuosien välisiä eroja lintujen muutossa alueen kautta. Kaikkiaan merituulivoimapuiston alueella käytiin 21 kertaa (Taulukko 10-1).

Venelaskentojen osalta laskentareitti sovitettiin alueen laajuuteen, etäisyyteen lähimmistä satamista sekä käytettävään venekalustoon siten, että laskentareitti pystyttiin suorittamaan kokonaisuudessaan yhden päivän valoisana aikana. Laineen tuulivoimahankkeessa laskentareitin kokonaispituus tuulivoimapuiston alueella oli noin 110 kilometriä ja laskentapäivän ajomatkan kokonaispituus merellä noin 185 kilometriä. Veneen ajonopeus laskennan aikana oli sääolosuhteista riippuen noin 15–30 km/h. Laskentareitillä ajolinjojen välinen etäisyys oli noin 8 kilometriä (Kuva 10-1 ja Kuva 10-2). Laskentareitti pyrittiin optimoimaan edellä mainittujen reunaehtojen mukaisesti siten, että tuulivoima-alueella lepäilevästä ja ruokailevasta linnustosta saataisiin otoksena riittävän kattava yleiskuva yhden laskentapäivän valoisana aikana. Toukokuussa arktisten kuikka- ja vesilintujen muuton aikaan tuulivoimapuiston alueella pyrittiin myös seuraamaan mahdollista muuttoa paikallaan olevasta veneestä. Veneessä oli aina mukana veneen kuljettaja ja linnustontarkkailija. Osassa käynneistä myös veneen kuljettaja osallistui tarkkailuun.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 10-1. Laineen merituulivoimapuiston alueelle toteutunut venelaskentareitti, joka pyrittiin ajamaan veneellä jokaisella käyntikerralla. Reitin pituus tuulivoima-alueella on noin 110 kilometriä ja laskentalinjat sijoittuvat alueelle 8 kilometrin välein.

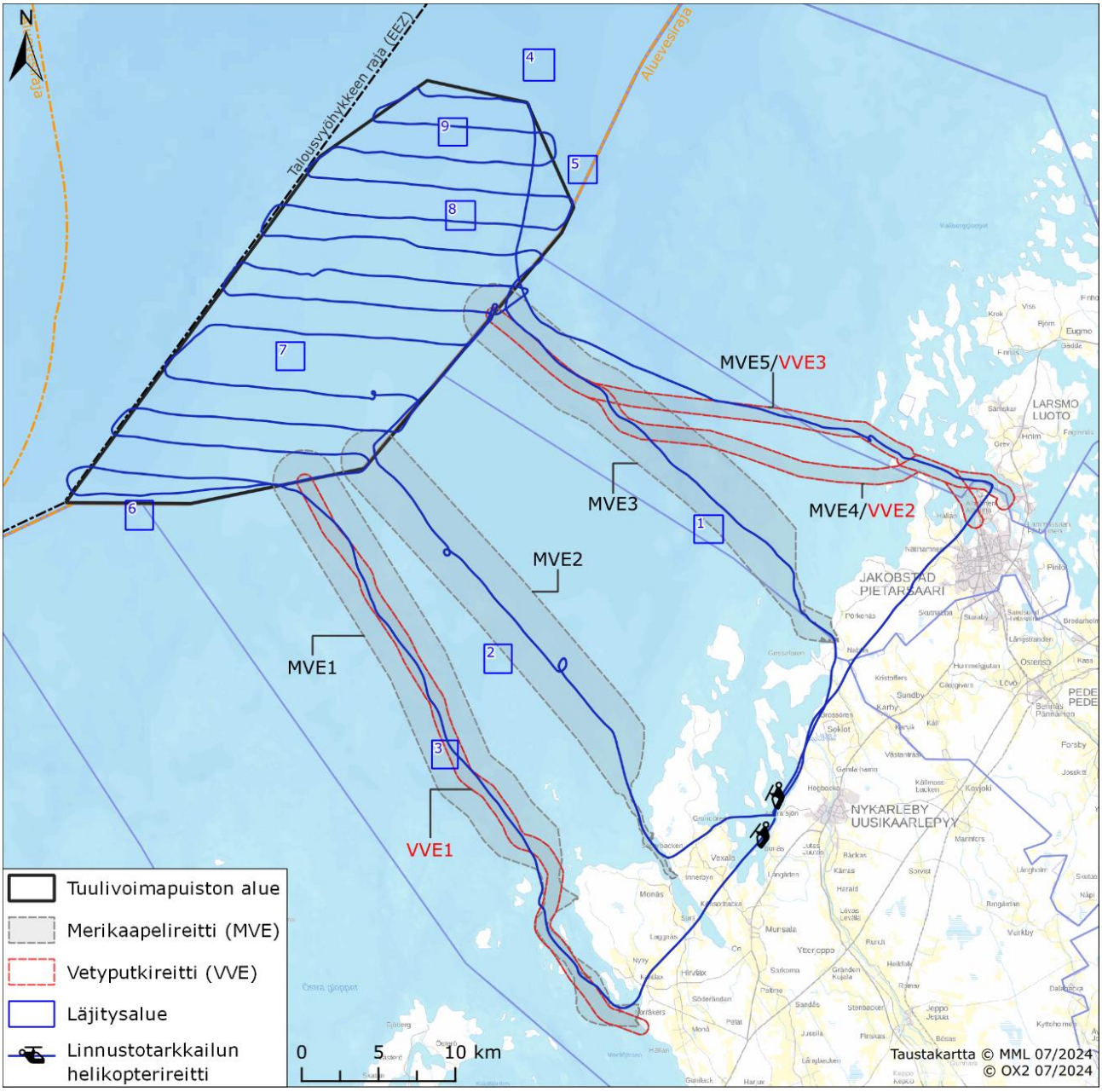
Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 10-2. Venelaskennoissa tarkkailu tapahtui veneen kannelta kiikareilla tarkkailemalla. Kaikki havaitut lintuyksilöt merkattiin paikkatieto-ohjelmaan tablettitietokoneella (tässä kiinnitettynä veneen ikkunaan). Olosuhteet olivat parhaimmillaan täysin tyynet, osalla käyntikerroista aallokko haittasi jossain määrin havainnointia ja etenkin uivien lintujen löytämistä. Kuva: Harri Taavetti/FCG

Helikopterilla tehdyn lentolaskennan osalta merituulivoimapuiston alueelle luotiin huomattavasti tiheämpi lentoreitti noin kahden kilometrin ”kammalla” (Kuva 10-3, Kuva 10-4 ja Kuva 10-5). Koko tuulivoima-alue ja energiansiirtoreitit lennettiin yhden lentopäivän aikana. Lentolaskennan yhteydessä helikopterin lentokorkeus oli noin 50 metriä ja lentonopeus noin 100 km/h. Merituulivoimapuiston alueen ja kaapelireittien kattavan lentoreitin kokonaispituus oli noin 495 km. Tarvittaessa poikettiin suunnitellulta lentoreitiltä, laskettiin lentokorkeutta ja hidastettiin nopeutta, jotta pystyttiin määrittämään havaitut linnut. Keväällä jäiseen aikaan tehtiin ylimääräisiä mutkia myös reitille osuneiden railojen kohdalla. Kopterin lentäjä on myös kokenut lintuharrastaja, joten lentolaskentojen osalta tarkkailijoita oli käytännössä kaksi.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 10-3. Laineen merituulivoimapuiston alueen lentolaskentareitti toteutuneen lennon mukaan esitettynä. Reitin kokonaispituus on noin 495 kilometriä ja laskentalinjat sijoittuvat alueelle 2 kilometrin välein. Kaikki toteutetut lennot lennettiin tuulivoima-alueen ja energiansiirtoreittien osalta samaa reittiä. Lentojäljessä näkyy muutamat silmukat, kun havaittuja lintuja on käännytty määrittämään lajilleen.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 10-4. Laineen lentolaskennoissa käytetty helikopteri ja polttoaine/huoltoauto. Kuva otettu kevään 2023 selvitysten ensimmäisenä laskenta-aamuna 30.3.2023. Kuva: Harri Taavetti/FCG



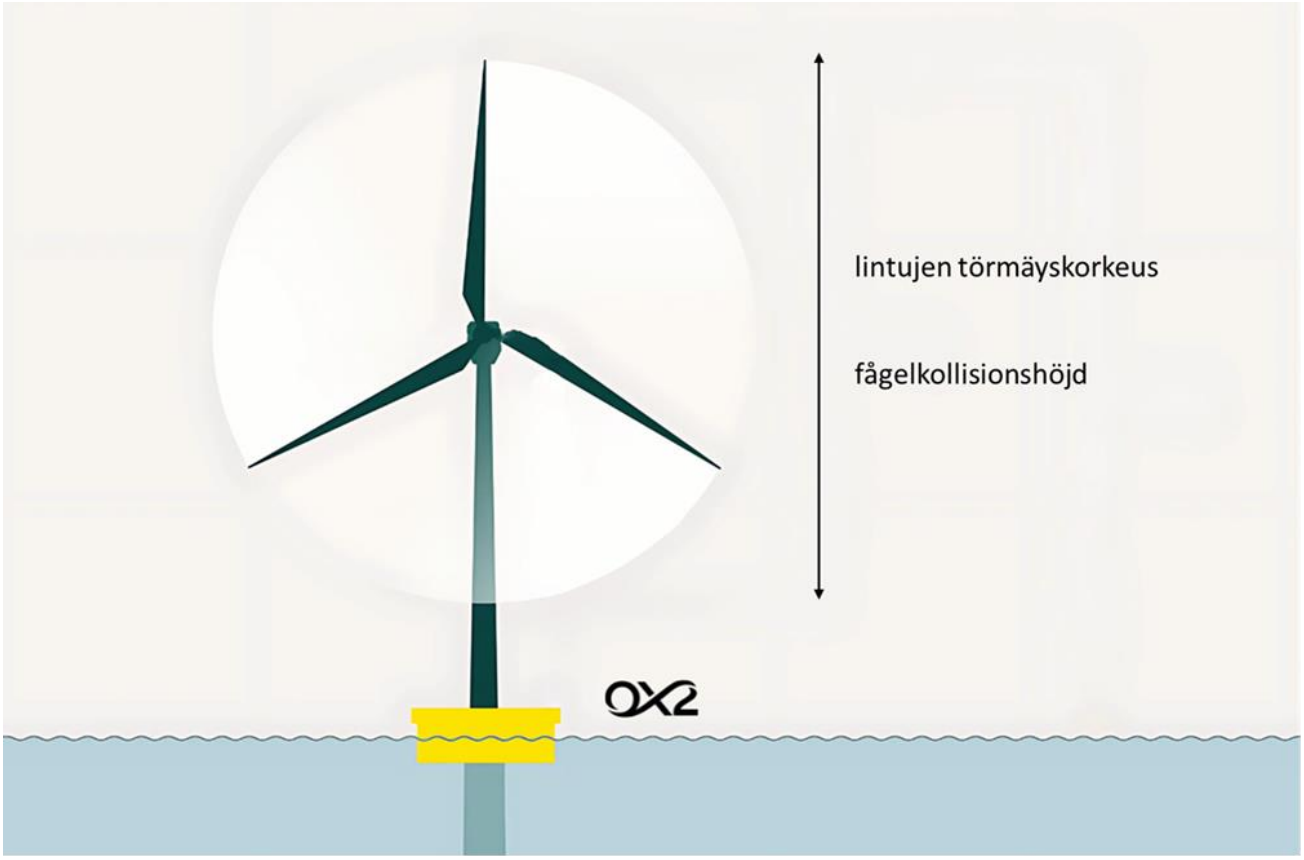
Kuva 10-5. Laineen tuulivoimapuiston aluetta 30.3.2023. Näkymä helikopterista on lähes esteetön, jolloin alapuolella uivat ja lentävät linnut ovat helposti havaittavissa ja määritettävissä lajilleen. Alkukevään 2023 selvitysten aikaan meri oli vielä suurelta osin jäässä, jolloin ennalta suunnitellun reitin lentämisen lisäksi tarkistettiin reitille osuneet railot tarkemmin. Tarvittaessa myös helikopterista havaittujen lintujen lajimääritys on helppo varmistaa tekemällä tarvittava lenkki alempana. Kuva: Harri Taavetti/FCG

Laskennat pyrittiin ajoittamaan riittävän heikkotuulisiin sääolosuhteisiin, jolloin laskenta olisi toteutettavissa tuulivoimapuiston alueella kokonaisuudessaan, eivätkä sääolosuhteet muuttuisi merkittävästi laskentapäivän aikana. Etenkin venelaskentojen kohdalla aallokon korkeus ja suunta ovat merkittävimmät laskentaan vaikuttavat tekijät, koska ne vaikuttavat lintujen

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

havaittavuuteen aaltojen välistä sekä veneen ajonopeuteen ja vakauteen laskennan aikana. Lentolaskentojen kohdalla tällä on vähäisempi merkitys. Myös näkyvyys on oleellinen tekijä tarkkailujen onnistumiselle. Näkyvyys oli kaikilla käyntikerroilla hyvä (>10 km), vain yksittäisillä käyntikerroilla esiintyi sumurintamia, jotka hetkellisesti heikensivät näkyvyyttä, mutta eivät oleellisesti vaikuttaneet tarkkailuiden onnistumiseen.

Laskennat toteutettiin tarkkailemalla/kiikaroimalla lintuja veneestä/helikopterista ja kirjaamalla tiedot lintujen olinpaikasta ja liikkumisesta ylös. Kirjaaminen tapahtui tablettitietokoneella paikkatieto-ohjelmaan. Venelaskentojen yhteydessä tarvittaessa myös pysähdyttiin tarkkailemaan lintuja. Havaituista linnuista kirjattiin ylös kellonaika, havaintopaikka (veneen sijainti koordinaatteina), laji/lajiryhmä, lukumäärä, lintujen sijainti ja suunta suhteessa havaintopaikkaan, onko lintu lennossa vai paikallisena vedessä, saalistelemassa tms. Havaituista linnuista merkittiin lisäksi arvioitu lentokorkeus luokissa 0 m (=uivat linnut), 1–10 m, 10–20 m, 20–50 m, 50–400 m ja yli 400 m. Korkeusluokat 20–50 m ja 50–400 m luokitellaan arvioinnissa lintujen potentiaaliseksi törmäyskorkeudeksi (ks. Kuva 10-6). Hankkeessa suunniteltujen voimaloiden kokonaiskorkeus on korkeintaan 370 metriä. Lentokorkeuksien arviointi perustui tarkkailijoiden omaan arvioon ja aiempaan kokemukseen tuulivoimapuistoihin liittyvistä tarkkailuista.



Kuva 10-6. Lintujen törmäyskorkeudella tarkoitetaan lentokorkeutta merenpinnasta, jolla linnut voivat potentiaalisesti törmätä pyöriviin lapoihin. Todellisuudessa lapa pyyhkäisee noin 30 m merenpinnan yläpuolelta, mutta vaikutusten arvioinnissa törmäyskorkeudeksi on luokiteltu varoivaisuusperiaatteen mukaisesti 20–400 m.

Energiansiirtoreittien alueet

Energiansiirtoreittien alueella lepäilevää ja ruokailevaa linnustoa selvitettiin vuosien 2021–2023 aikana. Energiansiirtoreittien alueilta selvitettiin muutonaikaisia lepäilijöitä sekä pesimäaikaisten ruokailulentojen sijoittumista ja suuntautumista. Selvitysten pohjatiedoksi hankittiin olemassa olevaa tietoa alueella laadituista saaristolinnustolaskennoista (*Wistbacka, kirjall. tiedonanto*

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

2022). Aineistosta määritettiin vaikutusten kannalta todennäköisesti merkittävimmät pesimäluodot (energiansiirtoreittejä lähimmät sekä laji- ja parimääriltään suurimmat), joille tarkkailut keskitettiin. Olemassa oleva aineisto ei kattanut eteläisten reittivaihtoehtojen aluetta, jonka vuoksi tarkkailua painotettiin myös sinne (*Kuva 10-7*).

Selvityksissä keskityttiin energiansiirtoreittien alueella lepäilevien ja ruokailevien lintujen yleispiirteiseen selvittämiseen sekä mahdollisten reittien varrella sijaitsevien merkittävien pesimälinnuston ravinnonhankinta-alueiden tunnistamiseen. Selvityksiä toteutettiin sekä maista että veneestä käsin, kiikarin ja kaukoputken avulla lintuja tarkkaillen. Selvityksissä sovellettiin virallisten saaristolintulaskentojen (*Luomus 2023a*) sekä vesilintulaskentojen ohjeistusta (*Luomus 2023b*). Havaitut linnut kirjattiin lähtökohtaisesti noin 500 metrin laajuiselta alueelta reittien keskilinjan molemmin puolin. Kaikkien havaittujen lintujen sijainti ja mahdollinen lentosuunta merkattiin paikkatieto-ohjelmaan tablettitietokoneella. Lisäksi pesimäaikaisten ruokailulentoselvitysten yhteydessä energiansiirtoreittien lähialueiden merkittävimmiksi tunnistettujen pesimäsaarten ja -luotojen läheisyydessä seurattiin paikallaan olevasta veneestä käsin pesivien lintujen ravinnonhankintalentojen suuntautumista ja kalastusalueita. Tarkkailuiden yhteydessä merkattiin kunkin linnun lentoreitti pesimäpaikalta ja sille takaisin.

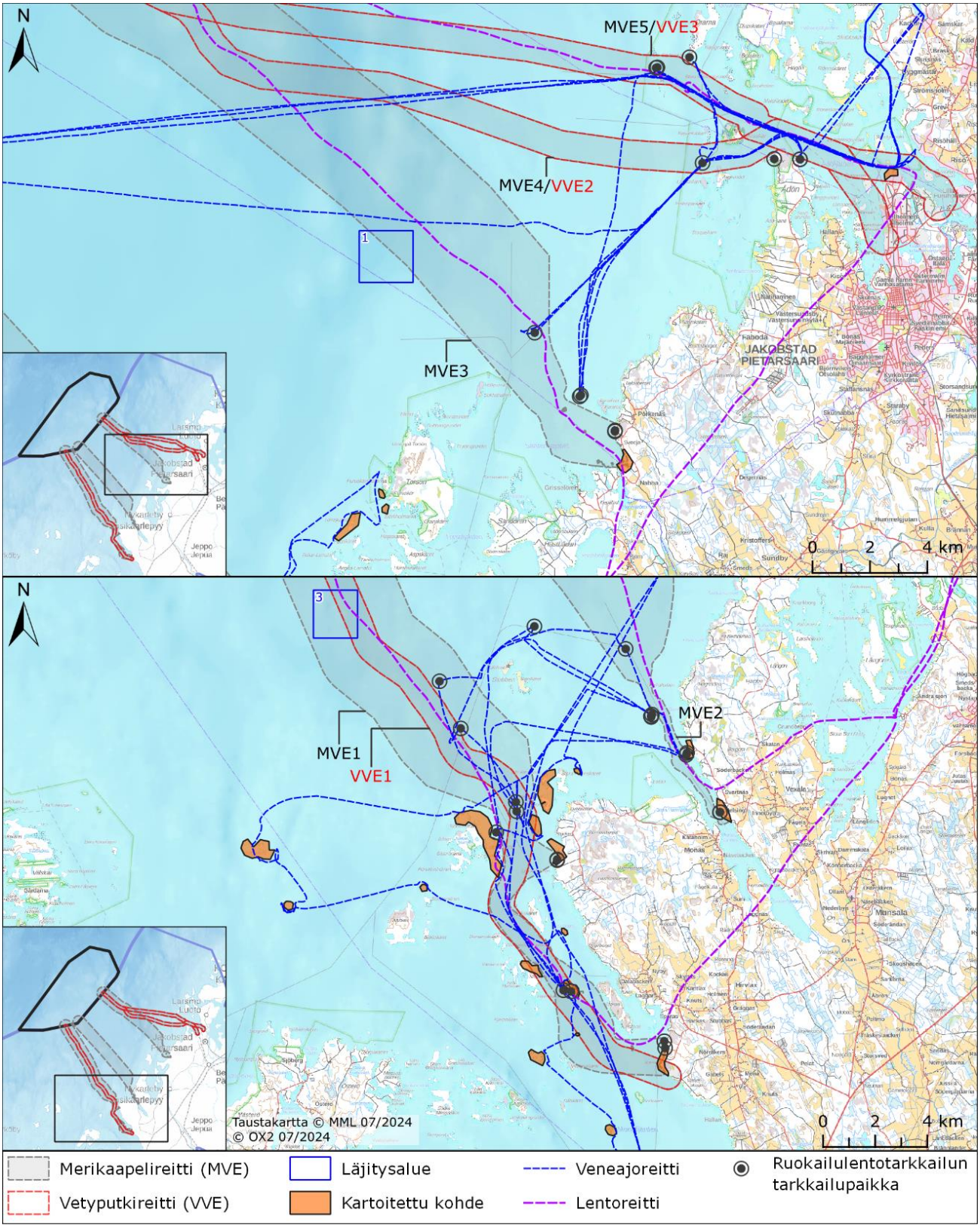
Energiansiirtoreittien erillistarkkailuissa selvityksiä painotettiin rannikon ja saarten läheisyyteen, noin 5 km etäisyydelle uloimpien saarten ja luotojen tasalta avomerelle päin. Erillistarkkailuiden lisäksi siirtymät tuulivoima-alueelle ja sieltä takaisin pyrittiin kulkemaan suunniteltuja energiansiirtoreittejä pitkin ja tätä ulompana energiansiirtoreittien linnustoon kiinnitettiin huomiota siirtymillä.

Vesialueiden lisäksi energiansiirtoreittien rantautumisalueiden pesimälinnustoa selvitettiin kahteen kertaan toistetuilla kartoituslaskennoilla. Selvitysten tarkoituksena oli selvittää, esiintyykö rantautumiskohteilla ja niiden lähialueilla suojelullisesti huomionarvoista pesimälajistoa ja sijaitseeko alueilla linnuston kannalta merkittäviä kohteita. Selvitykset kohdistettiin alueille, joille rantautumispaikkojen kaivuutöiden vaikutukset (suorat elinympäristömuutokset sekä häiriövaikutukset) arvioitiin ulottuvan, eli rantautumispaikan ympäristö mantereella noin 500 metrin säteellä suunnitellusta reitistä sekä rantautumispaikan lähisaaret ja -luodot, jotka olivat havainnoitavissa maista.

Energiansiirtoreittien alueella toteutetut selvitykset toimivat aineistona myös läheisille Natura-alueille kohdistuvissa vaikutusten arvioinneissa.

Merituulivoimapuiston alueella ja energiansiirtoreiteillä toteutettujen käyntien aikaiset sääolosuhteet (aallonkorkeus ja tuulen suunta) on koostettu taulukoksi (Taulukko 10-2) Ilmatieteenlaitoksen havaintojen lataus -palvelusta. Kevään osalta Perämeren aaltopoiju on ollut toiminnassa vain kesäkuun alkupuolelta alkaen, joten molempien selvityskeväiden toukokuun havainnot puuttuvat. Kuitenkin myös toukokuun käynnit pystyttiin toteuttamaan hyvissä sääolosuhteissa (tuuli ja näkyvyys) molempina selvitysvuosina (esim. ks. Kuva 10-2). Kevään 2023 osalta ensimmäisten lentolaskentojen aikaan tuulivoimapuiston merialue oli vielä lähes kauttaaltaan jäässä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 10-7. Energiansiirtoreittien linnustoselvityksissä veneellä ajetut reitit, ruokailulentotarkkailuihin käytetyt tarkkailupaikat sekä kartoitetut kohteet. Oranssilla kuviolla on osoitettu energiansiirtoreittien lähiluodot ja -saaret, joilta on käytettävissä saaristolaskentojen tuloksia.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 10-2. Merituulivoimapuiston alueella ja energiansiirtoreiteillä toteutettujen käyntien aikaiset sääolosuhteet.

Perämeri aaltopoiju											
Vuosi	Kk	Pv	Klo	Merkitsevä aallon-korkeus (m)	Aallokon suunta (ast.)	Vuosi	Kk	Pv	Klo	Merkitsevä aallon-korkeus (m)	Aallokon suunta (ast.)
2021	9	10	0:00	0,2	267	2022	7	15	6:00	0,7	191
2021	9	10	6:00	0,1	269	2022	7	15	9:00	0,8	191
2021	9	10	9:00	0,3	300	2022	7	15	12:00	0,7	191
2021	9	10	12:00	0,3	303	2022	7	15	15:00	0,6	191
2021	9	10	15:00	0,3	301	2022	7	15	18:00	0,5	191
2021	9	10	18:00	0,3	220	2022	7	18	6:00	0,4	191
2021	10	14	6:00	0,4	253	2022	7	18	9:00	0,4	191
2021	10	14	9:00	1,1	186	2022	7	18	12:00	0,4	191
2021	10	14	12:00	1,5	191	2022	7	18	15:00	0,3	191
2021	10	14	15:00	2,1	191	2022	7	18	18:00	0,6	191
2021	10	14	18:00	2,7	191	2022	7	21	6:00	0,3	191
2022	6	8	6:00	0,1	191	2022	7	21	9:00	0,5	191
2022	6	8	9:00	0,2	191	2022	7	21	12:00	0,5	191
2022	6	8	12:00	0,2	191	2022	7	21	15:00	0,3	191
2022	6	8	15:00	0,1	191	2022	7	21	18:00	0,2	191
2022	6	8	18:00	0,1	191	2022	7	25	6:00	0,1	191
2022	6	27	6:00	0,3	191	2022	7	25	9:00	0,3	191
2022	6	27	9:00	0,2	191	2022	7	25	12:00	0,3	191
2022	6	27	12:00	0,2	191	2022	7	25	15:00	0,2	191
2022	6	27	15:00	0,1	191	2022	7	25	18:00	0,3	191
2022	6	27	18:00	0,1	191	2022	8	8	6:00	0,9	191
2022	7	1	6:00	0	191	2022	8	8	9:00	0,6	191
2022	7	1	9:00	0	191	2022	8	8	12:00	0,4	191
2022	7	1	12:00	0,1	191	2022	8	8	15:00	0,4	191
2022	7	1	15:00	0,1	191	2022	8	8	18:00	0,3	191
2022	7	1	18:00	0	191	2022	8	19	6:00	0,2	191
2022	7	10	6:00	0,4	191	2022	8	19	9:00	0,2	191
2022	7	10	9:00	0,3	191	2022	8	19	12:00	0,2	191
2022	7	10	12:00	0,3	191	2022	8	19	15:00	0,1	191
2022	7	10	15:00	0,3	191	2022	8	19	18:00	0,1	191
2022	7	10	18:00	0,4	191	2022	9	10	6:00	1,1	191
2022	7	11	6:00	0,1	191	2022	9	10	9:00	1,1	191
2022	7	11	9:00	0,1	191	2022	9	10	12:00	1,2	191
2022	7	11	12:00	0,2	191	2022	9	10	15:00	1,3	191
2022	7	11	15:00	0,2	191	2022	9	10	18:00	1,4	191
2022	7	11	18:00	0,1	191	2022	9	30	6:00	0,4	191
2022	7	13	6:00	0	191	2022	9	30	9:00	0,3	191
2022	7	13	9:00	0	191	2022	9	30	12:00	0,2	191

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

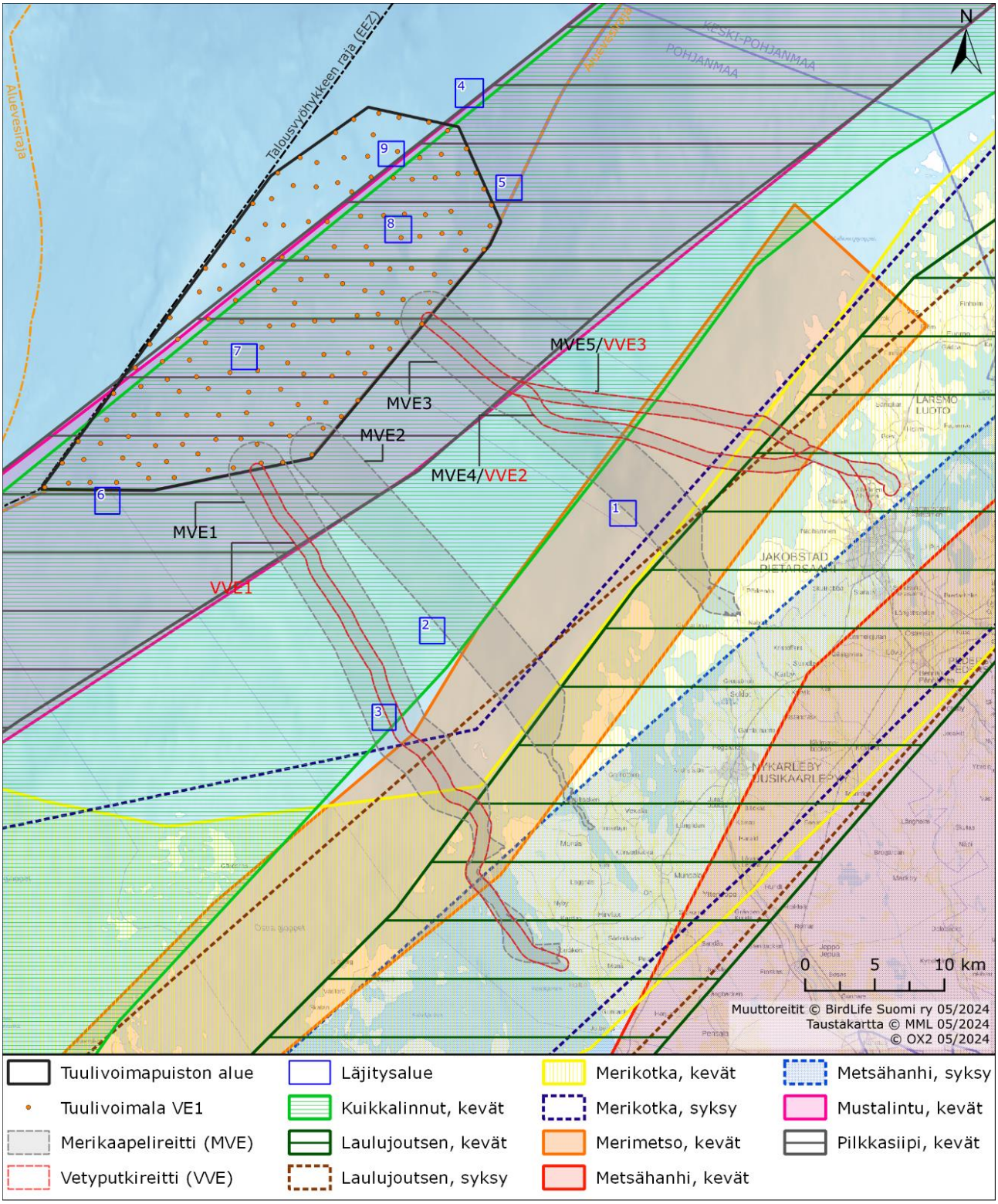
Perämeri aaltopoiju											
Vuosi	Kk	Pv	Klo	Merkitsevä aallon-korkeus (m)	Aallokon suunta (ast.)	Vuosi	Kk	Pv	Klo	Merkitsevä aallon-korkeus (m)	Aallokon suunta (ast.)
2022	7	13	12:00	0,1	191	2022	9	30	15:00	0,1	191
2022	7	13	15:00	0	191	2022	9	30	18:00	0,1	191
2022	7	13	18:00	0	191						

10.2 Nykytila

10.2.1 Merituulivoimapuiston alue

Laineen merituulivoimahankkeen alueelle ja sen läheisyyteen sijoittuvat BirdLife Suomen (*2023*) määrittelemät lintujen päämuuttoreitit on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 10-8). Muuttoreitit kulkevat pääosin vesialueen ja mantereen rajapinnan tuntumassa rannikon myötäisesti.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 10-8. Kuikkalintujen, laulujoutsenen, merikotkan, merimetson, metsähanhen, mustalinnun ja pilkkasiiven syys- ja kevätmuuttoreitit merituulivoimahankkeeseen nähden (BirdLife Suomi 2023). Näistä pilkkasiipi, mustalintu sekä myös kuikkalinnut muuttavat keväisin osittain Laineen hankealueen kautta.

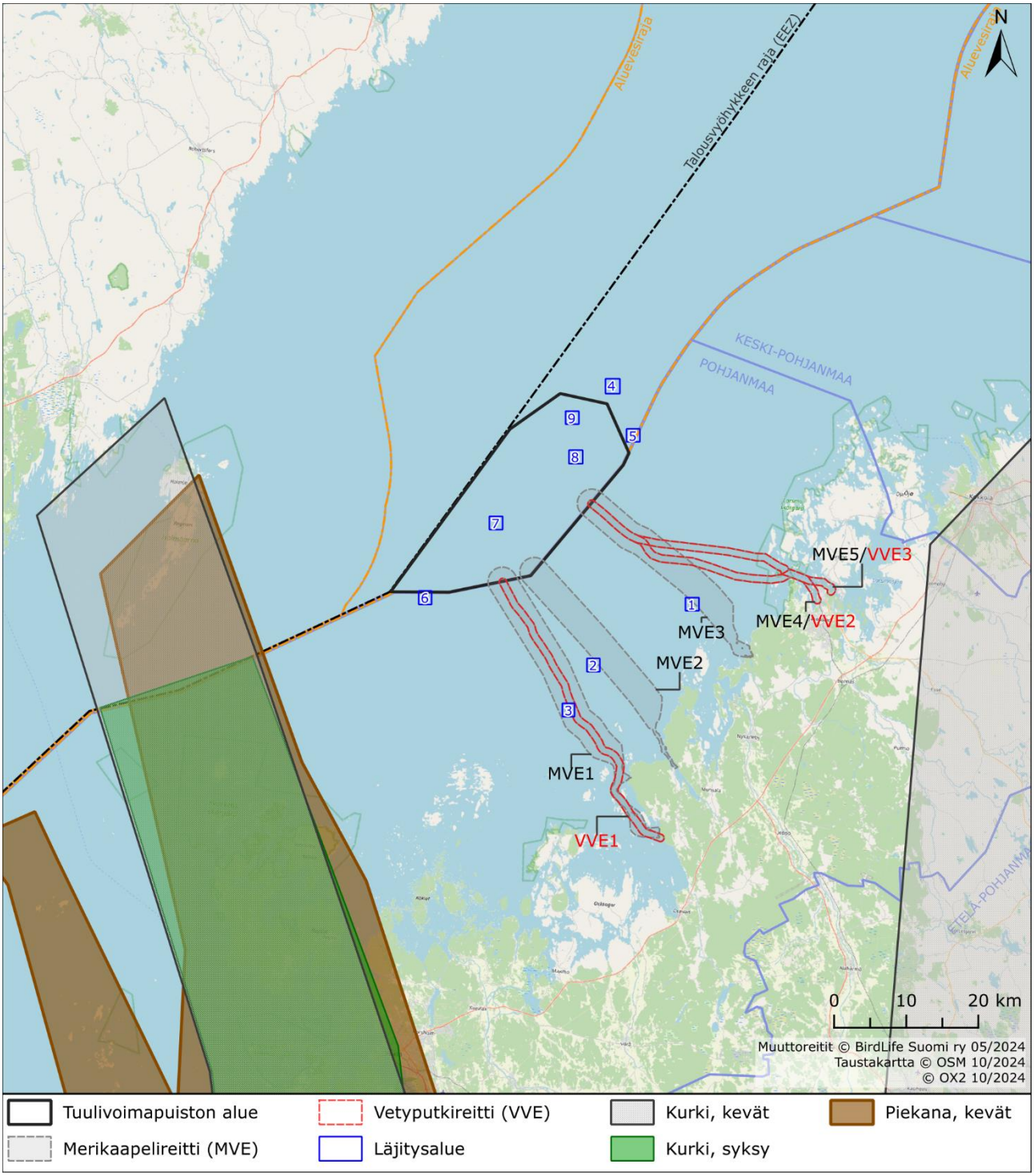
Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Etenkin keväällä Pohjanlahden ja Perämeren rannikko muodostaa yhden merkittävimmistä muuttoväylistä useille Suomen ja muun Pohjois-Euroopan sekä arktisen tundran alueella pesiville lintulajeille (esim. *Toivanen ym. 2014*). Vallitseva käsitys on, että muutto seurailee valtaosin rannikkoa, yksilömäärien laskiessa nopeasti rannikolta ulkomerelle ja toisaalta sisämaahan edetessä.

Syksyllä Perämeren muuttoreitit eivät ole yhtä selväpiirteisiä kuin keväällä. Lajit voivat jossain olosuhteissa, kuten itätuulella, kulkea myös merituulivoimapuistoalueen kautta.

Kurjen ja piekanan osalta Pohjanlahden merkittävät muuttoväylät eivät sijoitu tuulivoimapuiston alueelle (Kuva 10-9) (*BirdLife Suomi 2023*).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 10-9. Kurjen syys- ja kevätmuuttoreitit sekä piekanan kevätmuuttoreitti merituulivoima-hankkeeseen nähden (piekanan syysmuuttoreitti keskittyy Perämeren kaarelle ja siitä kaakkoon) (BirdLife Suomi 2023).

Vuosien 2021–2023 selvitysten yhteydessä merituulivoimapuiston alueella havaittiin kaikkiaan 8042 lintuyksilöä ja 36 lajia. Näistä ylivoimainen enemmistö, 7 309 yksilöä havaittiin kevätmuuton aikaisten käyntien yhteydessä (Taulukko 10-3). Toki käyntikertojakin keväällä oli eniten, mutta tulos kuitenkin osoittaa selkeästi sen, että lintujen määrä tuulivoima-alueella on suurimmillaan kevätmuuton aikaan.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 10-3. Koontitaulukko kaikista hankealueen selvityksissä vuosina 2021–2023 havaituista linnuista. Kevät käsittää maalis-, huhti- ja toukokuun, kesä käsittää kesä-, heinä- ja elokuun ja syksy käsittää syys- ja lokakuun.

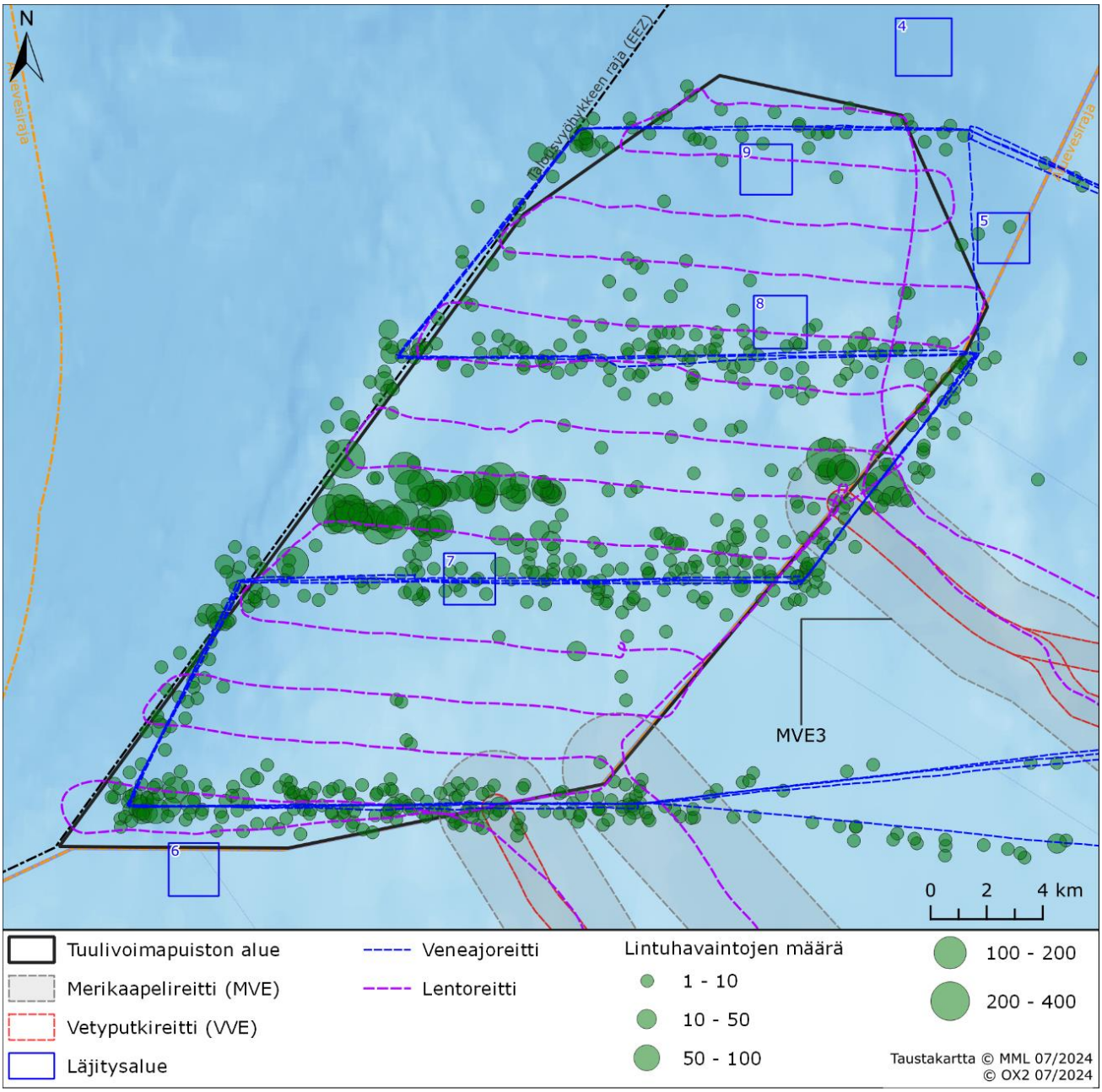
Laji	Yht.	Syksy 2021	Kevät 2022	Kesä 2022	Syksy 2022	Kevät 2023
Alli	280	6	273		1	
Etelänkiisla	2		1	1		
Haahka	6		6			
Harmaa-lokki	160	18	20	65	13	44
Isokoskelo	148	3	83	51	9	2
Iso/tukka-koskelo	36		26	10		
Isove-sipääsky	1		1			
Jalohauk-kalaji	1			1		
Jääkuikka	2	1		1		
Kaakkuri	25		15	5	3	2
Kala/lapin-tiira	73		43	25	1	4
Kalalokki	68	8	4	41	7	8
Kuikka	195	3	148	8	4	32
Kuikkalin-tulaji	193	6	168	3	2	14
Käpytikka	1				1	
Lokkilaji	111	12	1	89	6	3
Merikihu	6		2		2	2
Merikotka	23					23
Merilokki	13		2	1		10
Merimetso	1			1		

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Laji	Yht.	Syksy 2021	Kevät 2022	Kesä 2022	Syksy 2022	Kevät 2023
Metsähanhi	8					8
Mustalintu	1933	2	1925		6	
Musta-lintu/pilk-kasiipi	3961		3960	1		
Naurulokki	2					2
Peippo	8				8	
Piekana	1				1	
Pikkulintu-laji	5				5	
Pikkulokki	6			6		
Pilkkasiipi	243		240			3
Riskilä	3		1	2		
Ristisorsa	4			4		
Ruokki	162		83	65	1	13
Selkälokki	134	3	5	115	11	
Suopöllö	1		1			
Telkkä	31	8	6	6	9	2
Terva-pääsky	1			1		
Tukkakos-kelo	7		2	5		
Valkopos-kihanhi	1		1			
Vesilintulaji	165	8	125	2	21	9
Vesipääsky	2			2		
Yhteensä	8023	78	7142	511	111	181

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Sekä muutonaikaisten (kevät ja syksy), että kesänaikaisten selvitysten aikana havaitut linnut jakautuivat varsin tasaisesti koko tuulivoimapuistoalueen ja selvitettyjen reittien alueelle ilman havaittavia ympäröivästä merialueesta erottuvia alueita, joilla olisi ollut enemmän lintuyksilöitä. Jossain määrin oli todettavissa, että aivan tuulivoimapuistoalueen pohjoisosassa keskimääräinen lintutiheys oli muuta tuulivoimapuistoaluetta alhaisempi (Kuva 10-10).

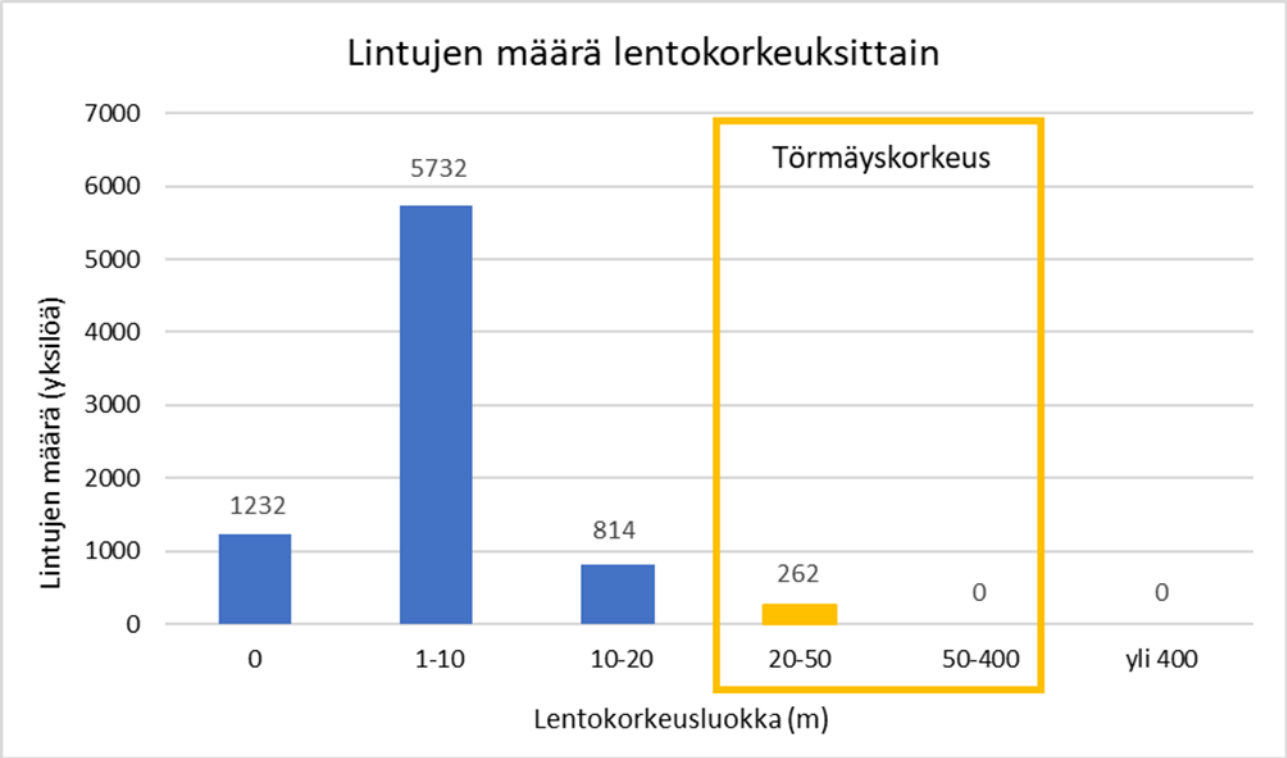


Kuva 10-10. Koontikartta kaikista vuosina 2021–2023 toteutetuissa Laineen merituulivoimapuistoalueen selvityksissä merkatuista lintuhavainnoista sekä esimerkkejä kulkureiteistä. Siniset viivat kuvaavat veneellä kuljettuja reittejä, lilat helikopterilla lennettyjä reittejä.

Lentäviä lintuja havaittiin kaikkiaan 6762 yksilöä (Kuva 10-11). Niistä 84 % lensi korkeusluokassa 1–10 m. Törmäyskorkeudella (20–400 m) todettiin lentävän vain 3,8 % (262 yksilöä) linnuista. Havaintojen perusteella avomeriolosuhteissa sekä muuttavat että alueella muuten liikkuvat linnut siis lentävät pääasiassa matalalla merenpinnan tuntumassa. Lokit olivat ainoa lajiryhmä, joiden

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

yksilöitä havaittiin säännöllisesti lentävän korkeammalla, tosin niistäkin valtaosa lensi törmäyskorkeuden alapuolella.



Kuva 10-11. Koontitaulukko kaikkien havaittujen lentävien lintujen (n=6762 yksilöä) lentokorkeuksista. Korkeusluokat 20–50 ja 50–400 metriä luokitellaan törmäyskorkeudeksi.

Vuonna 2023 tehtiin linnustoselvityksiä useina peräkkäisinä päivinä OX2:n kolmessa eri hankkeessa Suomen talousvyöhykkeellä noin 25–45 km etäisyydellä rannikosta, Perämerellä Laine- ja Halla-hankkeissa ja Selkämerellä Tyrsky-hankkeessa. Myös Hallan selvitystulosten perusteella vain 2,8 % havaituista lintuyksilöistä lensi törmäyskorkeudella valtaosan lentäessä törmäyskorkeuden alapuolella. Selkämeren linnustoselvityksissä todettiin merkittävä ero nimenomaan muuton aikaan lepäilevän linnuston yksilömäärissä verrattuna Perämeren yksilömääriin. Merenkurkun eteläpuolella laskettiin enimmillään 20 000 alueella lepäilevää mustalintua sekä tuhansia haahkoja ja pilkkasiipiä. Siirryttäessä Perämerelle Merenkurkun pohjoispuolelle, paikalliset linnut käytännössä loppuivat kokonaan. Aiemmin keväällä tämä johtui pääasiassa siitä, että Perämeri oli vielä ainakin osittain jäässä, mutta ilmiö oli todettavissa vielä koko Perämeren vapauduttua jäistä. Havaintojen perusteella arktiset vesilinnut kerääntyvät odottelemaan Merenkurkun eteläpuolelle otollisia muuttosäitä ja -olosuhteita, ja lähtiessään muutolle ne eivät enää juuri pysähdy Perämeren alueella. Tätä johtopäätöstä tukee niin ikään samaan aikaan ja usein peräkkäisinä päivinä toteutetuissa Perämeren talousvyöhykkeelle sijoittuvan Hallan (OX2) merituulivoimapuiston linnustoselvityksissä: paikallisten lintujen yksilömäärät olivat varsin vähäiset ja suurin osa muuton aikana havaituista lintuyksilöistä havaittiin muuttolennossa pohjoisen ja koillisen suuntiin. Myös Selkämerellä vuosina 2021–2023 toteutetuissa Korsnäsin merituulivoimapuistoon liittyvissä kevätmuutontarkkailuissa muutto huipentui huhtikuussa, ja myös lepäilevien mustalintujen määrät olivat suurimmillaan huhtikuun lopussa (*Kannonlahti 2023*), kun taas Maanahkiaisen merituulipuistoon liittyvissä tarkkailuissa Perämeren rannikolla kevätmuutto ja etenkin arktisten vesilintujen muutto huipentui hyvin selkeästi 15.–20.5. väliselle ajalle (*Eurofins Ahma Oy 2023*).

Selkämerellä lepäilevien runsaiden arktisten vesilintumäärien kohdallakin oli todettavissa selkeästi, että käytännössä ne kaikki havaittiin korkeintaan 20 km etäisyydellä rannikosta alueella,

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

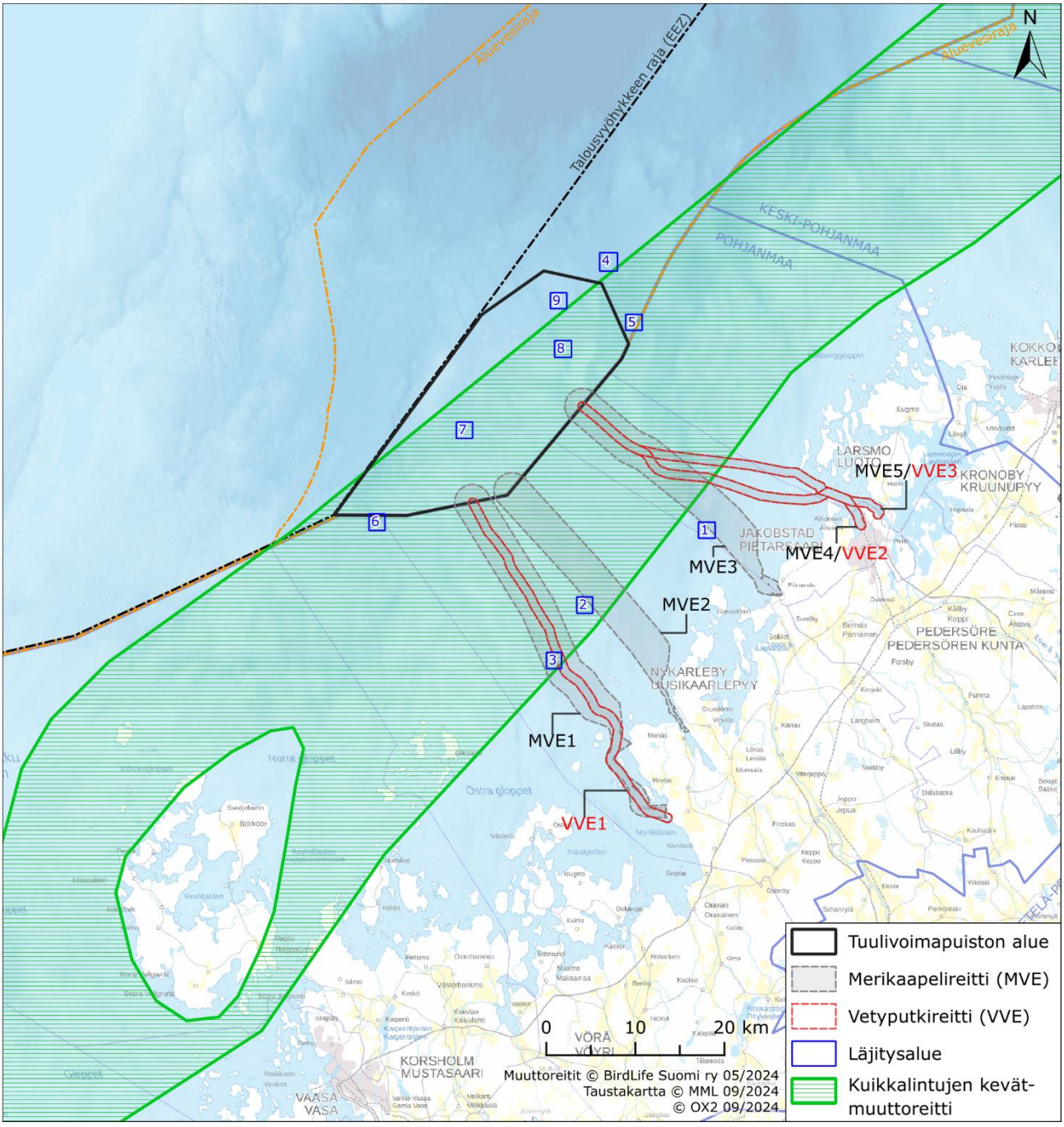
missä vedensyvyys ei ylitä 20 metriä. Selkämeren talousvyöhykkeellä sijaitsevalla Tyrskyn hankealueella arktisia vesilintuja ei havaittu sen enempää kuin Laineen alueellakaan.

Alla on esitetty lajikohtainen tarkastelu keskeisimpien havaintojen ja merituulivoiman vaikutusten kannalta keskeisimpien lajien osalta. Muita kuin alla mainittuja lajeja havaittiin vain yksittäisiä yksilöitä, eikä niitä käsitellä erikseen.

Kuikkalinnut (kuikka ja kaakkuri) / Lommar (storlom & smålom)

Laineen merituulivoimapuisto ja sen energiansiirtoreitit sijoittuvat kuikkalintujen valtakunnallisesti merkittävälle kevätmuuttoreitille (*Toivanen ym. 2023*) (Kuva 10-12). BirdLifen määrittelemä muuttoreitti sijoittuu siten, että se kattaa Laineen tuulivoimapuistoalueen sen länsiosaa lukuun ottamatta sekä merialuetta tuulivoimapuiston itäpuolelta, mutta ei ulotu Ruotsin puolelle saakka. Laineen hankkeen vaikutusalueen kautta (merituulivoimapuisto + energiansiirtoreitit) muuttavien kuikkalintujen arvioitiin olevan pääasiassa Suomen puolella Pohjanlahtea muuttavia kuikkalintuja. Karttatarkastelun perusteella arvioitiin, että mikäli Merenkurkun kautta Ruotsin puolella muuttavat kuikkalinnut muuttaisivat Laineen merituulivoimapuistoalueen kautta, ne joutuisivat kääntymään Merenkurkun jälkeen käytännössä itään. Tätä pidetään epätodennäköisenä, eikä selvityksissäkään saatu tästä havaintoihin perustuvia viitteitä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 10-12. Kuikkalintujen kevätmuuttoreitti ja Laineen hankkeen sijainti.

Kaikkiaan kuikkalintuja havaittiin selvitysten aikana 413 yksilöä (Kuva 10-13). Niistä 195 määritettiin kuikiksi ja 25 kaakkureiksi. Lisäksi havaittiin kaksi Suomessa harvalukuisena läpimuuttajana esiintyvää jääkuikkaa (vitnäbbad islom).

Havaituista kuikkalinnuista 93 % havaittiin toukokuussa, eli kevätmuutolla tuulivoimapuistoalueen kautta muuttavina tai muuton aikana lepäilevinä. Lennossa (=muuttolennossa) havaituista 379 kuikkalinnusta vain neljä yksilöä todettiin lentävän mahdollisella törmäyskorkeudella, eli korkeusluokassa 20–50 m. Näitä yksittäisiä poikkeuksia lukuun ottamatta kaikki havaitut kuikkalinnut siis lensivät törmäyskorkeuden alapuolella, suurelta osin lähes pinnassa, eli alle 10 metrin korkeudessa. **Kun arktisten vesilintujen kohdalla havainto oli saman suuntainen, tämä on yksi**

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

merkittävimmistä linnustoselvitysten havainnoista arvioitaessa linnustoon kohdistuvia törmäysvaikutuksia. Havainto myös poikkeaa silmiinpistävästi rannikon läheisyydessä havaittavasta kuikkalintumuutosta, sillä rannikon tuntumassa muuttavat parvet lentävät yleensä korkeusluokassa 20–50 m. Mantereen ylle noustessaan kuikkalintuparvet nousevat yleensä satojen metrien korkeuteen. Ulkomerellä, missä ei ole esteitä näköpiirissä, parvet pääsääntöisesti siis muuttavat aivan merenpinnan tuntumassa.

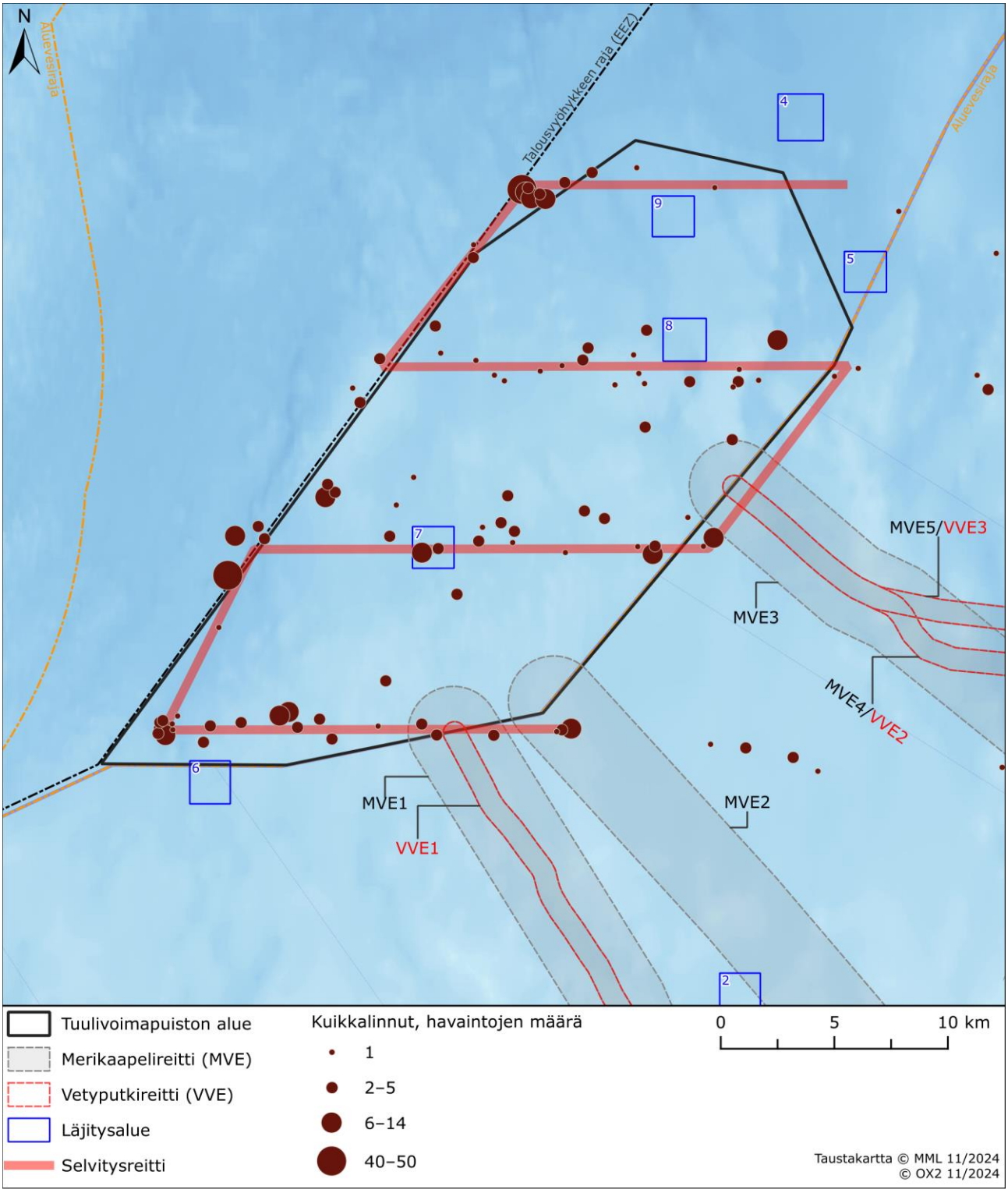
Valtaosalla lennossa havaituista kuikkalinnuista lentosuunta oli koilliseen. Kuikkalintuja muutti koko merituulivoimapuistoalueen kautta, mutta jossain määrin oli todettavissa, että tuulivoima-alueen kautta koilliseen lentävät kuikkalintuparvet painottuivat enemmän tuulivoimapuistoalueen eteläosaan.

Havaitussa kuikkalintumuutossa oli merkittävä ero keväiden 2022 ja 2023 välillä. Vuonna 2022 kuikkalintuja muutti huomattavia määriä merituulivoimapuistoalueen kautta, mutta vuonna 2023 kuikkalintuja havaittiin vain muutama. Tähän voivat vaikuttaa useat tekijät. Vuoden 2023 ”kuikkalintukevät” Pohjanlahdella oli yleisestikin vaisu, eli kuikkalintuja yksinkertaisesti muutti vähemmän Pohjanlahden kautta kuin yleensä. Tämä on pitkällä aikavälillä yleisesti tiedossa oleva ilmiö, jonka syytä ei tosin yksiselitteisesti tiedetä. On mahdollista, että Itämeren alueella muuton aikana vallitsevien olosuhteiden myötä suurempi osa kuikkalinnuista ohjautuu Suomenlahdelle, jota kautta suurin osa Suomen kautta muuttavista kuikkalinnuista muuttaa joka tapauksessa. Myös tuulen suunnalla on merkittävä paikallinen vaikutus muuttoreittien sijoittumiseen. On mahdollista, että parvet muuttivat lähempänä Ruotsin rannikkoa, jolloin ne eivät ole havaittavissa Laineen tuulivoima-alue. Myös sattumalla voi olla merkitystä, eli tarkkailukäynnit osuivat hetkiin, jolloin kuikkalintujen muutto oli vähäistä.

Kesäaikana (kesä–elokuu) pesimättömiä kuikkalintuja havaittiin yksittäin ja pikkuparvina yhteensä 35 yksilöä. Tyypillisesti etenkin kuikkia kertyy parviksi merelle ja järvien selille ennen syysmuuttoa, mutta Laineen tuulivoimapuiston alueella tämä ei vaikuta olevan merkittävä ilmiö.

Myös syksyllä havaittu kuikkalintujen muutto ja muutonaikainen lepäily Laineen tuulivoimapuiston alueella oli lähes olematonta: kuikkalintuja havaittiin yhteensä vain 10 yksilöä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



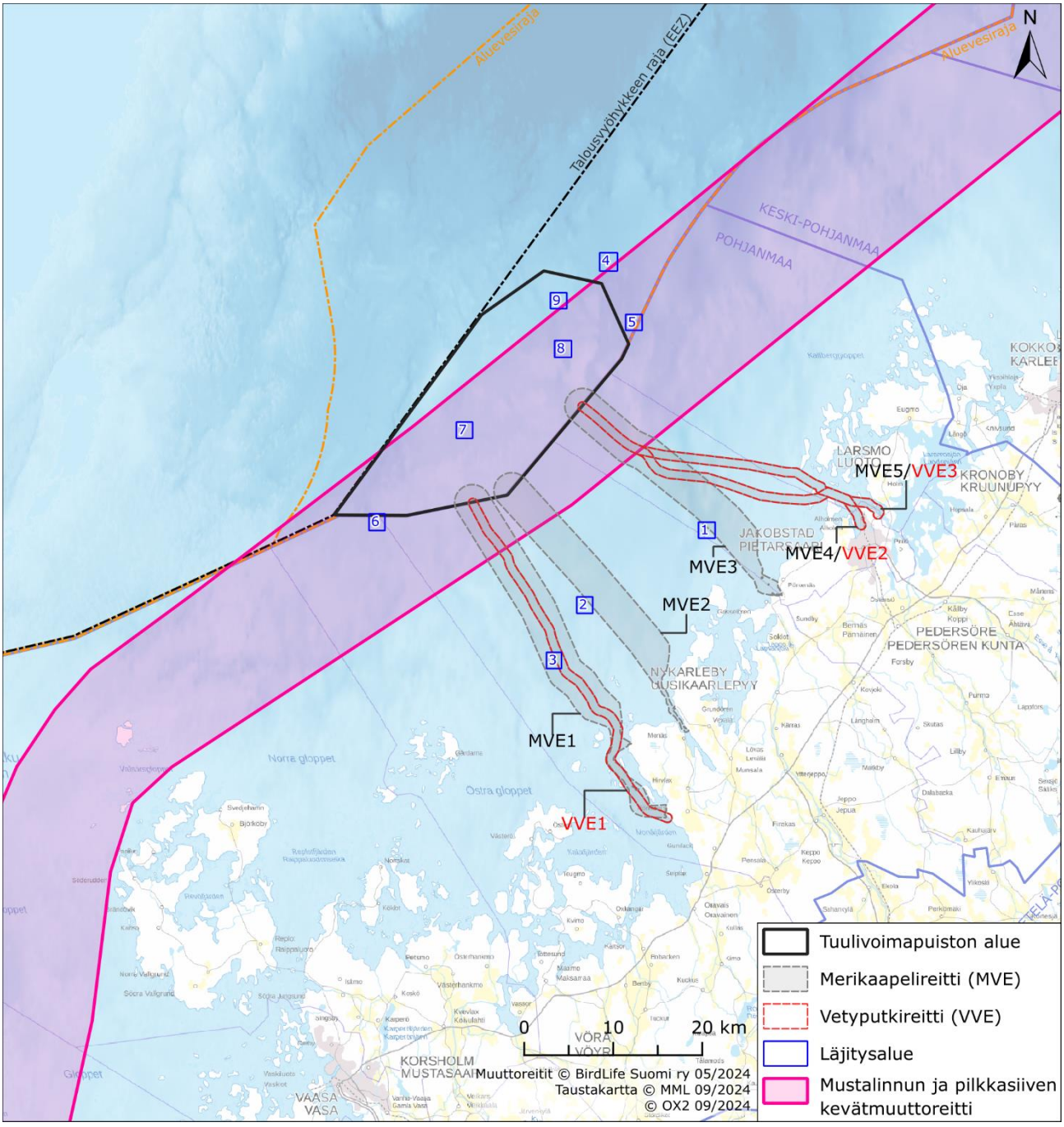
Kuva 10-13. Selvityksissä havaitut kuikkalinnut.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Arktiset vesilinnut (mustalintu, pilkkasiipi, alli) / Arktiska sjöfåglar (sjöorre, svärta, alfågel)

Laineen merituulivoimapuisto sekä sen energiansiirtoreitit sijoittuvat mustalinnun ja muiden arktisten vesilintujen valtakunnallisesti merkittävälle kevätmuuttoreitille (Toivanen ym. 2023) (Kuva 10-14). BirdLifen määrittelemä muuttoreitti sijoittuu siten, että se kattaa Laineen tuulivoima-alueen sen länsiosaa lukuun ottamatta sekä merialuetta tuulivoimapuiston itäpuolelta, mutta ei ulotu Ruotsin puolelle saakka. Laineen hankkeen vaikutusalueen kautta (merituulivoimapuisto + energiansiirtoreitit) muuttavien arktisten vesilintujen arvioitiin olevan pääasiassa Suomen puolella Pohjanlahtea muuttavia kuikkalintuja. Karttatarkastelun perusteella arvioitiin, että mikäli Merenkurkun kautta Ruotsin puolella muuttavat vesilinnut muuttaisivat Laineen merituulivoimapuiston kautta, ne joutuisivat kääntymään Merenkurkun jälkeen käytännössä itään. Tätä pidetään epätodennäköisenä, eikä selvityksissäkään saatu tästä havaintoihin perustuvia viitteitä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

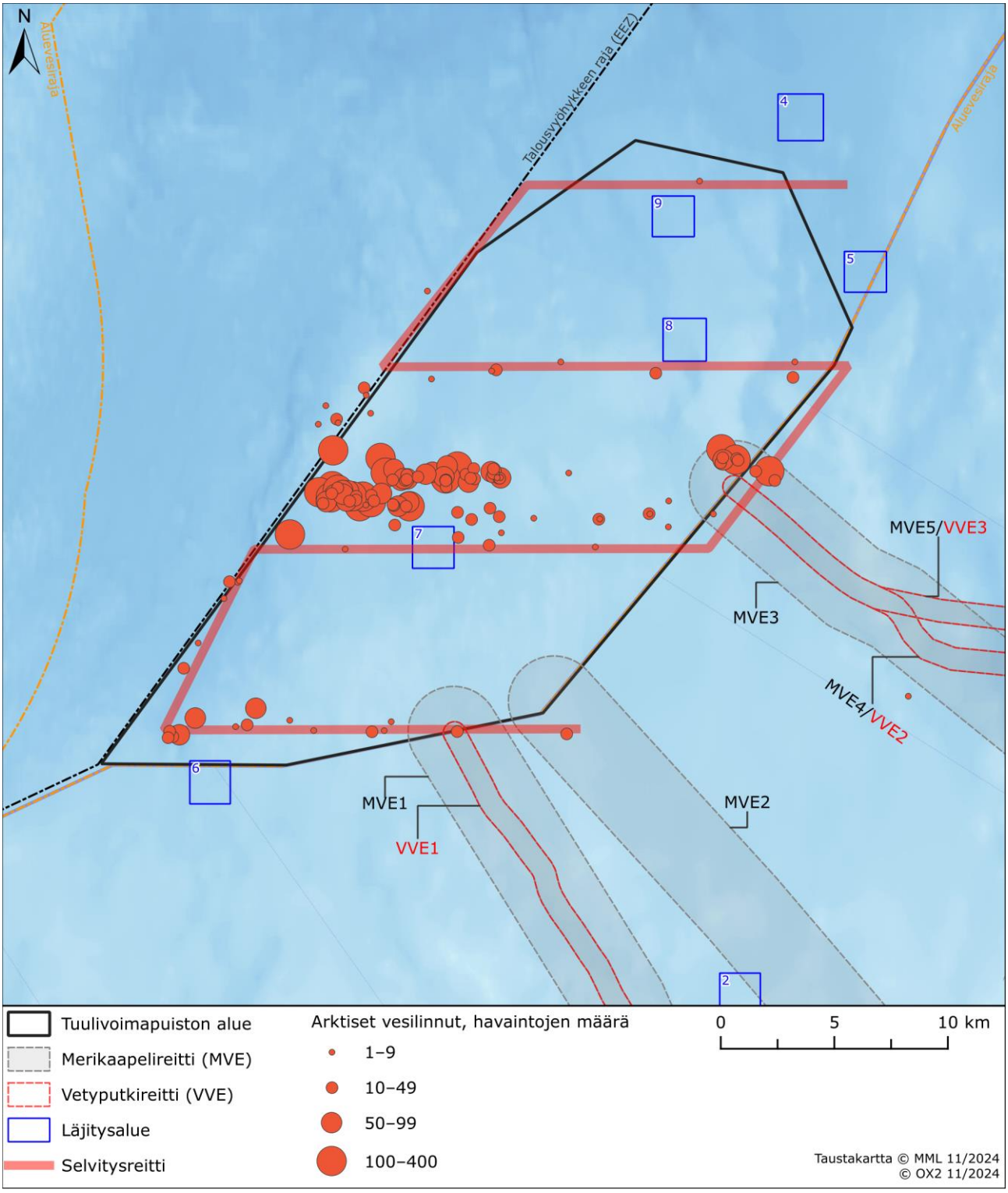


Kuva 10-14. Mustalinnun ja pilkkasiiven kevätmuuttoreitti sekä Laineen hankkeen sijainti.

Kaikkiaan vuosien 2021–2023 selvitysten aikaan Laineen merituulivoimapuiston alueella havaittiin 6579 vesilintua (sjöfåglar). Vesilinnut siis kattoivat 82 % kaikista havaituista linnuista merituulivoimapuiston alueella. Osa määrittämättömistä vesilinnuista voi koskea myös muita kuin otsikon lajeja.

Vesilinnuista valtaosa oli mustalintuja ja/tai pilkkasiipiä, yht. 6137 yksilöä (Kuva 10-15). Valtaosa merkittiin lajiparina mustalinnuiksi/pilkkasiiviksi. Lajilleen määritetyistä yksilöistä mustalintuja oli 1933 ja pilkkasiipiä 243 yksilöä. Lisäksi alleja havaittiin 280 yksilöä, joista 269 yhtenä päivänä 18.5.2022. Pilkkasiivestä on esitetty kuva ohessa (Kuva 10-16).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 10-15. Selvityksissä havaitut arktiset vesilinnut.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 10-16. Pilkkasiipi (svärta) on yksi Laineen tuulivoima-alueen kautta keväällä muuttavista arktisista vesilinnuista. Selvityksissä tuulivoimapuistoalueen kautta muuttavien ja muutoinkin alueella liikkuvien lintujen lentokorkeudet todettiin mataliksi.

Kuten kuikkalintujenkin kohdalla, merkittävä ja silmiinpistävä havainto oli muuttavien vesilintuparvien matala lentokorkeus. Havaituista vesilinnuista 96 % lensi törmäyskorkeuden alapuolella, eli käytännössä lähes meren pinnassa. Kuikkalintujen tapaan lähempänä rannikkoa ja etenkin mantereen yllä muuttavat vesilintuparvet lentävät usein satojen metrien korkeudella, mutta ulkomerellä ne havaintojen perusteella lentävät pääasiassa matalalla pinnan tuntumassa.

18.5.2022 merituulivoimapuiston alueella havaittiin voimakasta vesilintumuuttoa. Kaikkiaan havaittiin 4797 yksilöä, eli yli 70 % selvityksessä havaituista vesilintujen yhteismäärästä. Muutto kulki leveänä rintamana tuulivoima-alueen länsiosan kautta sekä sen länsipuolitse Ruotsin puolella. Valtaosa havaituista parvista muutti aivan pinnassa, ja vain muutama Ruotsin puolella muuttanut parvi muutti korkealla törmäyskorkeudella tai jopa sen yläpuolella. Kyseiset parvet olivat niin kaukana Ruotsin rannikon läheisyydessä, että niistä ei ollut laskettavissa yksilömäärää tai tunnistettavissa lajia. Parvet eivät ole myöskään mukana havaittujen lintujen yhteismäärässä. Parvet muuttivat rannikon suuntaisesti, eikä niiden lentoreiteissä havaittu viitteitä siitä, että Ruotsin puolella muuttavat parvet olisivat olleet kääntymässä Laineen merituulivoimapuiston suuntaan. Samaan aikaan tuulivoimapuistoalueen itäosan alueella vesilintuja havaittiin niukasti. Muiden käyntikertojen aikana vesilintumuuttoa tapahtui tasaisesti ja leveänä rintamana koko tuulivoimapuiston alueella ja sen ympäristössä ilman havaittavia, käyntikerrasta toiseen samana pysyviä muuttoreittejä tai tiivistymiä.

Myös arktisten vesilintujen kohdalla havaittu muutto oli huomattavasti runsaampaa keväällä 2022 kuin keväällä 2023.

Kesäaikana arktisia vesilintuja ei tuulivoimapuiston alueella havaittu lainkaan.

Myös syksyllä arktisten vesilintujen esiintyminen tuulivoimapuiston alueella oli lähes olematonta. Mustalintuja havaittiin muutama yksittäinen yksilö ja alleja yksi. Pilkkasiipeä ei havaittu lainkaan.

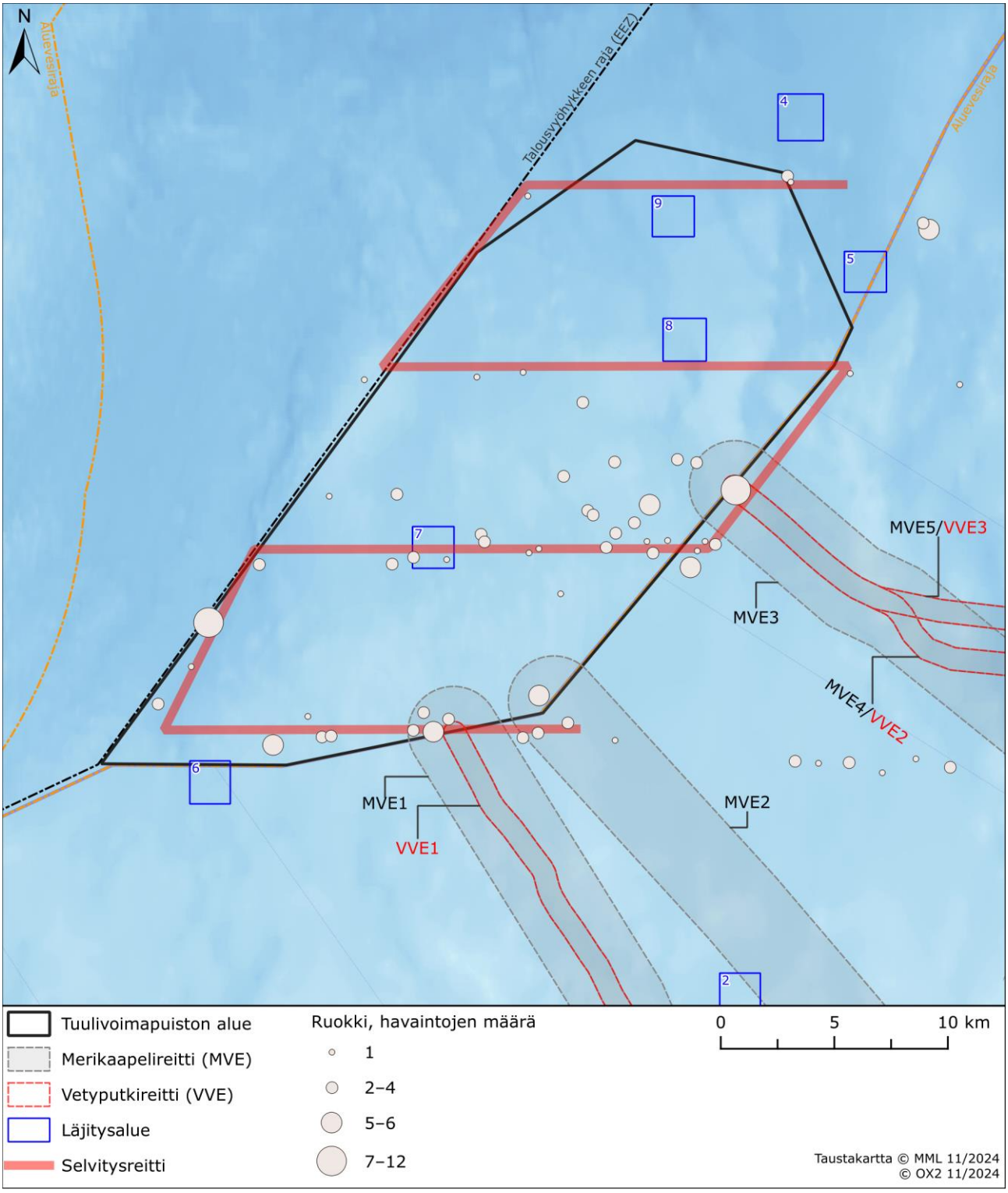
Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Ruokkilinnut (alkor)

Ruokkeja (tordmule) havaittiin kaikkiaan 162 yksilöä (Kuva 10-17). Ruokkeja havaittiin niin kevätmuuton kuin kesän aikanakin. Muista ruokkilinnuista riskilöitä (tobisgrissla) havaittiin vain kolme ja etelänkiisloja (sillgrissla) kaksi yksilöä. Suomen puolella Laineen merituulivoimapuistoa lähin ja merkittävin ruokkiyhdyskunta on Hällgrund (Kuva 10-24). Todennäköisesti osa kesällä Laineen tuulivoimapuiston alueella havaituista ruokeista on Hällgrundilla pesiviä lintuja. Ruotsin puolella Holmönin saarella pesii vähäisiä määriä ruokkeja, Pohjanlahden Ruotsin puolen suurimmat ruokkiyhdyskunnat ovat Merenkurkun eteläpuolella Selkämeren länsirannikolla (*Länsstyrelserna 2020*).

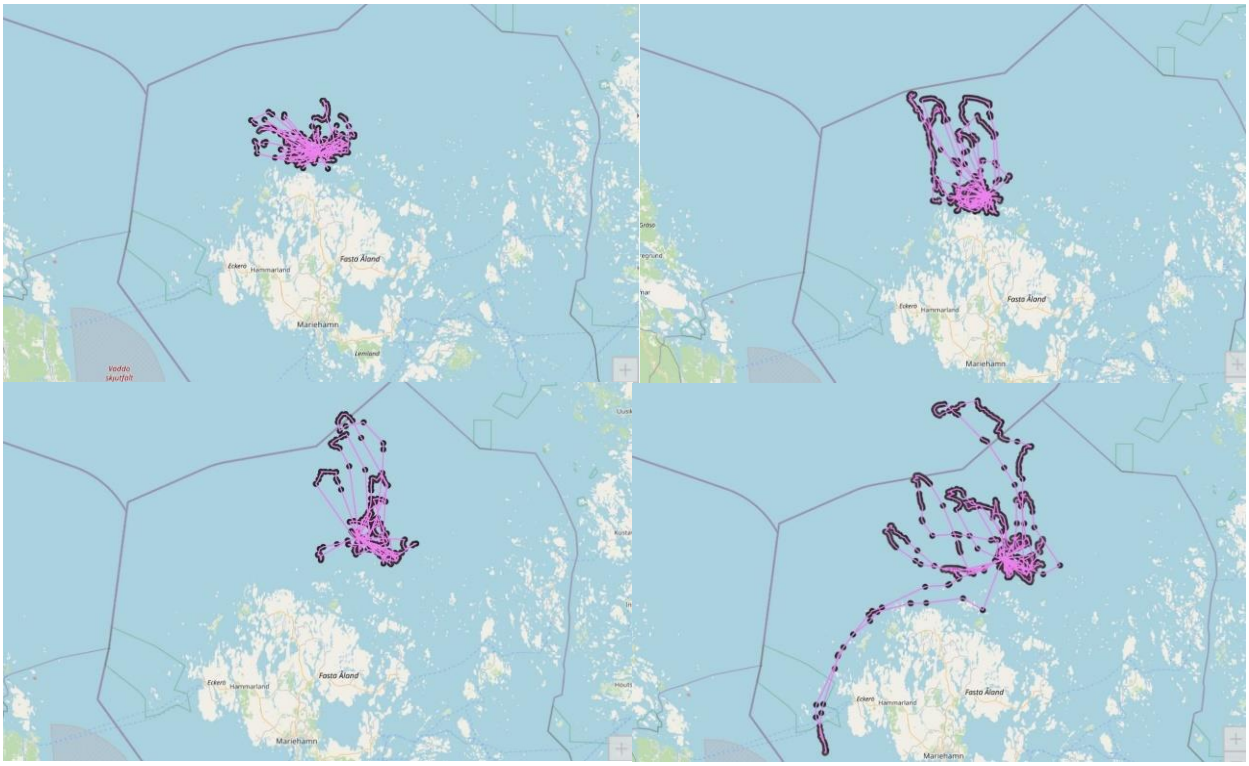
Ahvenanmaan pohjoispuolella sijaitsevaan OX2:n Noatun Nord -hankkeeseen liittyvässä, Avescapes Oy:n vuonna 2023 toteuttamassa ruokkien satelliittiseurannassa ruokkien todettiin pääasiassa ruokailevan muutaman kilometrin säteellä pesimäkoloniasta, mutta yksittäisten ruokailulentojen todettiin ulottuvan useiden kymmenien kilometrien etäisyydelle (Kuva 10-18). Näin ollen on mahdollista, että Hällgrundin lisäksi ruokkeja saapuu ruokailemaan Laineen tuulivoimapuiston alueelle myös Ruotsin puolen pesimäyhdyskunnista.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 10-17. Selvityksissä havaitut ruokit.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 10-18. Kooste Noatun Nord -hankkeen yhteydessä toteutetun ruokkien satelliittiseurannan paikannuksista. Paikannusaineistosta voidaan todeta, että valtaosa liikkumisesta sijoittuu pesimäyhdyskunnan läheisyyteen, mutta yksittäiset lennot voivat ulottua kauaskin pesimäkoloniasta. Pesimäyhdyskunta ja merkkauspaikka sijaitsevat Ahvenanmaan pohjoispuolella Norrskäretin saarella. Kuvat: Avescapes Oy.

Muista ruokkilinnuista riskilöitä (tobisgrissla) havaittiin kolme ja etelänkiisloja (sillgrissla) kaksi yksilöä. Ruokkilinnuille on tyypillistä, että ne lentävät käytännössä aina matalalla lähellä meren pintaa.

Muut vesilinnut

Tässä yhteydessä ”muiksi vesilinnuiksi” (sjöfåglar) luokitellaan sorsalinnut (andfåglar), hanhet (gäss), joutsenet (svanar) ja merimetso (storskarv). Yhteensä näitä lajeja havaittiin merituulivoimapuiston alueella 409 yksilöä. Näistä vain yksi yhdeksän yksilön ja yksi kolmen yksilön isokoskeloparvi havaittiin lennossa törmäyskorkeudella (20–50 m), muut joko lensivät törmäyskorkeuden alapuolella tai havaittiin uimassa.

Hanhista tuulivoimapuiston alueella havaittiin vain yksi valkoposkihanhi (vitkindad gås) ja yksi kahdeksan yksilön metsähanhiparvi (sädgås), joka lensi törmäyskorkeuden alapuolella tuulivoimapuistoalueen kautta koilliseen. Tosin on huomattava, että vuoden 2022 selvitykset alkoivat vasta toukokuussa hanhimuuton ollessa ohi, ja vuoden 2023 hanhimuuton aikaan selvitykset tehtiin helikopterilla, jolloin tuulivoima-alueella vietettävä aika oli lyhyt ja näkyvän (hanhi)muuton seuranta-aika jäi lyhyeksi. Joutsenia ei alueella havaittu lainkaan.

Valtaosa havaituista ”muista vesilinnuista” oli koskeloita (iso- ja tukkakoskelo) (skraker, storskrake & småskrake), joita havaittiin kaikkiaan 191 yksilöä. Yllä selostetuista lajeista poiketen valtaosa koskeloista havaittiin merituulivoimapuiston alueella kesäaikaan, jolloin pesimättömät ja pesinnässään epäonnistuneet yksilöt liikkuvat laajalti.

Muita lajeja havaittiin hyvin niukasti.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Lokkilinnut ja tiirat (måsar & trutar och tärnor)

Lokkeja havaittiin merituulivoimapuiston alueella kaikkiaan 494 yksilöä. Lajilleen määritetyistä lokeista harmaalokkeja (gråtrut) havaittiin 160, selkälokkeja (östersjötrut) 134 (Kuva 10-19) ja kalalokkeja (fiskmås) 68 yksilöä. Muita lokkilajeja (meri- (havstrut), nauru (skrattmås)- ja pikkulokki (dvärgmås)) havaittiin vain yksittäisiä.

Lennossa havaituista lokeista noin 6 % lensi törmäyskorkeudella (20–50 m) muiden lentäessä matalalla törmäyskorkeuden alapuolella. Esimerkiksi määritettyjä selkälokkeja ei havaittu lentävän törmäyskorkeudella yhtään yksilöä. Lajiryhmänä lokit olivat kuitenkin keskimäärin korkeimmalla lentäviä, eli suurin osa havaituista törmäyskorkeudella lentävistä linnuista oli lokkeja.

Lokkeja esiintyi varsin tasaisesti sekä ajallisesti koko selvityskauden ajan, että alueellisesti koko tuulivoimapuiston alueella ja sen ympäristössä. Selvitysten aikaan todettiin siellä täällä ilmeisesti pikkukalaparvia, jotka keräsivät lähialueen lokkeja tiiviiksi, korkeintaan muutaman kymmenen yksilön parviksi. Muutoin lokit liikkuivat satunnaisesti ja tasaisesti koko tuulivoima-alueella.

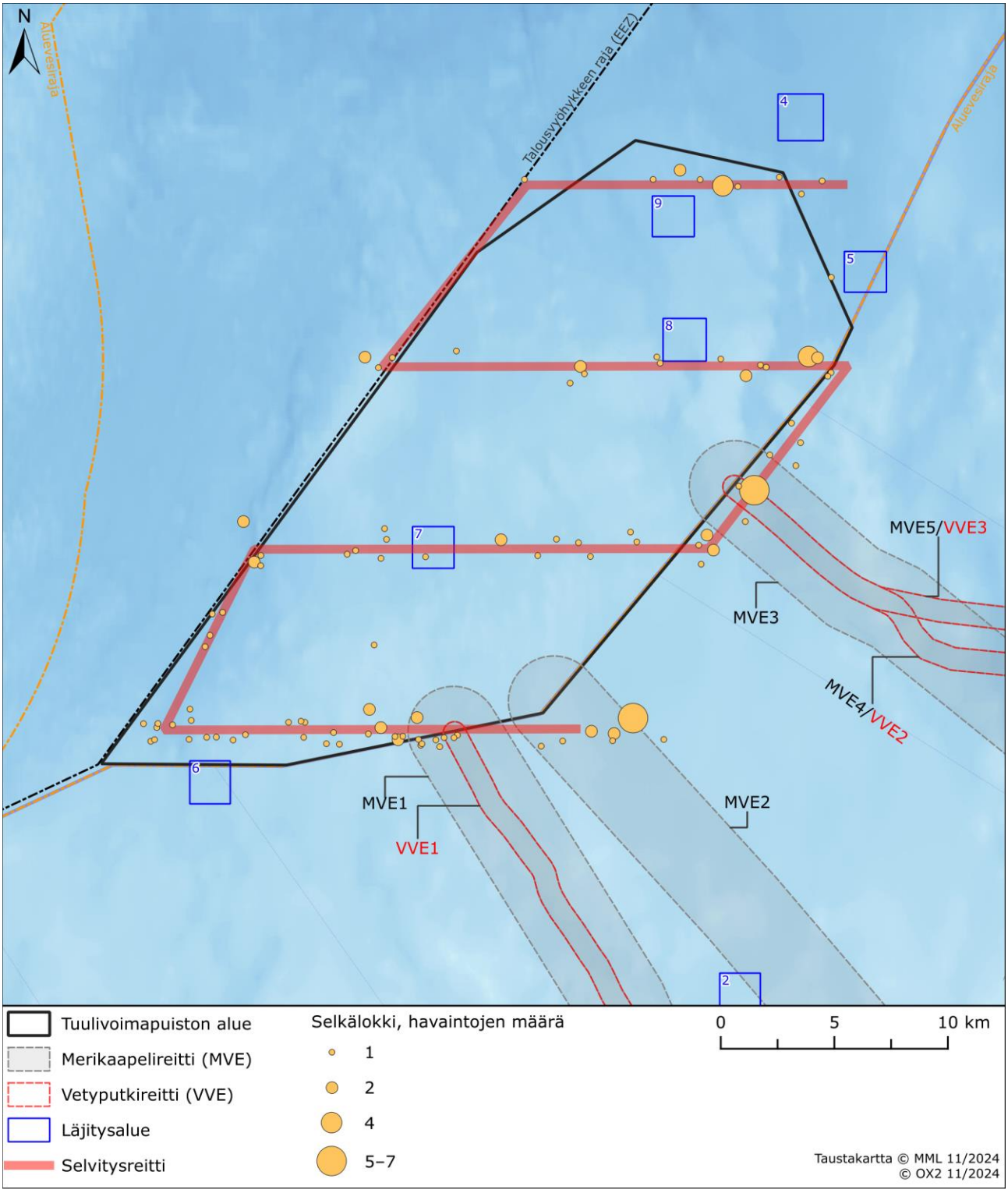
Tiiroja havaittiin Laineen merituulivoimapuiston alueella 73 yksilöä. Tätä voidaan pitää yllättävän vähäisenä määränä, koska tiirojen tiedetään viihtyvän laajoillakin ulapoilla. Tässä raportissa kala- (fisktärna) ja lapintiira (silvertärna) käsitellään yhdessä. Kaikki havaitut tiirat lensivät matalalla 1–10 metrin korkeudella ja niitä esiintyi tasaisesti koko tuulivoimapuiston alueella

Selkälokki

Alueella havaittujen selkälokkien määrää (Kuva 10-19, yht. 134 yksilöä) voidaan pitää kohtalaisen merkittävänä. Laji on uhanalaisluokitukseltaan erittäin uhanalainen (EN) (*Hyvärinen ym. 2019*). Ruotsissa laji luokitellaan vaarantuneeksi (VU) (*Ottvall Consulting Ab 2024*).

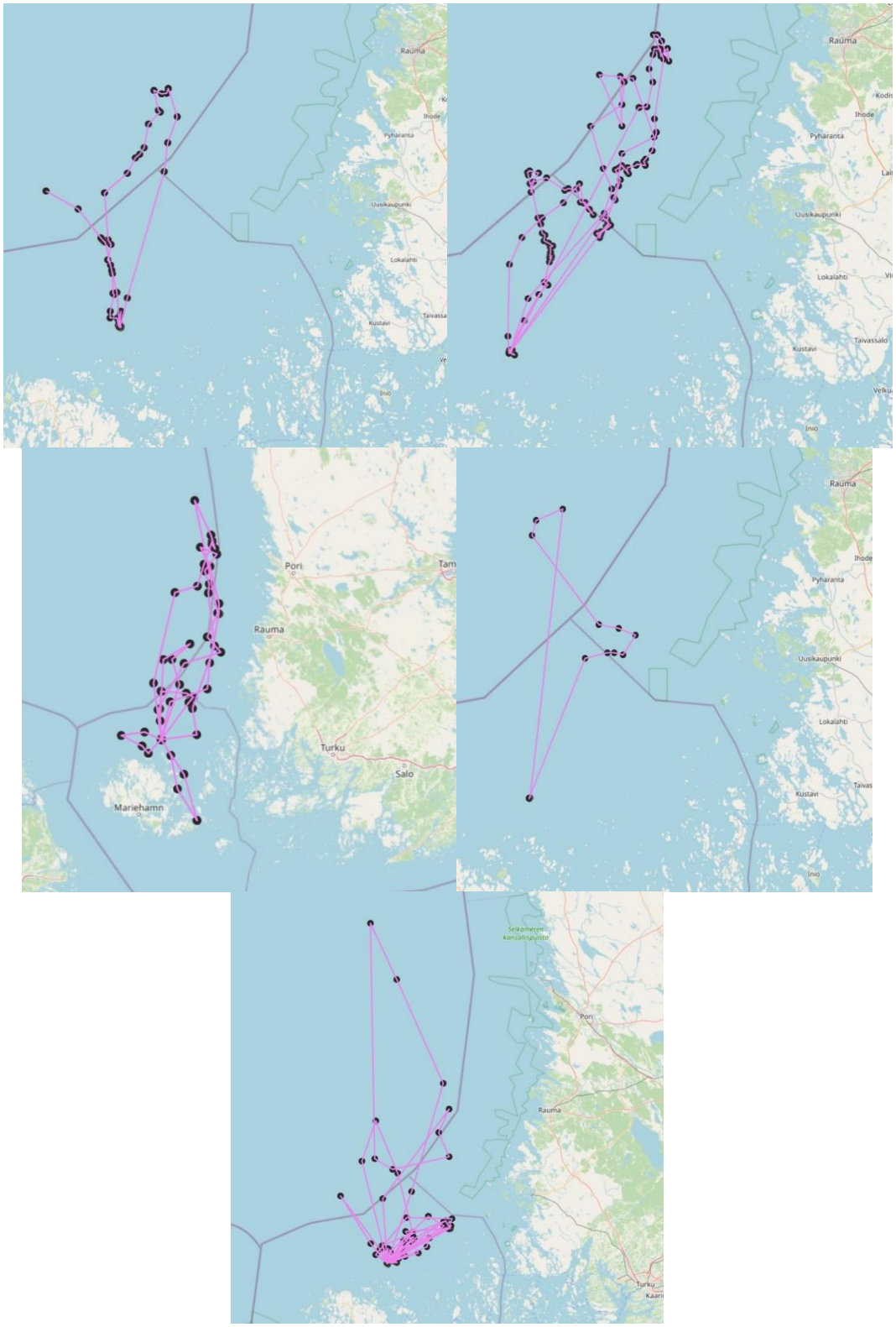
Ahvenanmaan pohjoispuolella sijaitsevaan OX2:n Noatun Nord -hankkeeseen liittyvässä, Avescapes Oy:n vuonna 2023 toteuttamassa selkälokkien satelliittiseurannassa selkälokkien ruokailulentojen todettiin ulottuvan jopa 150 km etäisyydelle pesimäyhdyskunnasta. Seurannassa viiden lähetinlinnun lähettimet toimivat riittävän hyvin, että niistä voitiin laatia liikkumiskartat (Kuva 10-20). Ruokailulennot ulottuivat karkeasti 50–150 kilometrin etäisyydelle pesimäkoloniasta ja suuntautuivat pääasiassa Selkämeren avomerelle.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 10-19. Selvityksissä havaitut selkälokit.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



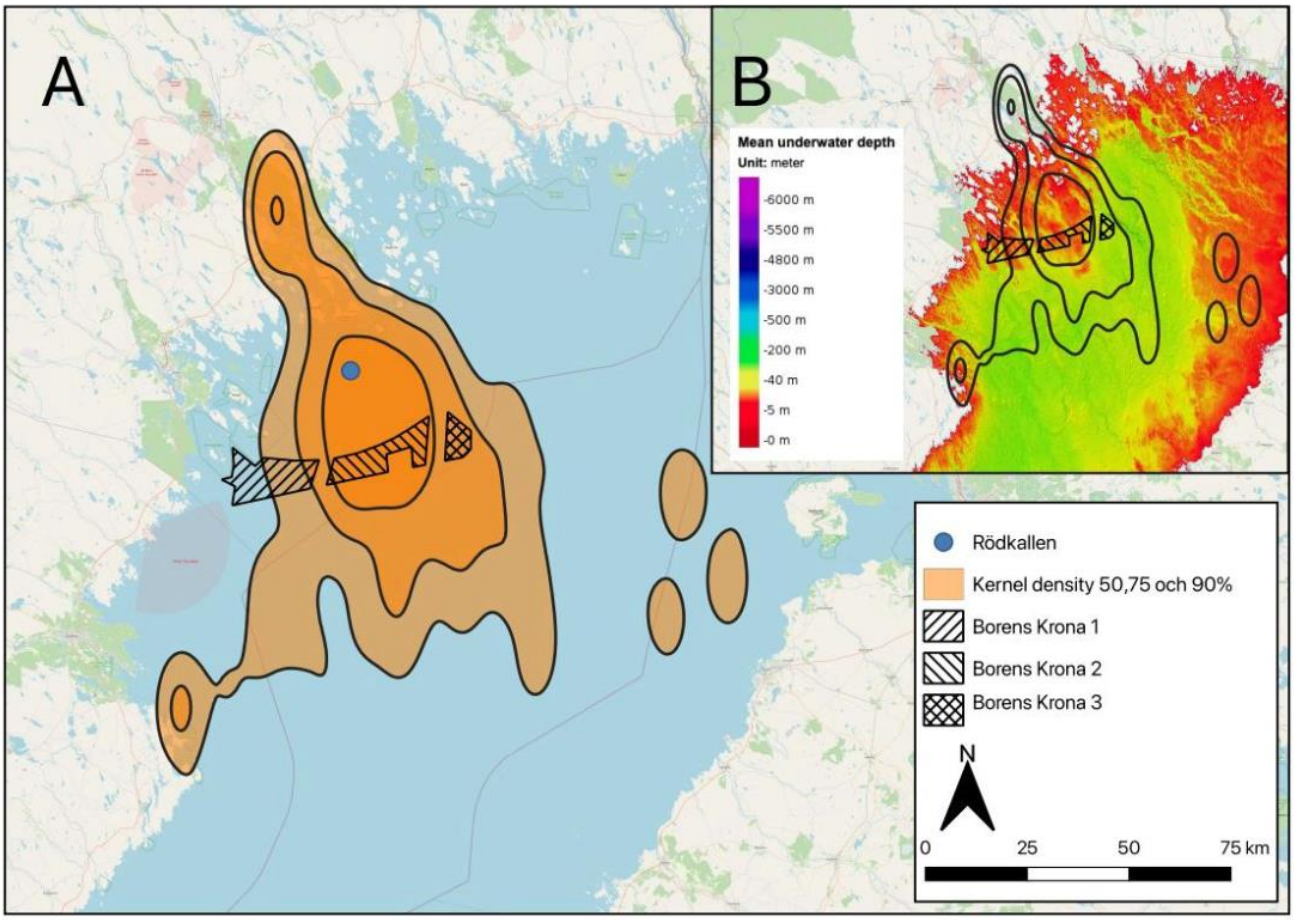
Kuva 10-20. Kooste Noatun Nord -hankkeen yhteydessä toteutetun selkälokkien satelliittiseurannan paikannuksista. Paikannusaineistosta voidaan todeta, että valtaosa liikkumisesta suuntautuu ulkomerelle ja voi ulottua jopa 150 km etäisyydelle pesimäyhdyskunnasta. Pesimäyhdyskunta ja merkkauspaikka sijaitsevat Ahvenanmaan pohjoispuolella Norrskäretin saarella. Kuvat: Avescapes Oy.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Juvasteen ym. (*2017*) seurantatutkimuksessa Kokkolan ja Uudenkaarlepyyn rannikolla satelliittilähettimillä merkatut selkälokit ruokailivat pääasiassa mantereella ja kaukanakin sisämaassa sijaitsevilla turkistarhoilla. Tässä seurannassa ruokailulennot ulottuivat yli 60 km etäisyydelle pesimäyhdyskunnasta. Keskiarvo ruokailulentojen pituudessa vaihteli 11,2 km ja 34,9 km välillä (n=5).

Ruotsin puolella sijaitsevaan Bores krona -merituulivoimahankkeeseen liittyvien linnustoselvitysten yhteydessä seurattiin kuutta Rödkallenin pesimäyhdyskunnassa pesivää selkälokkiyksilöä satelliittilähettimillä vuosina 2018–2022. Kahta yksilöä voitiin seurata kahden pesimäkauden ajan (*Ottvall Consulting Ab 2024*). Paikannusaineiston perusteella myös Rödkallenin selkälokit hankkivat ravintonsa laajalta alueelta. Yksi kuudesta yksilöstä hyödynsi Luulajan kaatopaikkaa (Kuva 10-21), luoteeseen suuntautuvat paikannukset). Liikkumista tapahtui kuitenkin myös laajalle alueelle avomerelle ulottuen myös selvästi Suomen puolelle saakka (Kuva 10-21).

Yllä mainittujen havaintojen ja satelliittiseurantojen tulosten perusteella Laineen merituulivoimapuistoalue voi kuulua sekä Suomen että Ruotsin puolen rannikolla ja saaristossa sijaitsevien selkälokkiyhdyskuntien ruokailualueisiin.



Kuva 10-21. Ruotsin Rödkallenin selkälokkiyhdyskunnassa pesivien kuuden selkälokkiyksilön ruokailulentojen suuntautuminen pesimäaikana (24.5.–30.8.). Kuvassa liikkumisen jakaantuminen on esitetty 90 %, 75 % ja 50 % luokissa oranssista vaaleanruskeaan. Kuva ©: (Ottvall Consulting Ab 2024).

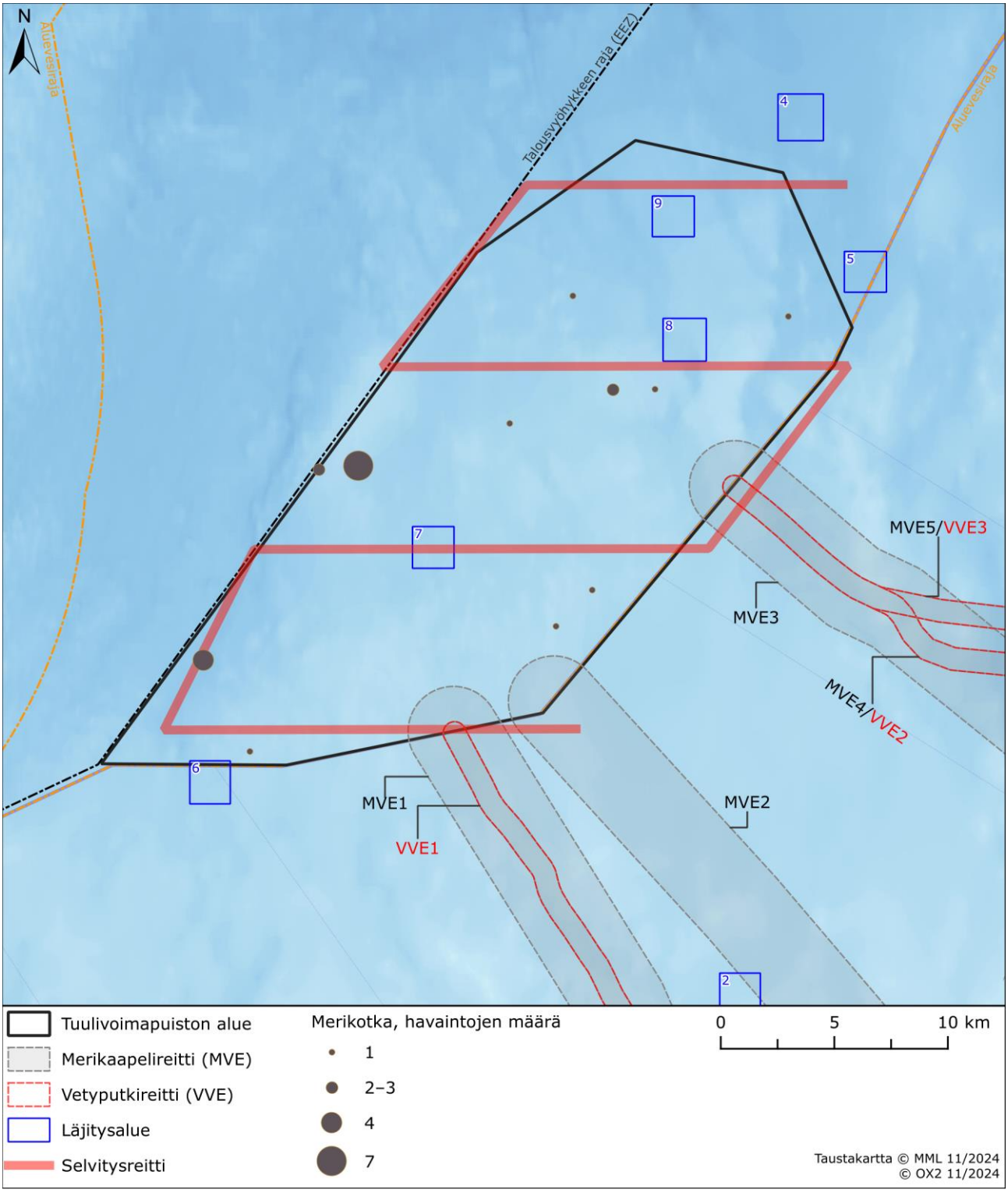
Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merikotka (Havsörn)

Merikotkia havaittiin Laineen tuulivoimapuistoalueella kaikkiaan 23 yksilöä (Kuva 10-22). Kaikki havaitut merikotkat havaittiin kevään 2023 selvityksissä 30.3. (18 yks.) ja 13.4. (5 yks.) meren ollessa jäässä. Merikotkat olivat selvästi jäälakeudella hylkeiden synnyttämisen aikaan, sillä lähes kaikki havaitut yksilöt olivat syömässä joko kuolleita kuutteja tai synnyttäneiden hylkeiden jälkeisiä. Yksi seitsemän yksilön merikotkaparvi havaittiin alueella, missä oli paljon synnyttäneitä harmaahylkeitä ja niiden kuutteja. Meren alkaessa vapautua jäistä ja hylkeiden hävittyä alueelta, myös merikotkat hävisivät.

Merikotkat siis havaittiin jäällä joko ruokailemassa tai istumassa (Kuva 10-23). Vain kaksi yksilöä havaittiin lentämässä pidempää matkaa, joista toinen törmäyskorkeudella (20–50 m) ja toinen matalalla (1–10 m).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 10-22. Selvityksissä havaitut merikotkat

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 10-23. Merikotka Laineen merituulivoimapuistoalueen länsiosan jäällä hyljeaterialla. Kuvattu helikopterista 30.3.2023.

10.2.2 Energiansiirtoreitit

Energiansiirtoreittien ja niiden lähialueiden linnustollisesti merkittävät kohteet sijoittuvat rannikon ja saariston läheisyyteen. Havaintojen perusteella ulommas merelle edetessä linnuston yleiskuva muuttuu nopeasti merituulivoimapuistoalueen kaltaiseksi, eli lintuja on alueella harvakseltaan ilman havaittavia tiivistymiä.

Energiansiirtoreittien läheisyydessä sijaitsee useita merkittäviä lintujen pesimäluotoja, jotka on esitetty kuvassa 10-24 sekä oheisessa taulukossa (Taulukko 10-4).

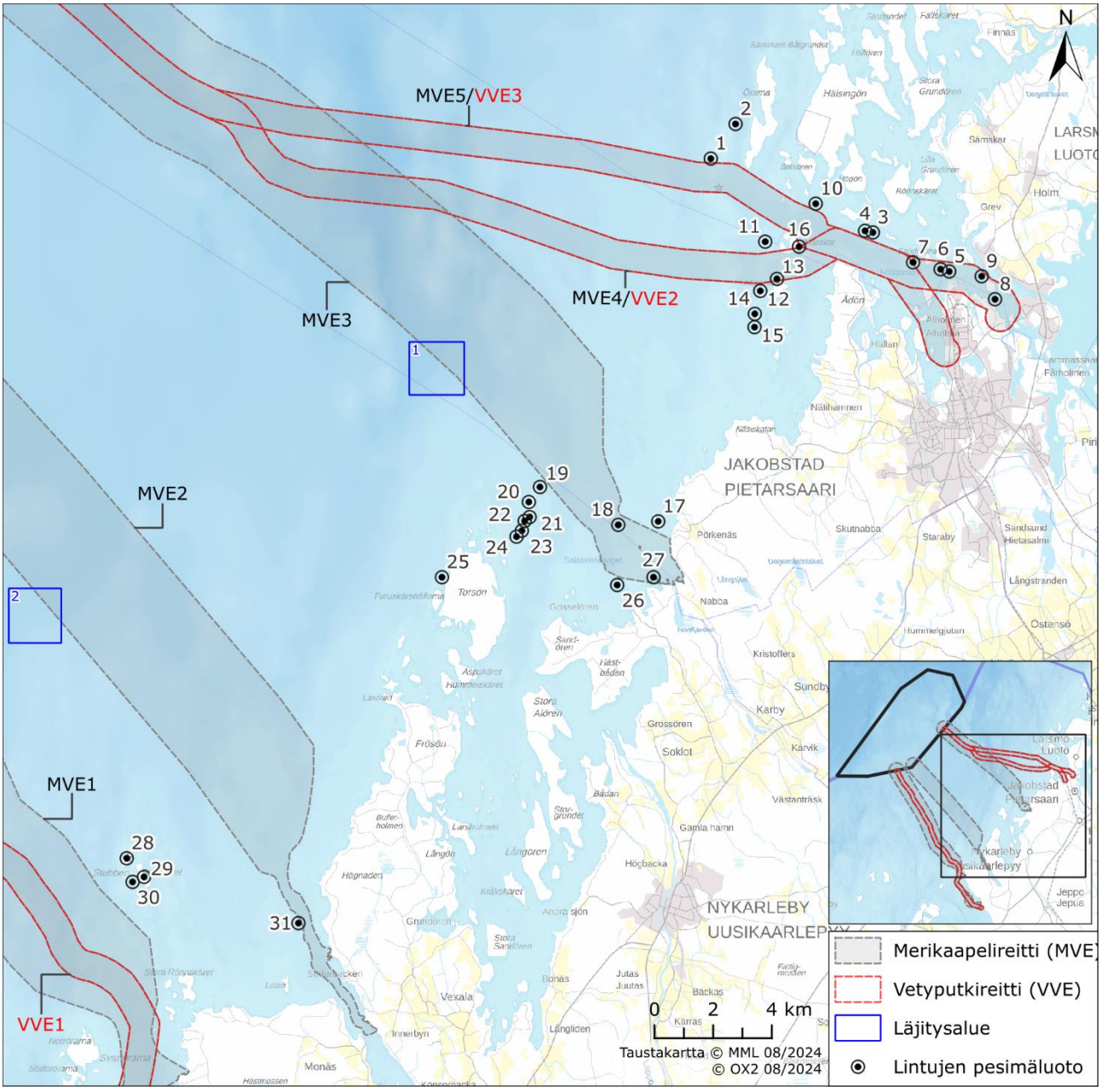
Taulukko 10-4. Energiansiirtoreittien läheisyydessä sijaitsevat merkittävät pesimäluodot, joilta on käytettävissä saaristolintulaskentojen tuloksia. Pesimäluodot on esitetty numeroituina kuvassa 10-24.

Nr	NIMI	KUNTA	PARIMÄÄRÄ	LAJIMÄÄRÄ
1	Kallan	Luoto	119	16
2	Stenen	Luoto	89	11
3	Gaddstacken	Luoto	26	7
4	Gaddgrundet	Luoto	128	10
5	Sottangrund	Luoto	74	7
6	Kissan	Luoto	28	3
7	Svarten	Luoto	25	9
8	Hällören N	Luoto	20	5
9	Ronttensgrundet	Luoto	46	8
10	Skvalaklinsen	Luoto	9	3

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Nr	NIMI	KUNTA	PARIMÄÄRÄ	LAJIMÄÄRÄ
11	Kejsarkobban	Pietarsaari	21	8
12	Lågpaskarn	Pietarsaari	24	11
13	Aligrund SW	Pietarsaari	29	7
14	Mellanpaskarn	Pietarsaari	120	14
15	Hörnpaskarn	Pietarsaari	63	8
16	Mässkär	Pietarsaari	97	17
17	Paradiset	Pietarsaari	415	16
18	Springaren E	Pietarsaari	51	2
19	Tuvan	Uusikaarlepyy	374	9
20	Hällgrund	Uusikaarlepyy	339	23
21	Lillberg	Uusikaarlepyy	103	13
22	Mellanberg	Uusikaarlepyy	62	6
23	Prästberg	Uusikaarlepyy	224	9
24	HT holme	Uusikaarlepyy	6	2
25	Furuskär	Uusikaarlepyy	36	6
26	Salsten	Uusikaarlepyy	26	4
27	Frihörnet	Uusikaarlepyy	17	8
28	Lillskäret	Uusikaarlepyy	913	23
29	Storskäret	Uusikaarlepyy	136	16
30	Skorvagrundet	Uusikaarlepyy	291	15
31	Römsan	Uusikaarlepyy	552	10
	Parimäärä yhteensä		**4463**	

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 10-24. Energiansiirtoreittien läheisyydessä sijaitsevat lintujen pesimäluodot (Ralf Wistbacka, kirjall. tiedonanto 2022).

Kyseiset saaristolinnustolaskennat eivät kata eteläisten energiansiirtoreittien alueita, joten niiden pesimälinnustoa selvitettiin veneestä käsin. Selvitysten ruokailulentotarkkailut painotettiin näiden luotojen läheisyyteen ja niillä pesivien lintujen ravinnonhankintalentojen suuntautumiseen.

Rannikon merialueella on luonnollisesti suuri merkitys pesivien lintujen ruokailu- ja ravinnonhankinta-alueena, mutta selvitysten tulosten perusteella ei pystytty osoittamaan muita ympäröiviä merialueita merkittävämpiä alueita, joilla olisi erityistä merkitystä lintujen ravinnonhankinnassa. Näin ollen myöskään energiansiirtoreittien alueet eivät ravinnonhankinnan kannalta erottuneet muusta ympäröivästä merialueesta. Havaitut ruokailulennot suuntautuivat tasaisesti pesimäsaaria ympäröiville merialueille ja hyvin vaihteleville etäisyyksille. Kalastavien / saalistavien lintujen yksilömäärät vähenivät nopeasti kauemmas rannikosta edetessä, vaikka osa lajeista, kuten tiirat ja selkälokki, lentävät ravinnonhakuun myös kauemmas ulkomerelle.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Luodoilla pesivistä lajeista ylivoimaisesti runsaslukuisin on harmaalokki, joita energiansiirtoreittien lähiluodoilla pesii kaikkiaan 1514 paria. Havaintojen perusteella alueella pesivät harmaalokit hankkivat ravintonsa hyvin laajalta alueelta, myös mantereelta lähiseutujen turkistarhoilta. Harmaalokkeja havaittiinkin lentämässä korkealla rannikon suuntaisesti todennäköisesti joidenkin kaukana sijaitsevien turkistarhojen ja pesäpaikkojen väliä enemmän kuin rannikon vesistöillä kalastamassa.

Sen sijaan toiseksi runsain laji, kalalokki (957 paria), käyttää pesimäluotoja ympäröivää merialuetta ravinnonhankintaan ja niiden lentoja havaittiin seurannoissa lukumääräisesti paljon. Ravinnonhankinta-alue on kuitenkin laaja, eikä mikään kohde ollut osoitettavissa ympäröivää merialuetta merkittävämmäksi.

Myös selkälokki on pesimälajina varsin runsas, ja niitä pesii kyseisillä luodoilla saaristolinnustolaskentojen perusteella 423 paria. Selkälokki on viimeisimmässä uhanalaisluokituksessa (*Hyvärinen ym. 2019*) luokiteltu erittäin uhanalaiseksi (EN). Merkittävimmät pesimäluodot ovat Pietarsaaren Paradiset ja Uudenkaarlepyyn Lillskäret (*Wistbacka, kirjall. tiedonanto 2022*). Pesimälinnuston ruokailulentotarkkailuissa kiinnitettiin huomiota vain merelle suuntautuviin ruokailulentoihin, joten mantereella sisämaassa sijaitseville turkistarhoille suuntautuvia lentoja ei havainnoitu. Merellä selkälokit lentävät muita lokkilajeja ulommas merelle. Useimmat havaitut selkälokkien lennot suuntautuivat pesimäluodoilta suoraan länteen ja ne lensivät niin kauas, että hävisivät lopulta näköpiiristä. Vastaavasti takaisin pesimäluodoille suuntautuvat lennot tulivat pääsääntöisesti suoraan lännestä, ja useita yksilöitä havaittiin tulevan kaukaa mereltä. Näin ollen voidaan todeta, että myös selkälokin ravinnonhankinta-alue on hyvin laaja, eikä energiansiirtoreiteillä ole sille muuta merialuetta suurempaa merkitystä.

Kala- ja lapintiira (yht. 225 paria) kalastavat ravintonsa kalalokin tapaan pesimäluotoja ympäröivältä merialueelta. Lennot suuntautuivat tasaisesti eri suuntiin pesimäluodoilta ja hyvin eri etäisyyksille. Jos kala sattui kohdalle, syöksy saattoi tapahtua kymmenien metrien etäisyydellä pesimäluodosta, kun taas useita lintuja havaittiin lentävän kauas ulkomerelle. Myöskään tiirojen kalastuksen suhteen ei ollut osoitettavissa erityisiä alueita, joilla olisi muita alueita suurempi merkitys.

Pesimälinnuston ravinnonhankinnan lisäksi energiansiirtoreiteillä ja niitä ympäröivillä vesialueilla voi olla merkitystä muutonaikaisina lepäilyalueina, joille linnut pysähtyvät lepäilemään ja tankkaamaan muuttomatkoillaan. Selvityksissä ylivoimaisesti suurimmat kerääntymät todettiin keväällä jäidenlähdön aikaan Pietarsaaressa Ahlholman sataman ja tehtaan sekä pohjoisimman energiansiirtoreitin rantautumispaikan edustalla. Tämä johtuu siitä, että satamaliikenteen ja tehtaan lauhdevesien ansiosta alue vapautuu jäistä muuta merialuetta aiemmin ja muutolla olevat vesi- ja lokkilinnut kerääntyvät sulaan. Etenkin merihanhien, joutsenten, sorsalintujen ja lokkien, etenkin naurulokkien, määrät olivat hetkellisesti varsin suuria. Yksilömäärät pienenivät nopeasti muun merialueen vapautuessa jäistä.

Energiansiirtoreittien ja niitä ympäröivien vesialueiden lisäksi selvitettiin reittien rantautumispaikkojen pesimälinnustoa ja mahdollisia linnustollisesti arvokkaita kohteita.

- VVE2, VVE3, MVE4, MVE5a, MVE5b: Pietarsaaren sataman ja Ahlholman ympäristössä on pääasiassa rakennettua teollisuusaluetta. Osassa aluetta on lokeille ja kahlaajille sopivia olosuhteita, mutta osa on asfaltoitua konttikenttää. Kokonaisuutena pesimälinnusto alueella on vähäistä.
- MVE3: Pörkenäsin/Nabban ranta-alue pohjoisen reitin toisen rantautumispaikan ympäristössä on lähinnä umpeenkasvavaa niittyä, jolla ei todettu huomionarvoista lajistoa. Ympäröivissä metsissä todettiin niin ikään tavanomaista lajistoa.
- MVE2a: Korsörsuddenin rantautumispaikkaa luonnehtii umpeenkasvanut kapea rantaniitty, kapea ruovikko ja pajukko, joilla ei ole erityistä merkitystä vesi- ja rantalinnuston elinympäristönä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

- MVE2b: Brännskatan venesataman ympäristössä on lähinnä kivikkoista rantaa sekä hiekkarantaa ja dyynejä, joilla ei ole erityistä merkitystä vesi- ja rantalinnuston elinympäristönä.
- MVE1a: Kanäsin laiturin ympäristö kartoitettiin veneestä käsin, koska kohde ympäristöineen on aidattu. Kohteen rannat ovat karuja ja kivikkoisia ja metsät kallioista havumetsää. Kohteella ei ole erityistä merkitystä huomionarvoisen lajiston pesimäympäristönä.
- MVE1b: Stora Kalholmenin rannat ovat kivikkoisia, Kalholmsvikenin pohjukassa on kapealti ruovikkoa. Kohteella ei ole erityistä merkitystä vesi- ja rantalinnuston elinympäristönä.

10.3 Vaikutusten arviointi

10.3.1 Yleistä

Tuulivoiman yleisistä vaikutuksista linnustoon on olemassa melko paljon ulkomailla laadittuja julkaisuja. Tutkimukset ovat kuitenkin alueellisesti ja lajistollisesti vaikeasti yleistettävissä Suomen olosuhteisiin ja tässä selvityksessä käsiteltävään lajistoon. Useat julkaisut ovat keskittyneet tiettyihin lajiryhmiin, eri pesimäkierron vaiheisiin ja maantieteellisesti laajalle alueelle. Marques ym. (*2021*) laajan koontitutkimuksen mukaan tutkimustuloksissa on myös hyvin paljon vaihtelua. Useissa tutkimuksissa on tietyillä lajeilla todettu selkeää välttämiskäyttäytymistä, kun taas toisissa tutkimuksissa välttämistä ei ole havaittu, tai voimaloiden on jopa havaittu houkuttelevan lintuja. Selkeiden ja johdonmukaisten tulosten puuttuminen lajiryhmien välillä ja niiden sisällä viittaa siihen, että välttämiskäyttäytyminen on todennäköisesti yksilöllistä ja riippuu myös paikallisista oloista ja voimaloiden ominaisuuksista. Tutkimustulosten laaja vaihtelu voi osin johtua myös tutkimuksissa käytettyjen menetelmien laajasta vaihtelusta. Lisäksi Perämeri ja sen linnusto ovat luonteeltaan hyvin erilaisia kuin merialueet, joilla ulkomaalaiset tutkimukset on tehty, ja siten tutkimustulosten yleistettävyyteen Laineen hankkeeseen tulee suhtautua varauksella.

Suomen merialueella on tällä hetkellä toiminnassa vain yksi merituulivoimapuisto Porin Tahkoluodon edustalla. Tahkoluodon toiminnassa olevan merituulivoimapuiston seurannoissa on saatu tietoa lintujen käyttäytymisestä voimaloiden vaikutusalueella. Tahkoluodon seurannoissa on hyödynnetty myös lintututkajärjestelmää yhdistettynä maastohavainnointiin (*Suomen Hyötytuuli Oy 2023*).

10.3.2 Vaikutusmekanismit

Merituulivoimapuistojen vaikutusmekanismit linnustoon voidaan yleisellä tasolla jakaa seuraavasti:

Haitalliset vaikutukset:

- Estevaikutus: nykytietämyksen mukaan linnut ensisijaisesti väistävät tuulivoimapuistoja ja yksittäisiä voimaloita. Tämä toisaalta pienentää törmäysriskiä, mutta toisaalta tuulivoimapuistot voivat luoda fyysisiä esteitä, jotka voivat haitata lintujen liikkumista esimerkiksi pesän ja tärkeiden ravinnonhankinta- ja ruokailualueiden välillä sekä paikallisesti ohjata muuttoreittejä. Estevaikutusten seurauksena lintujen on mahdollisesti muutettava lentoreittejään, millä voi etenkin kumuloituessaan olla kielteisiä seurauksia lintujen energiankulutukseen ja sitä kautta esimerkiksi pesimämenestykseen. Mikäli voimalat sijaitsevat merkittävällä ravinnonhankinta-alueella / -kohteella, estevaikutuksen myötä linnut voivat joutua hankkimaan ravintonsa muilta, heikommilta alueilta.
- Törmäysriski: linnut voivat törmätä voimaloiden lapoihin, erityisesti alueilla, joilla lintujen määrä on suuri (vilkkaat muuttoreitit ja muuton aikaiset lepäilyalueet, tärkeät ruokailualueet). Vaikuttaa suoraan lintujen kuolleisuutta lisäävästi. Yleisesti tuulivoimaloiden törmäysriski on vähäinen, mikä ei tarkoita, että se olisi merkityksetön: etenkin

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

uhanalaisille tai muutoin suojelullisesti huomionarvoisille lajeille sekä suurille ja pitkäikäisille lajeille, joiden populaatiokoko ja lisääntymistuotto ovat pieniä ja joiden sukukypsyysikä on korkea, lukumääräisesti pienilläkin törmäysmäärillä voi olla myös populaatiotason vaikutuksia. Törmäysriskiin vaikuttavat mm. sääolosuhteet (sade, sumu yms. näkyvyyteen aiheuttavat tekijät, tuulen voimakkuus, voimaloiden valaistus (voimakas valaistus voi houkutella etenkin yömuuttajia, jolloin lentäessään valoa kohti ne voivat törmätä lapoihin tai muihin voimalan rakenteisiin), voimaloiden koko ja sijoittelu.

- Häiriövaikutukset: merituulivoimapuistot voivat aiheuttaa häiriövaikutuksia merilintujen, vesilintujen ja muiden alueella liikkuvien lintulajien elinympäristöihin. Häiriövaikutukset ovat suurimmillaan hankkeen rakennusvaiheessa ja pienenevät selvästi voimaloiden toiminnan aikana. Vaikutukset aiheutuvat voimaloiden pyörimisliikkeestä ja melusta sekä rakentamisen (voimalat, energiansiirto) aikana ja huoltokäyntien yhteydessä tapahtuvasta alusten liikkumisesta alueella. Tämä voi aiheuttaa välttämiskäyttäytymistä, joka on erityisen merkittävää tärkeillä ruokailu- ja lepäilyalueilla.
- Veden samentuminen: rakentamisaikana (voimalat, energiansiirto) meren pohjaa joudutaan kaivamaan, mikä aiheuttaa veden samentumista. Vaikutus on luonteeltaan paikallinen ja lyhytkestoinen. Mikäli samentuminen tapahtuu poikasten ruokinta-aikana ja kohdistuu merkittäville ruokailualueille, tällä voi olla vaikutuksia lintujen pesimämenestykseen. Samentumisen aiheuttamaa vaikutusta voidaan lieventää merkittävästi ajoittamalla rakennustoimet pesimäajan ulkopuolelle etenkin mahdollisilla tunnistetuilla merkittävillä lintujen ravinnonhankinta- ja ruokailualueilla.
- Muutokset virtauksissa: mallinnusten mukaan merituulivoimapuisto voi aiheuttaa muutoksia ympäröivien merialueiden virtauksissa. Muutokset voivat ulottua varsin kauaskin. Virtausten heikkenemisellä voi olla pohjan sedimentoitumista lisäävä vaikutus. Sillä voi olla vaikutusta pohjakasvillisuuteen ja -eläimistöön ja sitä kautta lintujen ravinnonhankintaan.

Jokaisen merituulivoimapuiston kohdalla täytyy erikseen arvioida, mitkä edellä mainituista seikoista muodostuvat alueen linnuston kannalta merkittävimmiksi vaikutusmekanismeiksi, ja mitä vaikutuksia niillä on alueen linnustoon sekä mahdollisesti lajien populaatioihin laajemmin.

Kaikki vaikutukset eivät välttämättä ole negatiivisia. Tuulivoimarakentamisesta seuraavia positiivisia vaikutuksia linnustoon voivat olla esimerkiksi:

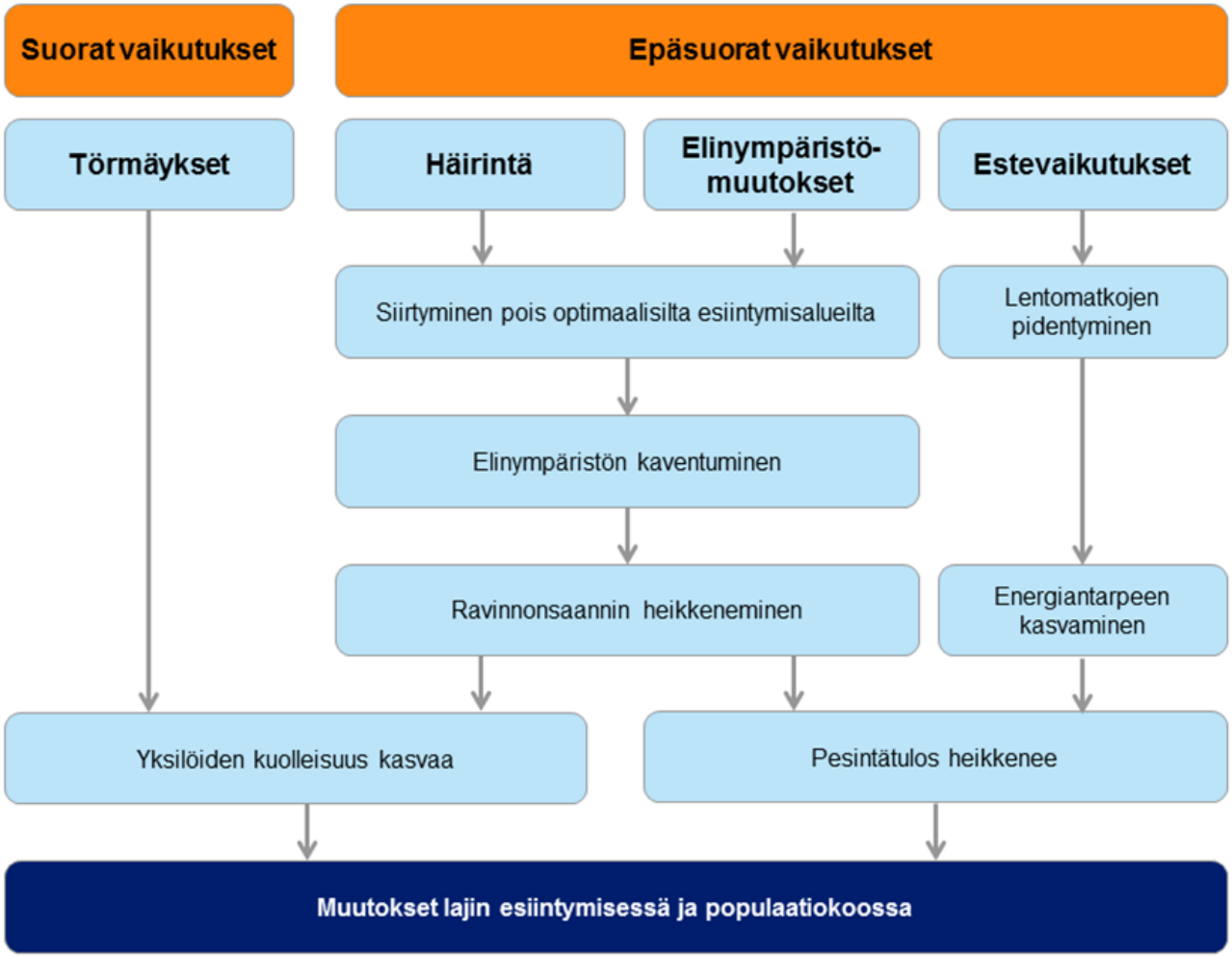
- Kasvihuonekaasupäästöjen vähentyminen: merituulivoimapuistot vähentävät osaltaan kasvihuonekaasupäästöjä ja hillitsevät ilmastonmuutosta, millä voi olla epäsuoria positiivisia vaikutuksia lintukantoihin säilyttämällä elinympäristöjä ja vähentämällä ilmastonmuutokseen liittyviä uhkia.
- Keinotekoiset riutat: voimaloiden perustukset voivat toimia keinotekoisina riuttoina, jotka tarjoavat uusia elinympäristöjä kaloille ja muille merieliöille, joita merilinnut voivat hyödyntää ravintonaan.
- Tutkimusmahdollisuudet: merituulivoimapuistot voivat toimia tutkimusalueina mm. lintujen käyttäytymisen, muuttomallien ja lintupopulaatioiden sekä ihmistoiminnasta niihin kohdistuvien vaikutusten tutkimiseen.

Lintuihin kohdistuvien vaikutusten suuruus, merkittävyys ja laajuus riippuvat ensisijaisesti merituulivoimapuiston sijainnista sekä voimaloiden lukumäärästä ja ominaisuuksista (Kuva 10-25). Merkittäviä tekijöitä vaikutuksia arvioitaessa ovat ainakin (mm. *Kingsley & Whittam 1997* mukaan):

- Lintujen tiheys alueella
- Saarivaikutus, (joka talousvyöhykkeellä sijaitsevan Laineen tapauksessa on olematon)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

- Kohdealueella pesivien, ruokailevien tai sen kautta muuttavien lintupopulaatioiden koko ja populaatiodynaamiset ominaisuudet (populaation kasvu/väheneminen, eri ikäluokkien säilyvyys ja mahdolliset vaikutukset siihen jne.)
- Voimaloiden koko ja lukumäärä
- Voimalan rakenne, pyörimisnopeus jne.
- Käyttöaika ja -ajoitus vuodessa
- Voimalayksiköiden sijoittelu tiheään tai muurimaisesti voi ohjata lintuja koko rivistön ohi tai toisaalta toimia tarpeellisen liikkumisen (esim. ruokailulennot) rajoittajana
- Useilla tuulivoimapuistoilla voi olla kumulatiivisia vaikutuksia, jotka pitää koota yhteen lopullista arviota tehtäessä



Kuva 10-25. Yleistetty kaavio tuulivoimatuotannon linnustovaikutuksista.

Tutkimusalueesta ja -menetelmistä riippumatta ja tutkimustulosten laajasta vaihtelusta huolimatta keskeisin toiminnassa olevien merituulivoimapuistojen linnustonseurantojen tulos on, että linnut ensisijaisesti väistävät ja välttävät tuulivoimapuistoalueita ja yksittäisiä voimaloita. Näin ollen merkittävimmät merellä liikkuviin lintuihin kohdistuvat vaikutusmekanismit ovat este- ja häiriövaikutus. Estevaikutuksen myötä lentävät linnut muuttavat lentoreittiään paikallisesti joko niin, että ne kiertävät koko merituulivoimapuistoalueen tai yksittäiset voimalat. Esimerkiksi

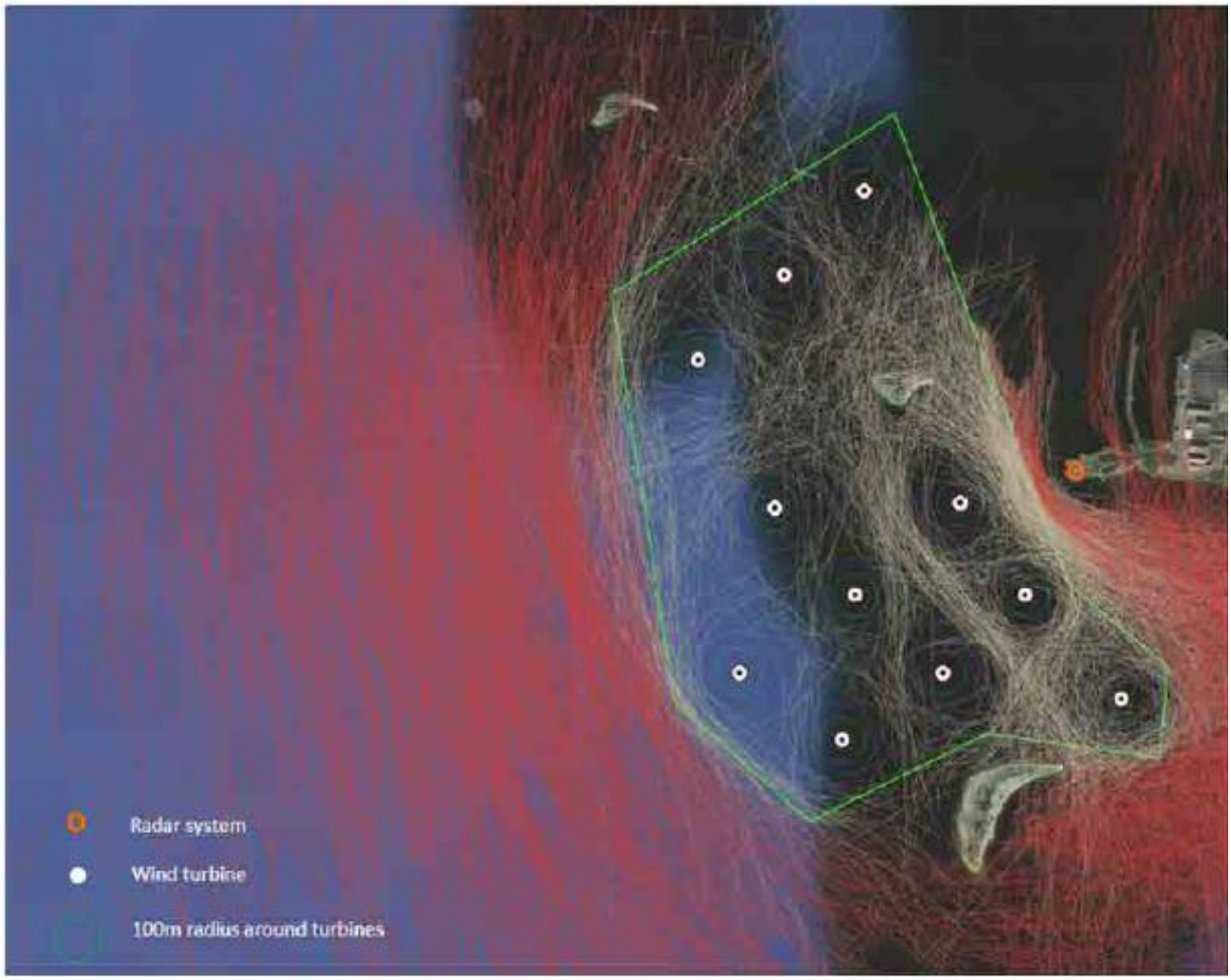
Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Tahkoluodon linnustonseurannoissa oli selkeästi havaittavissa, että linnut väistävät Tahkoluodon merituulivoimapuiston pääasiassa joko itä- tai länsipuolelta. Linnut, jotka lentävät tuulivoimapuistoalueelle, väistävät tehokkaasti voimaloita (*Suomen Hyötytuuli Oy 2020*).

Vielä Suurhiekan merituulivoimapuiston linnustoon kohdistuvien vaikutusten arvioinnissa merkittävimmäksi vaikutusmekanismiksi arvioitiin törmäykset voimaloihin ja sitä kautta aiheutuvat populaatiotason vaikutukset useille lajeille (*Pöyry Finland Oy 2009*). Kyseisessä arvioinnissa törmäysten määrä arvioitiin korkeaksi ensisijaisesti siksi, että varovaisuusperiaatteen mukaisesti 95 % linnuista oletettiin väistävän voimalat. Tämän jälkeen kertyneen kattavan seuranta-aineiston perusteella väistöprosentin on todellisuudessa osoitettu olevan merkittävästi suurempi, 98–99,5 %. Lisäksi arvioinnissa lintujen oletettiin lentävän törmäyskorkeudella, mikä edelleen lisäsi laskennallisia törmäysmääriä. Laineen (sekä Hallan ja Tyrskyn) linnustoselvityksissä ulkomerellä lentävien lintujen todettiin lentävän yli 90 prosenttisesti törmäyskorkeuden alapuolella. Todennäköisesti tämä on vielä suurempi osuus kuin Tahkoluodossa, missä merituulivoimapuisto sijaitsee lähellä mannerta ja saaristoa.

Oheisessa kuvassa (Kuva 10-26) on selkeästi havaittavissa, kuinka lentoreittien tiheys on suurimmillaan toiminnassa olevan Tahkoluodon merituulivoimapuiston molemmin puolin ja toisaalta tuulivoima-alueen sisällä lentoreitit kiertävät yksittäiset voimalat (*Suomen Hyötytuuli Oy 2020*). Myös haahkoilla on todettu samansuuntaisia tuloksia (*Suomen Hyötytuuli Oy 2023*). Sen sijaan samassa tutkimuksessa lokkilintujen kohdalla välttämis- ja väistämiskäyttäytyminen oli vähäisempää, eikä merituulivoimapuiston vaikutusta voinut erottaa muista mahdollisista vaikuttavista tekijöistä (*Ketonen, T. 2022*). Vastaavia havaintoja on tehty myös muissa, ulkomaalaisissa tutkimuksissa.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 10-26. Kuvassa on esitetty Porin edustalla sijaitsevassa Tahkoluodon merituulivoimapuistossa kaikki lintututkan tallentamat yli 2 000 metrin mittaiset kuikkalintujen, nopeasti lentävien vesilintujen ja kahlaajien lennot toukokuussa 2019. Vaaleat viivat esittävät lentoja, jotka ovat käyneet tuulivoimapuistoalueella ja punaiset tuulivoimapuiston ulkopuolella. © Suomen Hyötytuuli Oy 2020.

Häiriövaikutusten osalta useiden ulkomaalaisten tutkimusten mukaan monien vesilintujen (mm. hanhet, kuikkalinnut, uikut, joissain tutkimuksissa myös arktiset vesilinnut) on todettu välttävän ruokailua merituulivoimapuistojen alueella, eli ruokailevien vesilintujen määrä on laskenut merialueilla tuulivoimapuiston rakentamisen jälkeen (*Petersen ym. 2006, Larsen & Guillemette 2007, Dierschke ym. 2016*). Häiriötä aiheuttavat voimaloiden melu ja pyörimisliikkeen aiheuttama välke ja pimeän aikana lentoestevalot sekä rakentamisen ja toiminnan aikaisten huoltokäyntien yhteydessä tapahtuva alusten liikkuminen alueella. Etäisyys, jolle tuulivoimaloiden häirintävaikutus ulottuu, riippuu mm. vuodenajasta, alueesta ja lajista, sekä lajin eri populaatioista. Viimeaikaisten tutkimusten mukaan merituulivoimapuistojen häirintävaikutuksen on havaittu ulottuvan lokki- ja ruokkilinnuilla jopa yli kymmenen kilometrin päähän voimaloista (mm. *Peschko ym. 2020*). Häiriövaikutusten osalta erityisen altis laji on kaakkuri. Heinänen ym. (*2020*) havaitsivat tutkimuksessaan kaakkureiden välttävän merituulivoimapuistoja voimakkaasti vielä viiden kilometrin etäisyydellä, ja selvä vaikutus oli todettavissa vielä 10–15 kilometrin etäisyydellä. Tuloksen ja etenkin vaikutuksen merkittävyyden vertailukelpoisuus Suomen ja Laineen oloihin on kuitenkin rajallinen, sillä tutkimuksessa seurattiin talvehtivia kaakkureita, joita Suomen merialueella ei käytännössä

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

ole. Esimerkiksi Laineen kohdalla kaakkurit muuttavat alueen läpi tai korkeintaan lepäilevät lyhyitä aikoja muuttoetappien välillä. Lisäksi kesällä Laineen alueella havaittiin yksittäisiä pesimättömiksi tulkittuja yksilöitä.

Häiriövaikutuksia aiheuttaa myös merituulivoimapuiston rakentamisen aikainen sekä myös toiminnan aikana huoltotöiden ym. käyntien edellyttämä alusliikenne merituulivoimapuiston sekä sen ja sataman välisellä alueella. Esimerkiksi Mendel ym. (*2019*) ovat todenneet kuikkalinnuilla (lommar) merituulipuiston yhteydessä tapahtuvan lisääntyneen alusliikenteen aiheuttamaa välttämiskäyttäytymistä. Myös Laineen hankkeen yhteydessä tehdyissä selvityksissä kuikkalinnuilla, lähinnä kuikalla, todettiin olevan usein hyvinkin pitkä pakoetäisyys veneen lähestyessä.

Suomessa Tahkoluodon olemassa olevan merituulivoimapuiston merialuilla tehdyissä levähtäjälaskennoissa vuosien 2008 ja 2018 välillä levähtäjämäärissä ei ole havaittu lintumäärien vähentymistä. Esimerkiksi alueella keväällä levähtävien haahkojen määrä oli vuonna 2018 suurempi kuin vuonna 2008 ennen tuulivoimapuiston rakentamista, ja haahkan kohdalla arvioitiinkin, että kerääntymiin vaikuttaa enemmän ravinnon saatavuus kuin tuulivoimapuiston aiheuttama häiriö (*Suomen Hyötytuuli Oy 2020*). Lintujen kohdalla ravinnon saatavuus voikin vaikuttaa enemmän alueiden käyttöön kuin tuulivoimaloiden olemassaolo. Esimerkiksi tiirat saalistavat myös tuulivoimapuistoalueilla, jos ravintoa on tarjolla (*Krijgsveld 2014*). Tahkoluodon olemassa olevan tuulivoimapuiston alueella maastoseurantojen ja tutkan keräämän aineiston perusteella on myös todettu, että monet lintulajit lentävät sujuvasti tuulivoimaloiden välistä tai vieritse (*Suomen Hyötytuuli Oy 2020*).

10.3.3 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

Merituulivoimapuiston rakentamisen aikana laivojen ja muiden alusten liikkuminen ja rakentamisen aiheuttama melu lisääntyvät alueella. Lisääntynyt ihmistoiminta ja melu todennäköisesti karkottavat lintuja kauemmas alueelta. Lisäksi osana rakentamistoimia tapahtuva merenpohjan muokkaaminen voi tilapäisesti samentaa vettä ja paikallisesti heikentää lintujen ravinnon saantia. Muokkaamisen tarve vaihtelee eri perustusratkaisuiden välillä (luku 1.5). Voimalaperustusten lisäksi pohjaa joudutaan muokkaamaan merituulivoimapuiston sisäisen sähkönsiirron kaapeleiden asentamisen yhteydessä. Tuulivoimapuiston sisäiset kaapelit voidaan mm. merenpohjan olosuhteista riippuen laskea merenpohjan päälle tai asentaa eri tavoilla merenpohjan sisään (luku 1.6). Edellä mainitut vaikutukset voivat kohdistua myös lintujen ravintona käyttämiin kaloihin ja muihin eliöihin, mikä myös voi vaikeuttaa lintujen ravinnon saantia.

Rakentamisen aikaiset vaikutukset kohdistuvat paikalliseen, tai alueelle muuton aikana pysähtyneeseen, ruokailevaan ja levähtävään linnustoon. Linnustoselvityksissä Laineen merituulivoimapuiston alueella havaitut ruokailevien ja levähtävien lintujen määrät olivat kuitenkin vähäisiä, joten rakentamistoimien vaikutukset kohdistuvat vain vähäiseen määrään lintuja. Alueella ei todettu merkittäviä lintujen kerääntymiä tai ruokailualueita. Alueella havaittiin käytännössä vain kalaa ravintonaan käyttäviä lajeja, kuten lokkeja ja tiiroja sekä kuikka- ja ruokkilintuja. Laineen merituulivoimapuiston alue on kauttaaltaan liian syvää pohjaeläimiä ravintonaan käyttäville linnuille, kuten sukeltajasorsille (dykänder). Esimerkiksi haahkan, joka sukeltaa suomalaisista sukeltajasorsista syvimmälle, on todettu viihtyvän alle 20 metrin syvyisillä matalikkoalueilla (*Ahtiainen 2022*). Tahkoluodon merituulivoimapuiston laajennuksen ympäristövaikutusten arviointiselostuksessa (*Suomen Hyötytuuli Oy 2020*) pohjaeliöstöä ravintonaan käyttäviin lintuihin kohdistuvat vaikutukset on todettu vähäisiksi, kun rakennetaan yli 15 metrin syvyisille vesialueille. Merituulivoima-alueella ei ole tällaisia matalikkoalueita tai muita ympäröivästä merialueesta erottuvia piirteitä, jotka houkuttelisivat lintuja. Siten myös alueelta väistymään joutuville linnuille on tarjolla laajasti saman tyyppistä vesialuetta, minne siirtyä.

Sen sijaan lokeille, tiiroille, kuikka- ja ruokkilinnuille meren syvyyden merkitys on vähäisempi, vaikka merenpohjan muodot vaikuttavat myös kalojen esiintymiseen alueella. Hankkeen kalastovaikutukset on selostettu luvussa 6. Merituulivoimapuiston kalasto on harvalukuista koostuen pelagisista parvikaloista, alueen läpi kulkevista vaelluskaloista sekä pohjakaloista. Juuri pelagiset

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

parvikalat ovat hankealueella kalastavien lintujen ravintoa. Niiden arvioitiin esiintyvän hankealueella satunnaisesti ilman erityisiä, muusta merialueesta poikkeavia keskittymiä. Selvityksissä todettiin muutamia yksittäisiä pikkukalaparvien houkuttelemia lokkiparvia ja muutamien yksilöiden kuikkalintuparvia, mutta ne esiintyivät hankealueella satunnaisesti ja vähäisissä määrin.

Edellä esitetyn perusteella Laineen merituulivoimapuiston rakentamisesta linnustolle aiheuttamat vaikutukset arvioitiin suuruudeltaan ja merkittävyydeltään vähäisiksi kielteisiksi.

10.3.4 Toiminnan aikaiset vaikutukset

10.3.4.1 Merituulivoimapuiston vaikutukset linnustoon

Merituulivoimapuiston toiminnan aikana merkittävimpien vaikutusten arvioitiin aiheutuvan voimaloista ja niiden välkkeen ja melun aiheuttamasta häiriö- ja estevaikutuksesta sekä huoltoliikenteen myötä lisääntyvästä alusten liikkumisesta alueella. Rakentamisajan vaikutuksista poiketen, toiminnanaikaisten vaikutusten arvioitiin kohdistuvan merkittävimmin alueen kautta muuttavaan linnustoon. Muuttavaan linnustoon kohdistuvien vaikutusten merkittävyyttä verrattuna pesivään linnustoon vähentää se, että ne liikkuvat alueen lävitse enintään kahdesti vuodessa.

Sekä Suomessa (*Suomen Hyötytuuli Oy 2020, FCG Finnish Consulting Group Oy 2014–2019*) että ulkomailla tehdyissä tutkimuksissa muuttavien lintujen on todettu väistävän kokonaisia tuulivoima-alueita ja yksittäisiä voimaloita. Havainnot ovat samansuuntaiset sekä meri- että maatuulivoimapuistojen kohdalla. Tämän seurauksena Laineen alueen kautta muuttavien lintujen muuttoreitti voi muuttua paikallisesti lintujen kiertäessä tuulivoimapuistoaluetta.

Laineen merituulivoimapuisto muodostaa lintujen päämuuttosuuntaan nähden leveimmillään noin 15 km leveän (yhdessä Ruotsin puolelle sijoittuvan Kappa-hankkeen kanssa n. 23 km, ks. Yhteisvaikutukset, luku 21.1) tuulivoima-alueen. Avomeriolosuhteissa hyvän näkyvyyden vallitessa merituulivoimapuistot voi havaita jo hyvin kaukaa ja siten lintujen on myös helppo alkaa niiden kiertäminen jo etäältä. Toisaalta voimaloiden väliset etäisyydet ovat suuret, joten on vaikea arvioida sitä, lähtevätkö linnut kiertämään koko tuulivoima-alueen, vai hakevatko ne lentoreittinsä voimaloiden välisiltä alueilta. Esimerkiksi Tahkoluodon merituulivoimapuiston seurannoissa muuttavien haahkojen on todettu ensisijaisesti kiertävän alueen, mutta lentävän myös voimaloiden väleistä (Kuva 10-26). Mikäli linnut kuitenkin lentävät merituulivoimapuiston alueelle, Laineen merituulivoimapuistossa voimaloiden väliset etäisyydet ovat vielä suuremmat kuin Tahkoluodossa, joten linnuilla on runsaasti tilaa lentää myös tuulivoima-alueen sisällä.

Toimivan tuulivoimalan roottorialan läpi lentäminenkään ei suoraan tarkoita linnulle kuolettavaa osumaa, vaan laskennallisesti keskimäärin noin 5–15 % roottorialan läpi lentävistä linnuista osuisi tuulivoimalan lapoihin (*Band ym. 2007*). FCG:n toimivien tuulivoimapuistojen linnustonseurannoissa onkin havaittu useita pyörivien lapojen välistä lentäviä lintuja. Laineen voimalat ovat huomattavasti suurempia kuin voimalat, joiden ominaisuuksilla törmäystodennäköisyyksiä on laskettu. Tämä toisaalta suurentaa roottorialaa, mutta toisaalta roottori pyörii hitaammin, minkä ansiosta osumatodennäköisyys lapoihin pienenee.

Useiden tutkimusten perusteella lintujen tiedetään pääsääntöisesti väistävän voimaloita, mikäli vain havaitsevat ne ajoissa. Perämerellä esiintyy usein sumuja, mikä heikentää näkyvyyttä ja voi ajoittain lisätä lintujen törmäysriskiä. Myös sateisilla ja tuulisilla olosuhteilla voi olla törmäysriskiä lisäävä vaikutus. Lintujen tiedetään kuitenkin mahdollisuuksien mukaan suosivan hyviä sääolosuhteita etenkin muuttolennossa, minkä ansiosta heikon näkyvyyden tms. törmäysriskiä lisäävän olosuhteen vallitessa alueella lentävien lintujen määrä on vähäisempi kuin hyvän näkyvyyden vallitessa.

Toteutetuissa linnustoselvityksissä vain 3,8 % kaikista tuulivoima-alueella havaituista linnuista lensi törmäyskorkeudella, muiden lentäessä matalalla törmäyskorkeuden alapuolella. Havainnot olivat samansuuntaisia myös muissa Perämeren ja Selkämeren ulkomerellä tehdyissä vastaavissa

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

linnustoselvityksissä (OX2 Hallan ja Tyrskyn merituulivoimapuistot). Lintujen törmäykset avomerialueelle sijoitettuihin tuulivoimaloihin ovat tutkimustenkin mukaan olleet harvinaisia ja vähälukuisempia kuin ennen seurantoja yleensä oletettiin (*Desholm & Kahlert 2005, Petersen ym. 2006, Plonczkier & Simms 2012*). Esimerkiksi ruotsalaiseen merellä sijaitsevaan viiden tuulivoimalan yksikköön on arvioitu törmäävän vain noin yksi lintu vuodessa (*Pettersson 2005*).

Yleisesti törmäysriskin arvioidaan olevan suurimmillaan yömuuttajien kohdalla, jolloin linnut eivät näe voimaloiden rakenteita, ja toisaalta lentoestevalot voivat houkutella niitä lentämään voimaloita kohti. Yömuuton todentaminen edellyttää tutkan tms. teknisen laitteen käyttöä. Yömuuton todentamisen ja tutkimisen haastavuuden vuoksi sitä koskevia tutkimuksia ja muuta kirjallisuutta on etenkin Suomen osalta varsin vähän. Valtaosa yömuuttajista on pienikokoisia varpuslintuja, eli ”pikkulintuja”, joiden herkkyys vaikutuksille on vähäinen. Yleisesti lintujen yömuutosta tiedetään, että muuttokorkeus vaihtelee suuresti useista tekijöistä johtuen:

- Tuuliolosuhteet: Linnut säätelevät usein lentokorkeuttaan hyödyntääkseen suotuisia tuulia, lentävät korkeammalla hyödyntääkseen maksimaalisesti myötätuulen tai alempana välttääkseen vastatuulen. Myös heikkotuulisissa olosuhteissa muuttokorkeus on yleensä korkea.
- Lämpötila: Korkeat lämpötilat ja muutoin suotuisat lämpötilaolosuhteet voivat vaikuttaa lintuihin lentämään korkeammalla.
- Maantieteelliset ja topografiset ominaisuudet: Linnut voivat lentää eri korkeuksissa esimerkiksi ylittääkseen korkeita vuoria tai toisaalta lentävät alempana avoimen veden yllä.
- Lajikohtaiset erot: Eri lintulajit ja lajiryhmät voivat muuttaa hyvinkin eri korkeuksissa
- Vuorokaudenaika: Muuttokorkeus on yleensä matalampi auringonlaskun ja -nousun aikaan, johtuen ensisijaisesti siitä, että yömuuttajat lähtevät muutolle auringon laskiessa ja toisaalta valmistautuvat laskeutumaan auringon noustessa.

Welckerin & Vilelan (*2019*) tutkimuksessa lintujen yömuuttoa seurattiin merivalvontatutkilla 10 eri paikassa Saksan Pohjanmeren ja Itämeren talousvyöhykkeellä vuosina 2008–2016. Tutkimuksessa yöllä muuttavien lintujen keskimääräiset lentokorkeudet olivat 400–600 m. Muuttokorkeuteen eniten vaikuttavaksi tekijäksi todettiin muuton intensiteetti: kun lintuja muutti eniten, myös muuttokorkeus oli korkein, keskimäärin 600 metriä merenpinnan yläpuolella. Tämä johtunee ensisijaisesti siitä, että linnut pyrkivät muuttamaan hyvissä olosuhteissa, jolloin myös muuttokorkeus on keskimäärin suurempi. Todennäköisesti keskimääräinen muuttokorkeus on todellisuudessa tätäkin suurempi, sillä tutkimuksessa käytetyt tutkat ylsivät vain 1000 metriin merenpinnan yläpuolelle. Esim. Bruderer ym. (*2018*) mukaan keskimäärin noin 30 % lintujen muutosta kulkee yli kilometrin korkeudessa, mikä tarkoittaa, että jopa kolmasosa yömuutosta jää tuolloin havaitsematta. Welckerin & Vilelan (*2019*) tutkimuksen yllättävin tulos oli, että muuttokorkeus nousi selvästi, jos tuuli oli lintujen muuttosuuntaan nähden vastainen. Yleensä on ajateltu juuri päinvastoin. Tämä voi tosin ainakin osittain selittyä sillä, että säätiedot kerättiin 10 metrin korkeudelta, jolloin lintujen tosiasiallisella muuttokorkeudella tuuliolosuhteet voivat olla hyvinkin erilaiset.

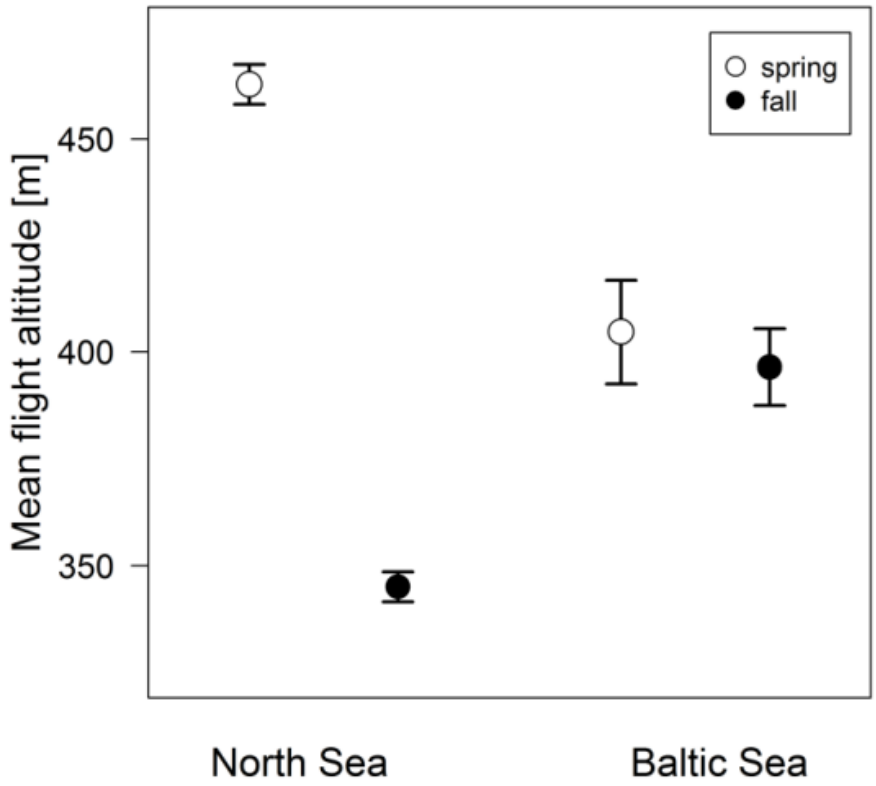
Welckerin & Vilelan (*2019*) tutkimuksessa laadittiin Bandin malliin perustuva törmäysmallinnus. Raportissa kuitenkin korostetaan samoja epävarmuuksia (ks. kappale 10.1 Lähtötiedot ja arviointimenetelmät, törmäysmallinnus) ja että kyseessä on laskennallinen arvio törmäysten määrästä. Mallinnuksen mukaan Itämeren alueella vuosittaiset voimalakohtaiset törmäysmäärät vaihtelivat 34,32 ja 7,8 lintuyksilön välillä riippuen mallinnuksesta käytetystä väistämiskertoimesta. Suhteutettuna Itä- ja Pohjanmeren kautta muuttavien lintujen kokonaismäärään, linnuista 0,3 % – 0,002 % törmäisi voimaloihin. Raportissa myös korostetaan, että etenkin yömuuton osalta lintujen väistämiskäyttäytymisestä ei ole riittävästi tietoa. Mallinnuksessa linnut oli jaoteltu varpuslintuihin ja ei-varpuslintuihin, ja valtaosa törmäyksistä tapahtuisi varpuslinnuille. Suhteutettaessa

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

törmäysmääriä Suomen oloihin ja Perämerelle, on huomattava, että Saksan tasolla Itämerellä muuttavien lintujen yksilömäärät ovat huomattavasti suurempia kuin Perämerellä.

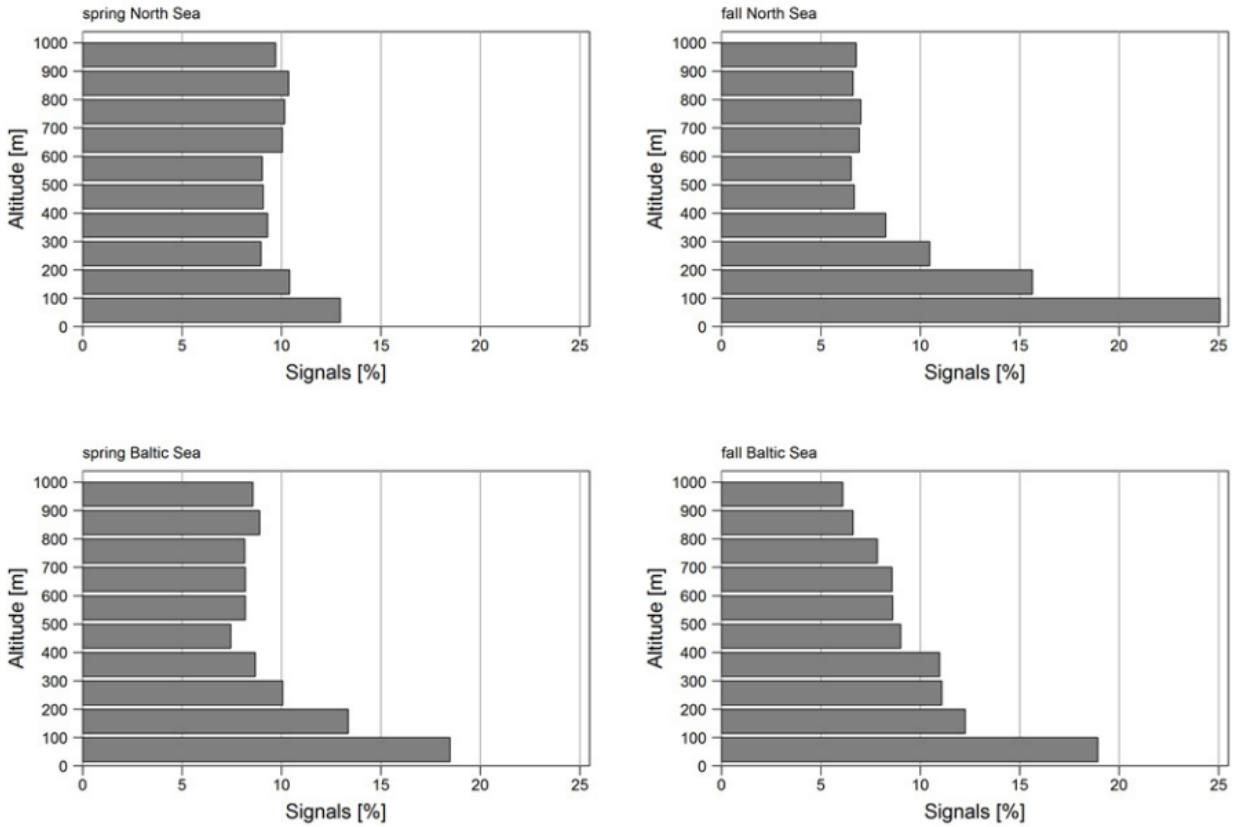
Welckerin & Vilelan (2019) tutkimuksen mukaan yöllä muuttavat linnut ovat erityisen alttiita törmäyksille epäsuotuisissa sääolosuhteissa ja huonon näkyvyyden aikana. Yleensä muuton intensiteetti tällaisissa olosuhteissa on kuitenkin alhainen. Tutkimuksen mukaan tilanteita, jolloin muuton intensiteetti on suuri ja sääolosuhteet epäsuotuisat, esiintyy vain harvoin (0,5–8 tuntia vuodessa riippuen huonon sään ja voimakkaan muuton määritelmästä). On kuitenkin huomattava, että tämä koskee eteläisen Itämeren ja Pohjanmeren olosuhteita, Perämeren olosuhteet voi poiketa tästä, mutta oletettavaa on, että myöskään Perämerellä tilanteita, jolloin olosuhteet ovat epäsuotuisat ja lintuja muuttaa paljon, on hyvin harvoin ja siten ajallisesti vähän.

Myös toisessa Welckerin (*2019*) tutkimuksessa yöllä muuttavien lintujen lentokorkeudet olivat keskimäärin selvästi yli 300 m. Muuttokorkeudet vaihtelivat Itä- ja Pohjanmeren välillä sekä kevään ja syksyn välillä (Kuva 10-27). Muuttokorkeudet jakaantuivat varsin epätasaisesti merenpinnan ja 1000 metrin välille. Suhteellisesti eniten muuttavia lintuja todettiin alle sadan metrin korkeudella (Kuva 10-28). Tässäkin tutkimuksessa tutkien kantamat ulottuivat 1000 metrin korkeuteen.



Kuva 10-27. Yömuuton keskimääräisen lentokorkeuden vertailu Pohjanmerellä (North Sea) ja Itämerellä (Baltic Sea) sekä vuodenaikojen välillä (spring = kevät, fall = syksy). Pystyakseli kuvaa keskimääräistä lentokorkeutta metreinä. Tässä raportissa käytetty törmäysriskikorkeus on 400 m. © Welcker 2019.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 10-28. Yömuuton keskimääräisen lentokorkeuden vertailu Pohjanmerellä (North Sea) ja Itämerellä (Baltic Sea) sekä vuodenaikojen välillä (spring = kevät, fall = syksy). Vaaka-akseli kuvaa tutkahavaintojen suhteellista jakaantumista (%) sadan metrin välein meren pinnasta 1000 metriin saakka. © Welcker 2019.

Toisaalta Baradaric ym:n (*2024*) Pohjanmerellä toteutetussa tuoreessa tutkaseurannassa yömuuton keskimääräiseksi (mediaani) lentokorkeudeksi todettiin kahdessa seurantapisteessä 285,5 m (mpy) ja 133,8 m keväällä. Syksyllä vastaavat korkeudet olivat 169,2 m ja 126,0 m. Mainitut lentokorkeudet ovat tässä raportissa käytetyn törmäyskorkeuden sisällä. Tässäkin raportissa todetut muuttokorkeudet olivat kuitenkin keskimäärin selvästi korkeampia (törmäyskorkeuden yläpuolella) lintumuuton intensiteetin ollessa voimakasta.

Yömuutto on voimakkainta heikoissa tuulissa (mieluiten myötätuulessa) ja selkeässä sateettomassa säässä (*Nilsson ym. 2019, Welcker & Vilela 2019*). Myös keväällä tapahtuva yömuutto tapahtuu keskimäärin korkeammalla kuin syksyllä (esim. *Bradaric ym. 2024*). Eri lähteissä mainitut, hyvissä olosuhteissa tapahtuvan yömuuton keskimääräiset lentokorkeudet vaihtelevat 700–1200 metrin välillä. Joissakin sääolosuhteissa, esimerkiksi voimakkaan vastatuulen vallitessa (jolloin muutto on yleensä vähäistä) muutto voi tapahtua matalammalla ja siten todennäköisemmin myös törmäyskorkeudella (*Bruderer ym. 2018*). Myös sumu vaikuttaa yöllä muuttavien lintujen lentokorkeuksiin. Ruotsissa Etelä-Kalmarsundin Utgrundenissa havaittiin, että linnut lensivät sumun vallitessa korkeammalla, luultavasti välttääkseen lentämistä sumun läpi (*Pettersson 2006*).

Molemmissa yllä mainituissa Welckerin tutkimuksissa (*Welcke & Vilela 2019, Welcker 2019*) lintujen yömuuton voimakkuus vaihteli voimakkaasti päivittäin, vuosien välillä ja eri paikkojen välillä. Tutkimuksissa ei saatu juurikaan näyttöä siitä, että yömuuton voimakkuus merituulipuistojen alueilla olisi vaihdellut rakennustyötä edeltävän ja sen jälkeisen ajanjakson välillä.

Sovellettaessa eteläisellä Itämerellä ja Pohjamerellä toteutettuja seurantatutkimuksia Suomen ja etenkin Perämeren oloihin, on huomattava, että pohjoista kohti edettäessä muuttavien lintujen

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

yksilömäärät vähenevät. Eteläisen Itämeren ja Perämeren välillä pesii suuri määrä lintuja, jotka eivät luonnollisestikaan muuta enää Perämeren kohdalla. Joka tapauksessa, tutkimustulosten suuren vaihtelun sekä käytännössä kaikissa tutkimuksissa lintujen muutossa todetun ajallisen vaihtelun vuoksi lisää tutkimuksia tarvitaan lintujen yömuutosta olevan tiedon kartuttamiseksi.

Kevätmuuton osalta Perämerellä lintujen määrät ovat suurimmillaan toukokuussa, jolloin täysin pimeää aikaa ei ole käytännössä ollenkaan. Tällä on todennäköisesti törmäysriskiä merkittävästi laskeva vaikutus, koska linnut voivat nähdä voimalat ympäri vuorokauden.

Suorien vaikutusten lisäksi merituulivoimapuiston toiminta voi aiheuttaa virtausten muutoksia, joka voi aiheuttaa välillisiä vaikutuksia linnustoon. Virtausten hidastuminen voi lisätä pohjan sedimentoitumista, millä voi olla vaikutusta pohjakasvillisuuteen ja -eliöstöön sekä kalastoon. Tällä voi olla vaikutusta pohjaeläimiä tai kaloja ravintonaan käyttäviin lintulajeihin. Linnustoselvityksissä Laineen merituulivoimapuiston alueella havaitut ruokailevien ja levähtävien lintujen määrät olivat vähäisiä, eikä alueella todettu merkittäviä lintujen ruokailualueita. Lisäksi alueen syvyysolosuhteet tukevat havaintoa vähäisestä merkityksestä linnuston ruokailualueena. Virtausten hidastuminen voi mallinnuksen mukaan ulottua Luodon saariston Natura-alueelle, joka sijaitsee merituulivoimapuiston itäpuolella lähimmillään 22 kilometrin etäisyydellä. Alueilla, jossa virtausten on mallinnettu hidastuvan, sijaitsee runsaasti mallinnettuja riuttoja. Virtausten hidastuminen voi lisätä sedimentaatiota alueella, ja peittää riuttojen kovia kallio- ja kivipintoja sedimenttiin, jolloin levien, vesisammalien sekä sessiilien pohjaeläinten kiinnittyminen koviin pintoihin vaikeutuu. Lisäksi sedimentti voi laskeutua vesikasvillisuuden pinnoille ja haitata yhteyttämistä. Jos vesikasvillisuuden tila heikkenee alueella, voi sillä olla ravintoverkon kautta vaikutusta kaloihin ja lintujen ravinnonhankintaan. Luodon saariston Natura-alueella sijaitsevien riuttojen ei kuitenkaan arvioida olevan erityisen monimuotoisia, sillä niiden läheisyydessä ei sijaitse jokisuistoa eikä merikaapelireitin alueella ole havaintoja vesisammalista. Virtausten heikkeneminen on mallinnusten mukaan kuitenkin vähäistä, eikä sen arvioida kohdistuvan saarten, luotojen tai riuttojen mantereen puoleisille rannoille. Näin ollen lintujen olisi mahdollista siirtyä ruokailemaan niille alueille, mikäli merenpuoleisten alueiden tila heikkenee.

Merituulivoimapuiston eteläpuolelle noin 22 kilometrin etäisyydelle sijoittuvan Merenkurkun saariston pohjoisosissa pintavirtausten arvioidaan joinain kuukausina hidastuvan. Tällä alueella esiintyy runsaasti rannikon laguuneja, jotka ovat kalojen ja vesilintujen tärkeitä ruokailu- ja lisääntymispaikkoja (*Lappalainen ym. 2020*). Virtausten hidastumisen ja siitä mahdollisesti seuraavan sedimentaation lisääntymisen alueella ei arvioida aiheuttavan haittaa rannikon laguuneille ja niiden lajistolle, sillä laguuneissa on luontaisesti alhainen veden virtaus ja pehmeää pohjaa. Alueella esiintyvillä riutoilla sen sijaan virtauksen hidastuminen voi mahdollisesti aiheuttaa lisääntyvää sedimentaatiota, jolloin kivipinnat voi aiempaa enemmän peittyä sedimentillä ja vaikeuttaa levien kiinnittymistä ja sitä kautta lintujen ravinnonhankintaa. Virtausten heikkeneminen on mallinnusten mukaan kuitenkin vähäistä.

Virtausten muutosten aiheuttamat vaikutukset linnustoon arvioidaan suuruudeltaan ja merkittävyydeltään korkeintaan vähäisiksi kielteisiksi. Yllä mainittujen kaltaisten virtausten muutosten aiheuttamien vaikutusten tulisi olla varsin merkittäviä, jotta sillä olisi vaikutusta lintujen ravinnonhankintaan.

Yksittäisistä lajeista vaikutusten herkkyyden (ks. Vaikutuskohteen herkkyys) osalta merkittävimpiä ovat selkälokki ja merikotka. Molemmat lajit ovat pitkäikäisiä ja niiden poikastuotto on hidasta. Lisäksi selkälokki on uhanalaisluokitukseltaan erittäin uhanalainen (EN). Aiemmin uhanalainen merikotka luetaan nykyään elinvoimaisten lajien joukkoon. Se on kuitenkin EU:n Lintudirektiivin Liitteen I laji. Molempien lajien kohdalla tuulivoimapuistoalueella havaitut yksilöt olivat todennäköisesti lähialueella pesivää kantaa.

Selkälokki

Selkälokin herkkyys vaikutuksille on erittäin suuri, sillä laji on Suomessa luokiteltu erittäin uhanalaiseksi (EN) ja laji on taantunut voimakkaasti Suomessa ja Pohjanlahdella. Ruotsissa

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

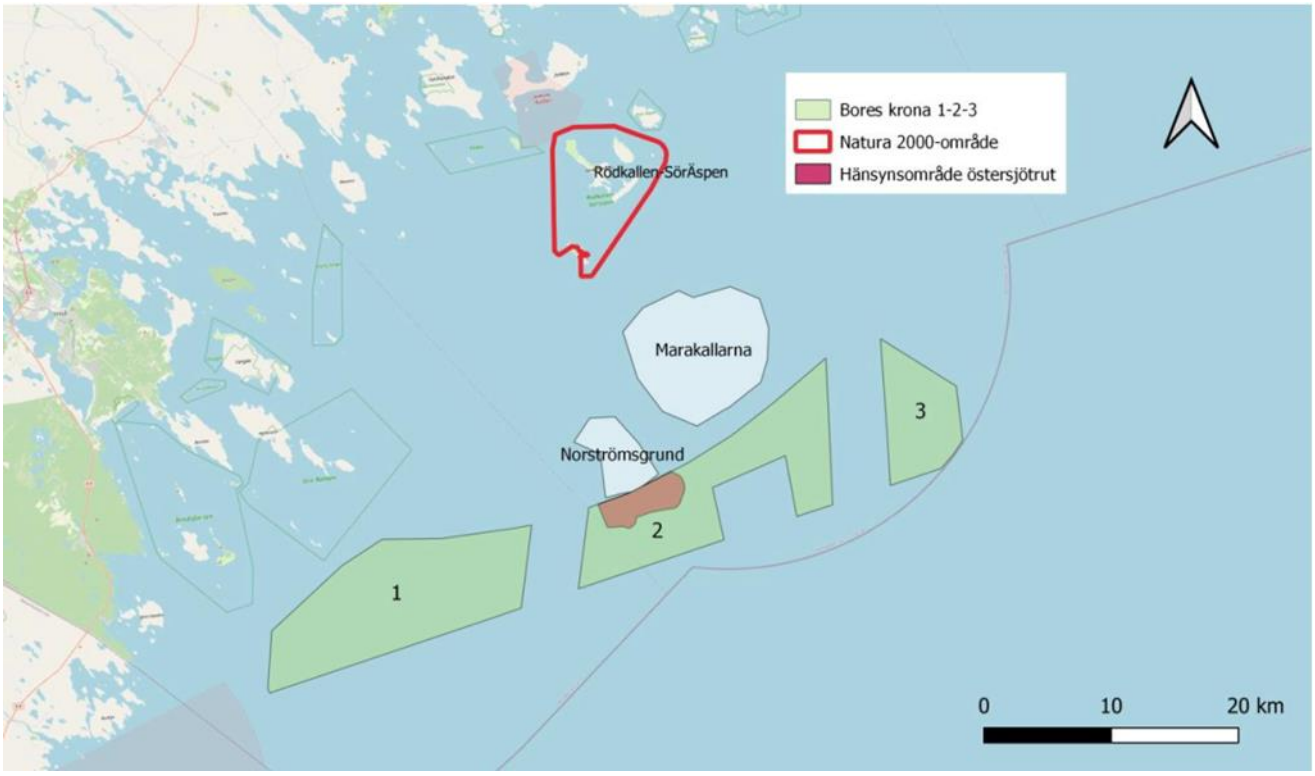
Pohjanlahden rantalintujen inventoinnit vuosina 2010–2020 osoittavat kannan puolittuneen Norrbottenin ja Västerbottenin lääneissä kyseisen ajanjakson aikana (*Ottvall Consulting Ab 2024*, *Länsstyrelserna 2020*). Lisäksi laji on pitkäikäinen ja hitaasti lisääntyvä, jolloin yhdenkin lisääntyvän yksilön lisäkuolleisuudella voi olla merkittävä vaikutus alueen populaatioon.

Selkälokin osalta merituulivoimapuiston alueella havaitut yksilöt olivat todennäköisesti Suomen tai Ruotsin puolen pesimäyhdyskunnissa pesiviä yksilöitä. Satelliittilähettimillä varustettujen selkälokkien ruokailulentojen on todettu suuntautuvan kauas avomerelle, ja Ruotsin Rödkallenilla pesivien selkälokkien ruokailulentojen on todettu ulottuvan Suomen puolelle saakka (*Ottvall Consulting Ab 2024*). Vaikka Kokkolan-Uudenkaarlepyyn rannikon satelliittilähetintutkimuksessa kaikki yksilöt ruokailivatkin vain mantereen turkistarhoilla, Laineen linnustoselvityksissä selkälokkien havaittiin lentävän myös kauas ulkomeren suuntaan, ja myös sieltä palaavia lintuja havaittiin. Ulkomerelle suuntautuvia lentoja havaittiin kuitenkin lukumääräisesti vähän suhteessa alueella pesivään parimäärään. Ruotsin puolella lähimpänä Laineen merituulivoimapuistoa sijaitsevia selkälokkiyhdyskuntia on Holmön saarella, missä on 20–100 parin yhdyskuntia (*Länsstyrelserna 2020*). Vaikutuksia arvioitaessa on huomattava, että merituulivoima-alueella havaitut 134 selkälokkia on kaikkien käyntien yhteismäärä, joten yksilöitä / käyntikerta oli varsin vähän. Lisäksi alue on hyvin laaja, joten käytännössä selkälokkeja havaittiin yksittäisiä tai muutaman yksilön ryhmissä hyvin harvakseltaan ja varsin tasaisesti koko tuulivoima-alueella.

Yleisesti selkälokin törmäysriskiä merituulivoimapuistojen voimaloihin pidetään korkeana (*Vanermen ym. 2019*). Toisaalta Skotlannissa merituulivoimapuiston törmäysvaikutuksia arvioitaessa lokeille suositeltiin käytettäväksi väistökerrointa 99,5 %, eli lokit lajiryhmänä eivät ole herkkiä törmäämään pyöriviin lapoihin. Laineen selvityksissä ei kuitenkaan yhdenkään määritetyn selkälokin havaittu lentävän törmäyskorkeudella. Selkälokkia ja merituulivoimapuistoja koskevissa tutkimuksissa tulokset ovat olleet hyvin ristiriitaisia: selkälokin on havaittu sekä välttelevän merituulivoimapuistoja, että hakeutuneen niiden läheisyyteen (*Vanermen ym. 2019*). Belgialaistutkimuksessa satelliittilähettimellä varustettujen selkälokkien havaittiin selkeästi välttelevän merituulivoimapuiston keskiosia, kun taas paikannusten määrä oli suurimmillaan aivan merituulivoimapuiston reunalla. Tämän osoitettiin johtuvan siitä, että lokit lepäilivät voimalan perustuksilla (*Vanermen ym. 2019*). Riippuu voimala- ja perustustyypin valinnasta, onko tämä mahdollista Laineen merituulivoimapuiston kohdalla. Itse merituulivoimapuiston alueen välttely kuitenkin pienentää selkälokkiin kohdistuvaa törmäysriskiä, mutta toisaalta aiheuttaa estevaikutuksen, jonka seurauksena nykytilanteessa merituulivoimapuiston alueella ruokailevat selkälokit väistyvät muille alueille. Laineen merituulivoimapuiston kohdalla vastaavaa vesialuetta on runsaasti ympäröivällä merialueella, minne selkälokit voivat siirtyä, mikäli niiden ruokailu alueella estyy merituulivoimapuiston rakentamisen tai toiminnan aikana.

Ruotsin Rödkallenin paikannusaineiston perusteella selkälokit suosivat matalia alueita. Kuvan 10-21 mukaiselta selkälokkien keskeiseltä liikkumisalueelta 50 % ruokailupaikoista (eli kun linnut olivat paikallaan tai samalla alueella, eikä lennossa alueelta toiselle) sijoittui alueille, joilla vedensyvyys on 5–20 metriä. Datan perusteella pystyttiin rajaamaan kaksi matalikkoaluetta, joilla oli muuta ympäristöä suurempi merkitys ravinnonhankinta-alueina (Kuva 10-29) (*Ottvall Consulting Ab 2024*).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 10-29. Ruotsin Rödkallenilla pesivien selkälokkien tärkeät ruokailumatalikot Marakallarnassa ja Norströmsgrundissa (vaaleat rajaukset) sekä Norströmsgrundin osassa, joka sijoittuu osittain Bores krona 2 -merituulipuiston alueelle (ruskea rajaus). Kuva: Ottvall Consulting Ab 2024.

Verrattuna Bores kronan alueeseen ja yllä esitettyihin rajattuihin ruokailualueisiin, Laineen hankealueella tai sen välittömällä lähivaikutusalueella ei sijaitse vastaavia matalikkoja, vaan vedensyvyys on suhteellisen sama ja keskimäärin syvä. Näin ollen ei ole syytä olettaa, että Laineen alueella tai sen vaikutusalueella sijaitsisi muuta merialuetta merkittävämpää selkälokkien ruokailualuetta, vaan selkälokkien liikkuminen alueella jakaantuu tasaisesti koko laajalle merialueelle.

Edellä esitetyn perusteella selkälokkiin kohdistuva törmäysriski sekä voimaloiden aiheuttaman häiriön seurauksena aiheutuva karkotusvaikutus (displacement) arvioitiin suuruudeltaan ja merkittävyydeltään vähäiseksi. On todennäköistä, että Laineen alueelle saapuu ruokailevia selkälokkeja useasta eri yhdyskunnasta ja Perämeren ulkomerialue kokonaisuutena on lajille merkittävä ravinnonhankinta-alue sekä Suomen että Ruotsin pesimäkannan osalta. Vaikka Laineen merituulivoimapuistoalue kattaa Perämeren ulkomeren aluekokonaisuudesta vain pienen osan, alueelta väistyvien lintujen on hankittava ravintonsa muilta alueilta, mikä taas kasvattaa kyseisten alueiden saalistuspainetta, eli vaikutukset ulottuvat myös Laineen alueelta väistyvien yksilöiden tuloalueille.

Merikotka

Merikotkia havaittiin Laineen tuulivoimapuistoalueella alkukeväästä, kun hylkeet olivat synnyttämässä jäällä. Esiintymistä voidaan pitää runsaana, kun yhdellä käyntikerralla alueella havaittiin 18 yksilöä. Valtaosa havaituista merikotkista oli vanhoja, pesimäikäisiä yksilöitä. Tämä viittaa siihen, että merikotkat olivat tulleet merituulivoima-alueella pääasiassa läheisiltä rannikkoalueilta, eli olivat paikallista pesimäkantaa. Sekä Suomen että Ruotsin rannikolla pesii merikotkia, ja merituulivoimapuiston länsiosaan, missä valtaosa hylkeistä ja merikotkista havaittiin, on käytännössä sama matka Suomen rannikolta ja Ruotsin Holmön saarelta, joten kyseessä voi olla sekä Suomen että Ruotsin puolella pesivistä yksilöistä. Merikotkien läsnäolo merituulivoimapuiston alueella loppui kokonaan jäiden lähdettyä ja hylkeiden kadottua alueelta. Sulan meren aikana tuulivoima-

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

alueella ei havaittu merikotkaa ollenkaan. Merikotkan esiintymisessä alueella on siis lyhyt, mutta jyrkkä piikki hylkeiden lisääntymisen aikana.

Merikotka on useissa tapauksissa todettu törmäysten kannalta riskilajiksi ja tuulivoimarakentamisessa erityisesti huomioitavaksi lajiksi. Merikotkien riskialttius törmätä voimaloihin on havaittu myös Suomessa toteutetuissa rakennettujen tuulivoimapuistojen linnustovaikutusten seurannoissa (*Suorsa 2019*). Suomesta merikotkalla tunnetaan syksyyn 2022 mennessä 41 törmäystä (*Tikkanen ym. 2022*, tilastointi puutteellinen), mikä on päiväpetolinnuista selvästi eniten.

On vaikea arvioida tai ennustaa, miten lisääntymään valmistautuvat hylkeet suhtautuvat merituulivoimapuistoihin. Tätä ei ole pystytty tutkimaan Laineen kaltaisilla jääpeitteisillä alueilla. Mikäli hylkeet väistyvät merituulivoimapuiston alueelta, se luonnollisesti vaikuttaa myös merikotkien liikkumiseen, jolloin niillä ei olisi tarvetta liikkua voimaloiden vaikutuspiirissä. Mikäli hylkeet lisääntyvät myös toiminnassa olevan merituulivoimapuiston alueella ja merikotkia liikkuu alueella yhtä paljon kuin vuoden 2023 selvitysten aikaan, on tällä merikotkiin kohdistuvaa törmäysriskiä selvästi kasvattava vaikutus, ja hetkellisesti sen voi arvioida olevan suuri. Vaikutuksen merkittävyyttä laskee huomattavasti merituulivoimapuiston alueella mahdollisesti tapahtuvan merikotkien liikkumisen lyhyt ajanjakso. Kokonaisuutena merikotkaan kohdistuva törmäysriski arvioitiin kuitenkin varovaisuusperiaatteen mukaisesti suuruudeltaan ja merkittävyydeltään kohtalaiseksi kielteiseksi.

Edellä esitetyn perusteella Laineen merituulivoimapuiston toiminnan aikaiset vaikutukset linnustoon arvioitiin kokonaisuutena suuruudeltaan ja merkittävyydeltään vähäiseksi kielteiseksi. Yhteen lajiin, merikotkaan kohdistuvat kohtalaiset vaikutukset eivät nosta linnustoon kohdistuvaa *kokonaisvaikutusta* vähäistä suuremmaksi.

10.3.4.2 Energiansiirtoreittien vaikutukset linnustoon

Merikaapeleiden (tässä yhteydessä ml. myös mahdolliset vetyputket) asentamisesta aiheutuu melua ja muuta lisääntyneen ihmistoiminnan aiheuttamaa häiriötä sekä paikallista veden samentumista. Tällä voi olla paikallisia vaikutuksia lintujen ravinnon hankintaan. Häiriövaikutusten ei arvioida ulottuvan muutamia satoja metrejä kauemmaksi kaapeleiden laskuun ja asentamiseen käytettävästä aluksesta. Sen sijaan samentumisvaikutukset voivat ulottua kauemmaskin, mikäli samentuminen on runsasta ja samentumat leviävät virtausten mukana. Samentumisvaikutuksen laajuuteen vaikuttaa valittu rakenteiden asennustapa (luku 1.6.). Perämeren kohdalla on huomattava, että etenkin rannikon läheisyydessä veden normaali näkösyvyyskin on varsin alhainen, jolloin samentumisella on vähäisempi merkitys kuin täysin kirkkaissa vesissä.

Merkittävin vaikutus kohdistuu energiansiirtoreittien läheisyydessä sijaitsevien pesimäluotojen pesimälinnustoon, mikäli rakenteiden asentaminen ajoittuu poikasten ruokinta-aikaan. Häiriö ja veden samentuminen voivat karkottaa lintuja niiden normaaleilta ravinnonhankinta-alueilta. Tällä voi olla vaikutuksia ruokailulentojen pituuteen ja ajalliseen kestoon ja siten lintujen energiankulutukseen ja -saantiin. Myös alueille, joille vaikutuksen kohteena olevat linnut siirtyvät, kohdistuu suurempi saalistuspaine, jolloin vaikutusten voidaan katsoa ulottuvan myös niille alueille.

Hankkeen yhteydessä laadituissa linnustoselvityksissä ei kuitenkaan todettu energiansiirtoreiteille tai niiden läheisyyteen sijoittuvia merkittäviä ruokailualueita, vaan pesivät linnut lensivät kalastamaan ja saalistamaan laajoille alueille. Näin ollen merikaapeleiden asentamisen häiriöstä ja veden samentumisesta aiheutuvien vaikutusten suuruus ja merkittävyys arvioitiin vähäiseksi.

Mikäli merikaapeleiden asentaminen ajoittuu kevääseen tai syksyyn, pesimälinnuston sijaan edellä mainitut vaikutusmekanismit kohdistuvat energiansiirtoreittien varrella lepäilevään muuttolinnustoon. Vaikutuksen merkittävyys on suurimmillaan keväällä pohjoisen reittivaihtoehdon rantautumispaikan edustalla, mikäli asentaminen ajoittuu ajankohtaan, kun muu merialue on jäässä, mutta sataman ja tehtaan edusta on jo sulana. Tällöin alue kerää merkittäviä määriä lepäileviä muuttolintuja. Jos tuolloin alueella toteutetaan merivettä samentavia toimenpiteitä, sillä voi olla hetkellisesti jo vähäistä suurempi vaikutus alueella levähtäviin lintuihin. Kaapeleiden tai

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

vetyputken asentaminen on kuitenkin luonteeltaan etenevää työtä ja siten meren pitää jo olla lähtökohtaisesti jäätön, ennen kuin työt voidaan aloittaa. Kaikkien muiden reittivaihtoehtojen osalta vaikutukset muuttolinnustoon arvioitiin vähäiseksi.

Energiansiirtoreittien rantautumispaikoilla putket ja/tai kaapelit tuodaan rantaan sopivaksi katsotulla rantautumisalueella esitettyjen kaapelikäytävien sisällä. Rantaan tuotavat merikaapelit vaativat noin 80 metrin leveydeltä ranta-aluetta, jolta puusto poistetaan ja kaapeliojat kaivetaan. Kaapeliojan viereen on lisäksi tarve rakentaa huoltotie. Ranta-alueelta sähkö siirretään tarvittavalta matkalta maahan kaivettuina kaapeleina sähköasemalle. Sähköasemien sijainti tarkentuu myöhemmässä vaiheessa, mutta ne tulevat sijaitsemaan noin 200 metriä – 8,5 kilometriä rannasta.

Kaapelien kaivaminen maahan siis edellyttää noin 80 metriä leveän käytävän, ja vastaavasti vetyputki tarvitsee noin 20 metriä leveän käytävän, jolta nykyinen elinympäristö muuttuu. Rantaviivan ja rantaniittyjen kohdalla arvioidaan, että muutos ei ole pysyvä, vaan heinikko, ruovikko ja pensaikko valtaavat kohteen varsin pian ja se palaa ympäröivän alueen kaltaiseksi. Sen sijaan nykytilassa puustoisen elinympäristön osalta maakaapelien lunastusalue pidetään puuttomana, mutta kaapelikadun reuna-alueilla erilliselle puuston kasvun rajoittamiselle ei ole tarvetta.

Puuston raivaus ja kaapeliojien kaivaminen sekä energiansiirtorakenteiden asentaminen aiheuttaa häiriövaikutuksia, jotka ovat kuitenkin lyhytaikaisia, eikä niiden arvioida leviävän muutamaa sataa metriä kauemmas häiriön lähteestä.

Energiansiirtoreittien rantautumispaikkojen pesimälajisto koostuu lähinnä tavanomaisesta merenrantalajistosta ja metsäisten kohteiden osalta metsän yleislajeista. Rantautumispaikoilla tai niiden välittömässä lähiympäristössä ei todettu linnustollisesti merkittäviä elinympäristöjä. Lisäksi elinympäristömuutokset ovat hyvin paikallisia ja suurelta osin luonteeltaan palautuvia ja häiriövaikutukset ovat hyvin lyhytaikaisia ja niin ikään paikallisia. Näin ollen energiansiirtoreittien rakentamisesta linnustolle aiheutuvat vaikutukset arvioitiin suuruudeltaan ja merkittävyydeltään vähäisiksi kielteisiksi.

Tuulivoimapuiston toiminnan aikana sähkönsiirtokaapeleiden ympäristöön muodostuu sähkömagneettikenttiä, joiden vaikutuksia kalastoon on käsitelty luvussa 6.3.2. Tiivistetysti, sähkömagneettinen kenttä ulottuu useiden metrien päähän merenpohjaan kaivetusta merikaapelista ja sen intensiteetti vähenee etäisyyden kasvaessa. Sedimenttikerros kaapelin päällä vaimentaa, mutta ei täysin estä säteilyn pääsyä kaapeleista ympäristöön ja vesipatsaaseen. Sähkönsiirron aiheuttamaa sähkömagneettista kenttää on pidetty mahdollisena kaloihin kohdistuvana käytönaikaisena vaikutuksena. Staattisen magneettikentän vaikutuksia vesiorganismeihin on kuitenkin toistaiseksi tutkittu vain vähän ja tulokset ovat myös keskenään ristiriitaisia, mikä vaikeuttaa arviointia. Kalojen herkkyys tuntea sähkömagneettista säteilyä vaihtelee lajeittain. Kaapelien tyypillä ja suunnittelulla on suuri merkitys niiden sähkömagneettiseen vaikutukseen ja erilaisilla teknisillä ratkaisuilla voidaan mahdollisesti vähentää vaikutuksia kaloihin. Sähkömagneettisen säteilyn laajuutta on vaikea arvioida tässä vaiheessa hanketta, mutta kirjallisuustietojen perusteella mahdollinen vaikutus kohdistuu aivan kaapeleiden lähialueelle. Pinta-alan mukaan laskettuna teoreettinen vaikutus voisi kohdistua maksimissaan muutaman kymmenen hehtaarin alueelle.

Kokonaisuutena voidaan todeta, että vaikka kalat aistivatkin magneettisia kenttiä, eivät sähkönsiirtokaapeleiden aiheuttamat magneettikentät ole välttämättä niin voimakkaita, että ne aiheuttaisivat kalojen poikkeavaa käyttäytymistä tai muuta muutoksia.

Kaapeleiden mahdollisesti aiheuttamalla sähkömagneettisella kentällä voi periaatteessa olla vaikutuksia myös pohjaeläimistöön. Joissain tutkimuksissa sähkömagneettisella säteilyllä on havaittu laboratoriokokeissa muutoksia pohjaeläinten suunnistamiskyvyssä, mutta Suomen oloissa tutkimustietoa ei ole saatavilla. Vaikutus arvioitiin kuitenkin korkeintaan vähäiseksi (ks. luku 5.3.2).

Edellä mainituin perustein arvioitiin, että merikaapeleiden aiheuttamalla sähkömagneettisella säteilyllä ei ole vähäistä suurempia vaikutuksia myöskään kaloja ja pohjaeläimiä ravintonaan

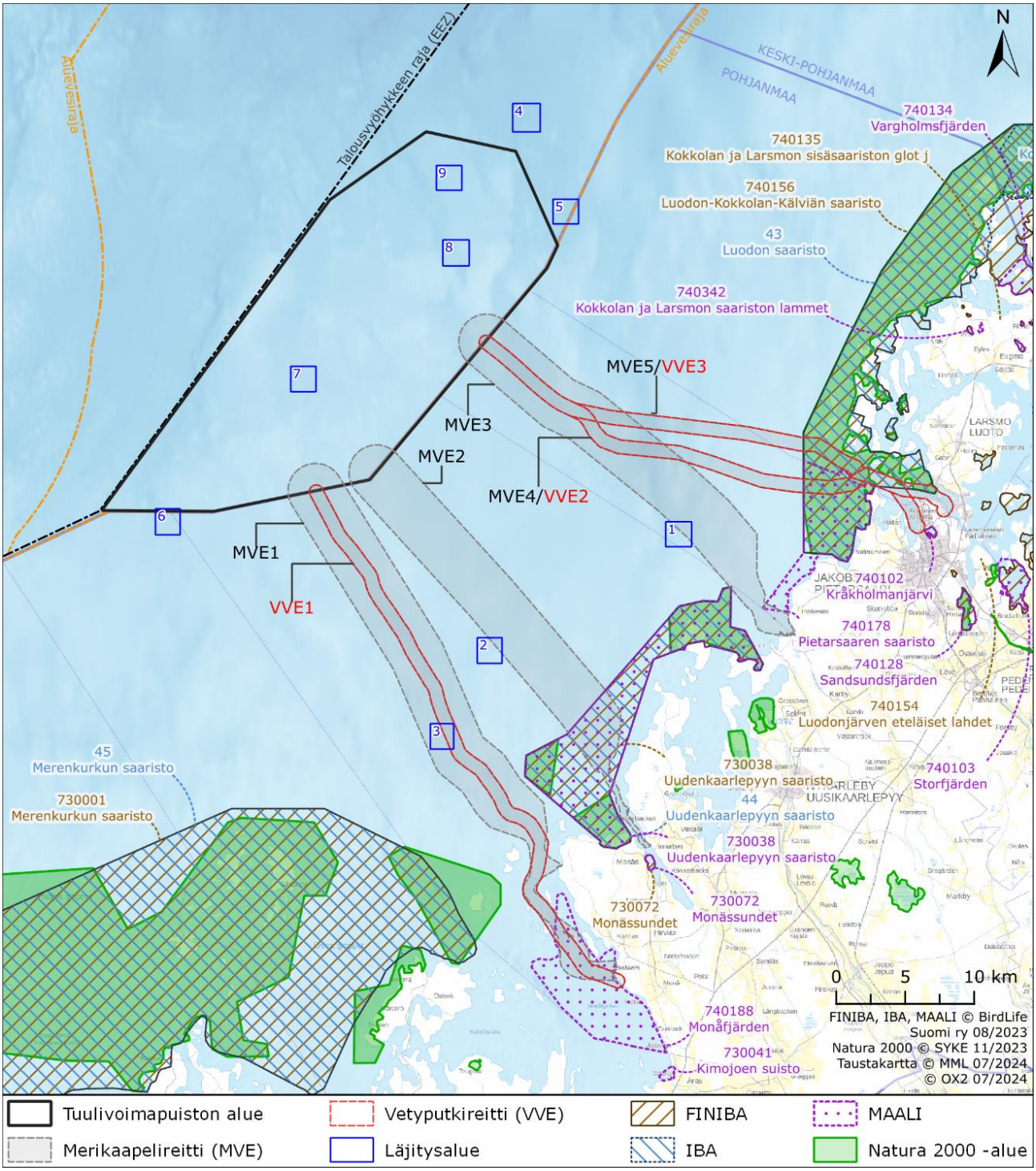
Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

käyttäviin, energiansiirtoreittien varrella pesiviin tai levähtäviin ja aluetta ravinnon hankintaan käyttäviin lintulajeihin.

10.3.4.3 Hankkeen vaikutukset suojelualueisiin

Linnuston osalta hankkeen suorat vaikutukset suojelualueisiin aiheutuvat vain energiansiirtorakenteiden (merikaapelit, vetyputki) asentamisesta ja toiminnasta. Sen sijaan välillisiä vaikutuksia voi aiheutua merituulivoimapuiston toiminnan aikaisista virtausten muutoksista, jotka mallinnusten mukaan ulottuvat suojelualueille. Itse merituulivoimapuiston läheisyydessä ei sijaitse linnuston perusteella suojeltuja alueita tai kohteita.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 10-30. Kaapelireiteillä ja niiden läheisyydessä sijaitsevat Natura- ja linnustoalueet.

Hankkeen vaikutusalueella sijaitsee kolme Natura-aluetta (ks. Kuva 10-30), jotka on liitetty Natura-alueverkostoon lintudirektiivin mukaisina erityissuojelualueina (SPA-alueet): Uudenkaarlepyyn saaristo (FI0800133), Luodon saaristo (FI0800132) ja Merenkurkun saaristo (FI0800130). Hankkeen vaikutuksista Natura-alueisiin on laadittu erillinen Luonnonsuojelulain (9/2023) mukainen Natura-arviointi (Liite 13).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Natura-alueiden lisäksi hankkeen vaikutusalueelle sijoittuu linnuston kannalta merkittäviä kohteita. Kansainvälisesti merkittävinä linnustoalueina (IBA) on rajattu Luodon saaristo, Uudenkaarlepyyn saaristo sekä Merenkurkun saaristo. Samat alueet on rajattu myös kansallisesti tärkeinä linnustokohteina (FINIBA). Lisäksi alueella on rajattu maakunnallisesti tärkeitä linnustoalueita (MAALI). Luodon saariston osalta MAALI-rajaus on sama kuin yllä mainituissa IBA- ja FINIBA-kohteissa. Lisäksi alueelle sijoittuu Monåfjärdenin MAALI-alue eteläisimmän merikaapelireitin rantautumispaikan ympäristössä sekä Pietarsaaren saariston Maali-alue, joka on osittain päällekkäinen Luodon saariston IBA- ja FINIBA-rajauksen kanssa, mutta jatkuu siltä rannikkoa pitkin etelään (Kuva 10-30).

Yllä mainituista kohteista suoria vaikutuksia Laineen merituulivoimapuiston merikaapeli- ja vetyputkien reittivaihtoehdoista kohdistuu Luodon saariston Natura-, IBA- ja FINIBA-alueelle sekä osittain niiden kanssa päällekkäiselle Pietarsaaren saariston MAALI-alueelle, Uudenkaarlepyyn saariston IBA- ja FINIBA-alueelle sekä mahdollisesti Natura-alueelle (reitti sijoittuu hyvin pieneltä osin Natura-aluerajaukselle, mutta itse kaapeli tulee todennäköisesti sijoittumaan Natura-aluerajauksen ulkopuolelle) sekä Monåfjärdenin MAALI-alueelle.

Suorat vaikutukset aiheutuvat merikaapelien asentamisesta ja sen edellyttämästä pohjan muokkauksesta. Merikaapelit (ja vetyputket) asennetaan meren pohjaan joko ruoppaamalla tai vesipainepuhalluksella. Tämä aiheuttaa ympäröivälle vesialueelle samentumavaikutuksia sekä asennuskohdetta ympäröivän pohjan sedimentoitumista. Lisäksi kaapelien asennuksesta sekä mahdollisesti muusta hankkeeseen liittyvästä liikenteestä aiheutuu häiriövaikutuksia, jotka voivat karkottaa alueella liikkuvia lintuja kauemmaksi.

Suorien vaikutusten lisäksi hankkeesta voi aiheutua välillisiä vaikutuksia, jotka aiheutuvat merituulivoimapuiston toiminnan aikaisista virtausten muutoksista, jotka mallinnusten mukaan ulottuvat suojelualueille saakka. Virtausten heikentyminen voi aiheuttaa pohjan sedimentoitumista, jolla voi olla vaikutusta pohjakasvillisuuteen ja -eliöstöön ja sitä kautta lintujen ravinnonhankintaan.

Luodon saariston Natura-alueelle laaditussa Natura-arvioinnissa (joka käytännössä kattaa myös samannimiset IBA- ja FINIBA-alueet sekä **Pietarsaaren saariston MAALI-alue**en) samentumavaikutusten arvioitiin leviävän varsin laajalle alueelle Natura-alueella. Lisäksi pohjan muokkaaminen aiheuttaa sedimentoitumista, jonka kertyminen on kuitenkin huomattavasti samentumisen leviämisaluetta suppeampaa. Koska Luodon saariston Natura-alueen suojeluperusteena esitetty pesimälinnusto on varsin runsas ja monipuolinen, ja koska samentuma-, sedimentaatio- ja häiriövaikutukset kohdistuvat varsin merkittävissä määrin Natura-alueelle, arvioitiin linnustoon kohdistuvat, merikaapelien rakentamisesta aiheutuvat negatiiviset vaikutukset varovaisuusperiaatteen mukaisesti suuruudeltaan ja merkittävyydeltään korkeintaan kohtalaisiksi. Merituulivoimapuiston toiminnan aikana tapahtuvalla virtausten heikentymisellä voi olla Luodon saariston Natura-alueen luontotyypeille kohdistuvia vaikutuksia, jotka Natura-arvioinnissa arvioitiin korkeintaan kohtalaisiksi. Mikäli kyseisille luontotyypeille aiheutuu merkittävyydeltään kohtalaisia vaikutuksia, voidaan varovaisuusperiaatteen mukaisesti arvioida, että suuruudeltaan ja merkittävyydeltään kohtalaisia negatiivisia vaikutuksia aiheutuu myös niiltä ravintonsa hankkiville lintulajeille. Mahdollinen lisääntynyt sedimentaatio voi heikentää lintujen ravinnonhankintaa kyseisillä alueilla. Virtausten heikkeneminen on mallinnusten mukaan kuitenkin vähäistä, eikä sen arvioida kohdistuvan saarten, luotojen tai riuttojen mantereen puoleisille rannoille tai rinteille, jolloin ne säilyisivät ennallaan ja lintujen olisi siten mahdollista siirtyä ruokailemaan niille alueille, mikäli merenpuoleisten alueiden tila heikkenee.

Merenkurkun saariston Natura-alueen (sekä IBA- ja FINIBA-alueen) osalta hanke ei aiheuta suoria vaikutuksia, koska merikaapelireitit sijaitsevat lähimmillään noin 1,6 km etäisyydellä Natura-alueen rajaukselta. Sen sijaan merituulivoimapuiston toiminnan aikainen virtausten heikkeneminen ulottuu suojelualueelle saakka. Virtausten muutosten vaikutukset Natura-alueen luontotyyppeihin arvioidaan vain yhden luontotyypin osalta merkittävyydeltään kohtalaisiksi. Muiden luontotyyppien osalta vaikutukset jäävät vähäisiksi. Jotta linnuston ravinnonhankintaan aiheutuisi

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

vaikutuksia, vaikutukset luontotyyppeihin tulisi olla merkittävyydeltään selvästi vähäistä suuremmat. Näin ollen arvioidaan, että linnustoon kohdistuvat vaikutukset jäävät merkittävyydeltään vähäisiksi.

Uudenkaarlepyyn saariston Natura-alueen linnustoon kohdistuvien vaikutusten arvioitiin jäävän korkeintaan vähäisiksi. Samannimisten IBA- ja FINIBA-alueiden rajaus poikkeaa Natura-aluerajauksesta siten, että Natura-alueen pohjoisten ja eteläisten osa-alueiden välinen merialue kuuluu linnustoalueiden rajaukseen. Merikaapelireitit sijoittuvat tälle alueelle, joten linnustokohteille kohdistuu Natura-alueesta poiketen myös suoria vaikutuksia. Näille kohteille kohdistuvat vaikutukset arvioitiin Luodon saariston tavoin suuruudeltaan ja merkittävyydeltään korkeintaan kohtalaisiksi.

Laineen eteläisimmän merikaapeli- ja vetyputkireittivaihtoehdon varrella ja rantautumispaikan ympäristössä sijaitsevaan **Monåfjärdenin MAALI-alue**eseen kohdistuu niin ikään suoria vaikutuksia. Sedimentoitumis- ja etenkin samentumavaikutus voi hetkellisesti kattaa merkittävän osan alueesta. Myös häiriö voi hetkellisesti karkottaa lintuja isolta osalta aluetta. Näin ollen MAALI-alueelle kohdistuvat suorat vaikutukset arvioitiin suuruudeltaan ja merkittävyydeltään korkeintaan kohtalaisiksi.

Yllä mainittuja vaikutuksia merkittävästi lieventävä seikka on merikaapelien asentamisen aiheuttamien vaikutusten lyhyt ajallinen kesto. Lisäksi yllä mainittujen vähäistä suurempien vaikutusten aiheutuminen edellyttää sitä, että asentaminen ajoittuu lintujen pesimäaikaan (pesivä lajisto) tai Natura-alueen suojeluperusteena levähtäviksi esitettyjen lajien osalta niiden muuttoaikaan. Mikäli asentaminen ajoittuu muihin ajankohtiin, linnustoon kohdistuvat vaikutukset arvioitiin korkeintaan vähäisiksi.

10.3.5 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset

Merituulivoimapuiston ja energiansiirron toiminnan jälkeiset vaikutukset riippuvat purkamistoimenpiteistä, esimerkiksi, jätetäänkö perustukset paikoilleen vai puretaanko ne pois. Vaikutusmekanismit vastaavat rakentamisenaikaisia vaikutuksia. Suurimmat haittavaikutukset linnustoon ovat rakenteiden purkamistöistä ja lisääntyneestä ihmistoiminnasta aiheutuva häiriövaikutus. Lisäksi mahdollinen perustusten purkaminen aiheuttaa veden hetkellistä samentumista sekä vaikutuksia purkualueen pohjaeläimistölle ja kalastolle, joka vaikeuttaisi tilapäisesti ja paikallisesti pohjaeläimiä ja kaloja syövien lintulajien ravinnonsaantia. Purkamistöiden jälkeen elinympäristö palautuu entiselleen. Voimaloiden poistumisen myötä aiheutunut estevaikutus ja törmäysriski poistuvat.

10.3.6 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

Vaihtoehdossa VE0, jossa merituulivoimapuistoa ei rakenneta, hankkeen johdosta aiheutuvat vaikutukset kuten häiriö- ja estevaikutus tai törmäysriski eivät toteudu, eikä linnustoon kohdistu tässä raportissa esitettyjä vaikutuksia. Sen sijaan toteuttamatta jättäminen voi aiheuttaa linnustoon epäsuoria vaikutuksia, mikäli korvaava, mittaluokaltaan suuri energiamäärä tuotetaan esimerkiksi fossiilisilla polttoaineilla, uudella vesivoimalla tai muille alueille rakennettavalla tuulivoimalla.

10.4 Yhteisvaikutukset

Linnusto, eläimistö ja luontoarvoltaan merkittävät kohteet

Laineen merituulivoimapuiston länsipuolella Ruotsin puolella sijaitsee suunniteltu merituulivoimahanke Kappa. Hanke käsittää enintään 74 voimalaa. Kappan hankealue on pohjois-eteläsuunnassa hieman pidempi kuin Laine, mutta itä-länsi-suunnassa huomattavasti kapeampi. Merituulivoimapuistojen aluerajausten välillä on vain noin kilometri, joten hankkeet muodostavat käytännössä yhden, lintujen päämuuttosuuntaan nähden noin 23 km leveän tuulivoima-aluekokonaisuuden.

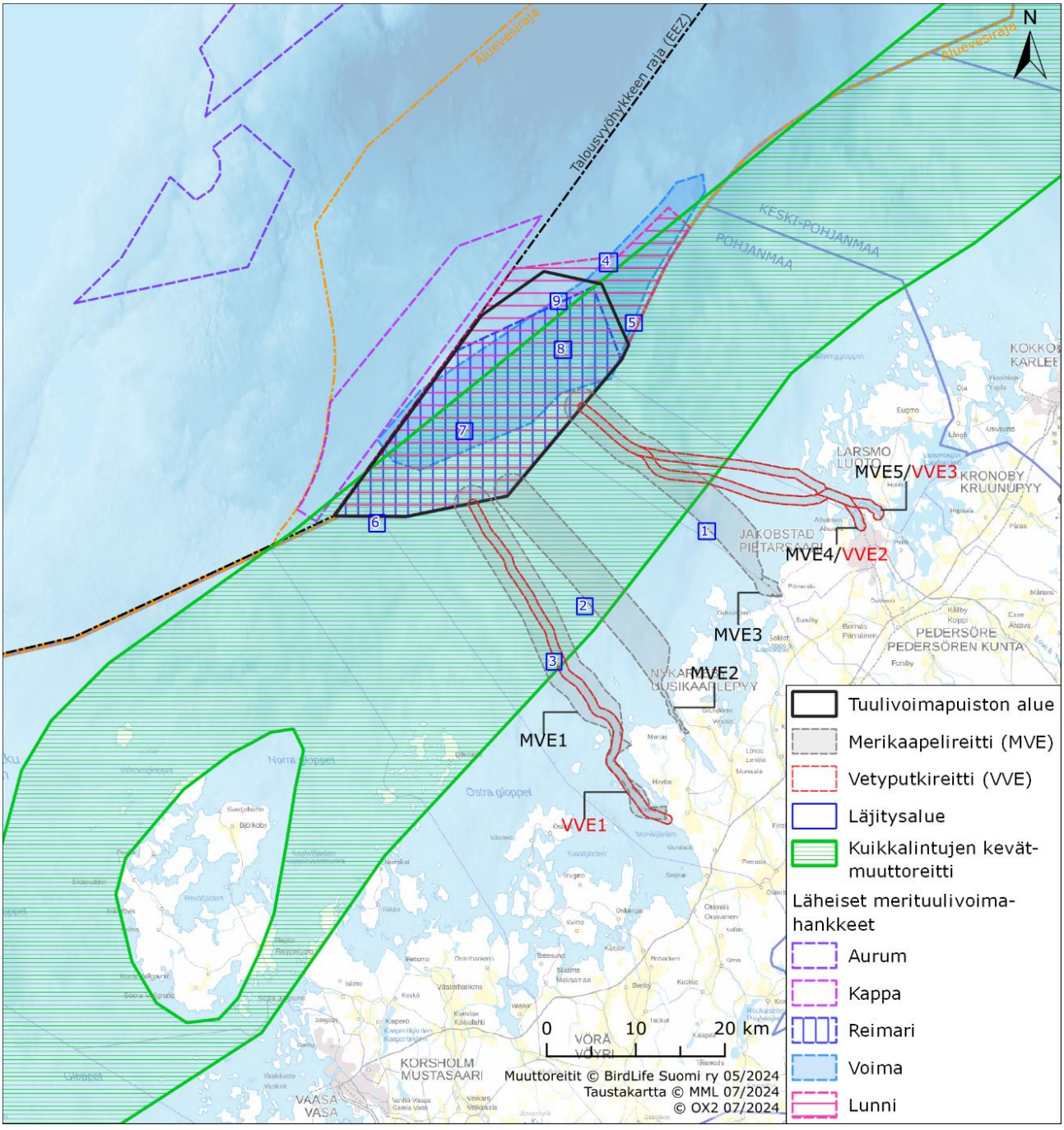
Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Viimeisimmän tiedon mukaan Kappan hankealuetta on muutettu siten, että se on kiinni talousvyöhykkeen rajassa, ollen nyt noin 100 metrin etäisyydellä Laineen hankealueesta *(Statkraft Offshore Wind AB 2024*), mutta muutos ei vaikuta vaikutusarviontiin.

Kappa-hanke osaltaan laajentaa yllä mainittuja linnustoon kohdistuvia vaikutusmekanismeja. Yhteisvaikutusten merkittävyys arvioitiin kuitenkin varsin vähäiseksi, eikä linnustoon kohdistuvien vaikutusten merkittävyys nouse Kappa- ja Laine hankkeiden yhteisvaikutusten myötä. Muuttolinnuston osalta Kappa-hanke on lintujen päämuuttosuuntaan nähden kapea, joten sen estevaikutusta lisäävä merkitys on varsin vähäinen. Mikäli hankkeet rakennetaan samaan aikaan, rakennustoimien aiheuttama häiriövaikutus ja veden samentuminen leviävät laajemmalle alueelle. Mikäli hankkeet rakennetaan eri aikoina, mikä Kappa-hankkeen kohdalla on alustavan aikataulun mukaisesti todennäköisempää, rakentamisen myötä kyseisten vaikutusten ajallinen kesto pitenee.

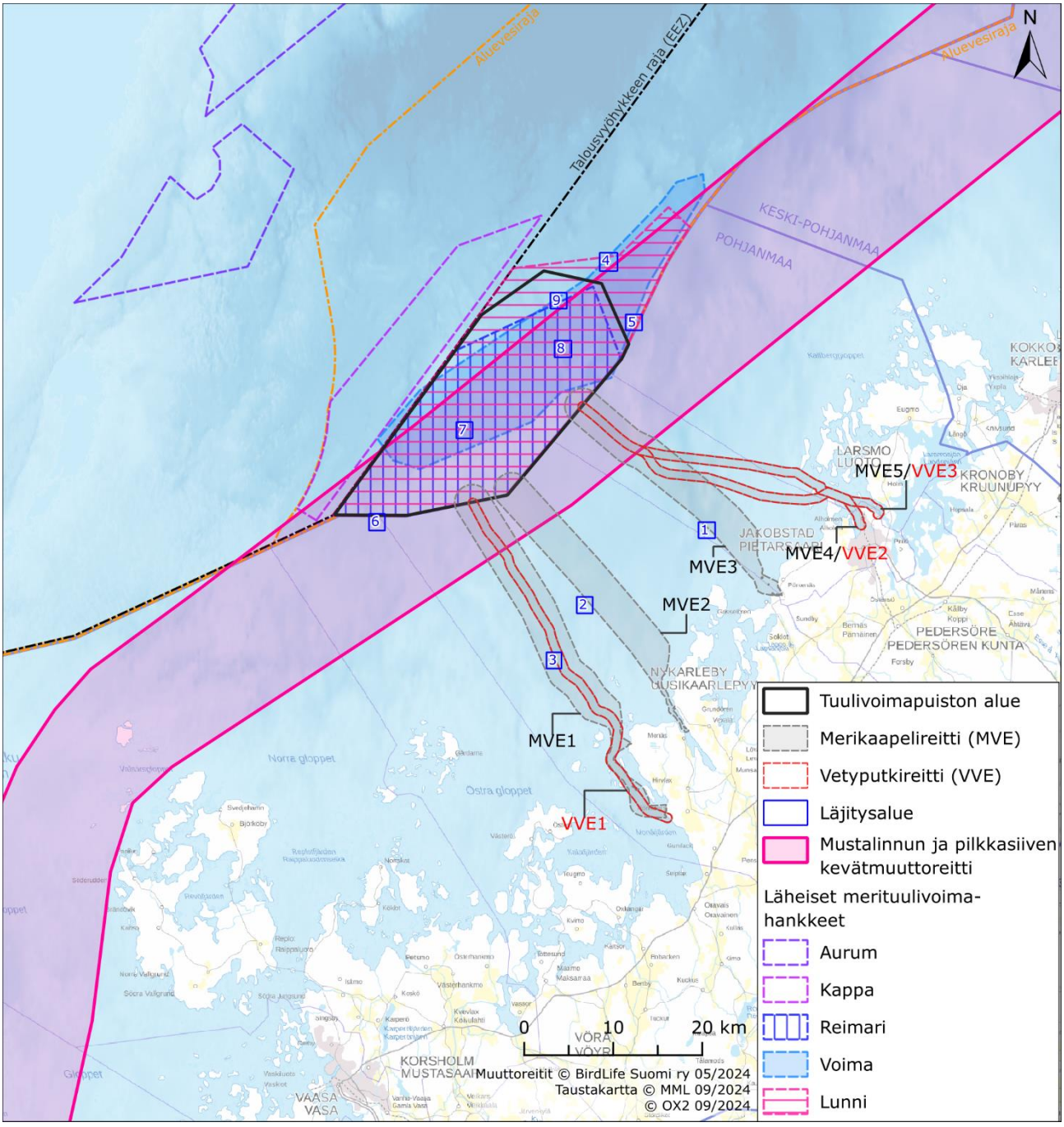
Muita hankkeita ei sijaitse niin lähellä Laineen merituulivoimapuistoa, että niillä olisi suoria linnustoon kohdistuvia yhteisvaikutuksia. Lisäksi Laineen kanssa lähes samalle alueelle suunnitteilla olevat hankkeet, Reimari, Voima ja Lunni, ovat vaihtoehtoisia Laineen hankkeelle ja siten vain yksi hanke voi edetä luvitusvaiheeseen (ks. Kuva 10-31 ja Kuva 10-32).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 10-31. Kuikkalintujen kevätmuuttoreitti ja Laineen hankkeen sijainti. Kartalla esitetty Laineen hankkeen lisäksi muut vireillä olevat merituulivoimahankkeet sekä Suomessa että Ruotsissa. Laineen kanssa lähes samalle alueelle on suunnitteilla kolmen muun hankekehittäjän toimesta tutkimuslupia. Hankkeet ovat vaihtoehtoisia Laineen hankkeelle ja siten vain yksi hanke voi edetä luvitusvaiheeseen.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 10-32. Mustalinnun ja pilkkasiiven kevätmuuttoreitti sekä Laineen hankkeen sijainti. Kartalla esitetty Laineen hankkeen lisäksi muut vireillä olevat merituulivoimahankkeet sekä Suomessa että Ruotsissa. Laineen kanssa lähes samalle alueelle on suunnitteilla kolmen muun hankekehittäjän toimesta tutkimuslupia. Hankkeet ovat vaihtoehtoisia Laineen hankkeelle ja siten vain yksi hanke voi edetä luvitusvaiheeseen.

Muuttolinnuston osalta periaatteessa kaikki samalle muuttoreitille sijoittuvat hankkeet aiheuttavat yhteisvaikutuksia. Vaikutuksen merkittävyyttä on kuitenkin hyvin vaikea, ellei mahdoton tarkasti arvioida. Todennäköisesti useammallakaan tuulivoimapuistolla ei kuitenkaan ole estevaikutuksesta johtuvaa muuttoreitin paikallista muuttumista merkittävämpää vaikutusta. Suhteessa muuttolintujen pitkiin muuttoreitteihin paikallisella muuttoreitin vähäisellä muutoksella ei useammankaan tuulivoimapuiston osalta arvioida olevan vähäistä suurempi vaikutus.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

10.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys

Maailmalta ja Suomesta saatujen seurantatulosten perusteella linnut ensisijaisesti välttävät merituulivoimapuistoja kokonaisuutena. Koska hankevaihtoehdot eroavat toisistaan vain saman alueen sisälle sijoittuvien voimaloiden lukumäärän osalta, erot elinympäristömuutosten ja estevaikutuksen laajuuden osalta ovat vähäisiä. Samasta syystä myös törmäysvaikutusten osalta erot ovat vähäisiä. Eroja syntyy rakentamisaikaisten häiriövaikutusten ja veden samentumisen osalta, kun hankevaihtoehdossa VE2 voimaloita rakennetaan lukumääräisesti vähemmän ja rakentamistoimet kestävät lyhyemmän ajan.

Myös energiansiirtoreittivaihtoehtojen osalta erot ovat vähäiset. Eri reittivaihtoehdoilla vaikutukset kohdistuvat eri alueille, mutta reitistä riippumatta vaikutusten merkittävyys arvioitiin vähäiseksi. Pietarsaaren sataman ja tehtaan ympäristö on jo valmiiksi ihmistoiminnan muuttamaa, jolloin sinne sijoittuva energiansiirtorakenteiden rantautumispaikka ja maalle sijoittuvat kaapeliojat muuttaisivat nykytilanteessa luonnontilaista elinympäristöä vähiten.

Taulukko 10-5. Vaikutusten merkittävyys linnustoon eri hankevaihtoehdoissa rakentamisen aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus		Positiivinen			
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen				VE1 VE2					
	Kohtalainen				MVE1-5 VVE1-3	VE0				
	Suuri									
	Erittäin suuri									

Taulukko 10-6. Vaikutusten merkittävyys linnustoon eri hankevaihtoehdoissa käytön aikana. Vaikutuksen merkittävyyttä nostaa merikotkaan kohdistuva kohonnut törmäysriski. Muuhun linnustoon vaikutusten merkittävyys arvioitiin vähäiseksi.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus		Positiivinen			
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen				VE1** VE2** MVE1-5	VVE1-3				
	Kohtalainen			VE1* VE2*		VE0				
	Suuri									
	Erittäin suuri									

**vaikutukset merikotkaan, **vaikutukset muulle linnustolle*

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

10.6 Arvioinnin epävarmuudet

Käytössä oleviin ympäristötietoihin ja vaikutusten arviointiin liittyy aina oletuksia ja yleistyksiä. Olemassa olevaa tietoa merituulivoimapuistojen vaikutuksista lintuihin on jo paljon, mutta tutkimukset on toteutettu pääasiassa muualla kuin Suomessa, jolloin sen sovellettavuus Laineen alueelle paikallisesti voi aiheuttaa epävarmuutta ja epätarkkuutta arviointityössä.

Luontovaikutusten arviointiin liittyy aina epävarmuutta, sillä luonnon eri osatekijät muodostavat monimuotoisen verkoston, jossa yksittäisessä tekijässä tapahtuva muutos voi aiheuttaa vaikutuksia muuhun luontoon. Biologiset prosessit ovat monimutkaisia eikä niiden ennustaminen ole kaikilta osin mahdollista. Tapahtumien ennustettavuus luonnossa vaihtelee huomattavasti useista eri tekijöistä johtuen ja myös sattumalla on usein huomattava merkitys. Tästä hyvänä esimerkkinä ja tämän vaikutusarvioinnin osalta merkittävimpänä epävarmuutena on lintujen muutto ja siinä tapahtuva vuosittaisvaihtelu. Merituulivoima-alueen saavutettavuus on erittäin haastavaa, minkä seurauksena aiempaa olemassa olevaa tietoa alueelta ei ole ja tarkkailukäyntien määrä oli rajallinen. Tätä epävarmuutta kuitenkin lieventää se, että sekä kevät- että syysmuutonseurannat kattoivat kaksi muuttokautta. Merkittävin tekijä lintumuuton sijoittumiseen ja ajoittumiseen paikallisesti on sääolosuhteilla, etenkin tuulen suunnalla. Ulkomerellä tämä vaikutus todennäköisesti vielä korostuu, kun linnuilla ei ole esimerkiksi meren rannikon muodostamaa johtolinjaa, jota seurata tuulen suunnasta riippumatta.

Rannikoilla sijaitsevista lintujen päämuuttoreiteistä poiketen, missä eri lajiryhmien muutot tapahtuvat ajallisesti hyvinkin eri aikoina, Perämeren ulkomerellä tapahtuvan kevätmuuton ajallinen kesto on varsin lyhyt. Tämä johtuu ensisijaisesti siitä, että meri on jäässä pitkälle kevääseen, eivätkä ulkomerellä runsaimpina esiintyvät lajiryhmät, eli vesi-, kuikka- ja lokkilinnut mielellään liiku jääkentän yllä. Jäiden sulamisen jälkeen alueen kautta muuttavien lintujen muutto tapahtuu varsin nopeasti. Toteutetut tarkkailukäynnit pyrittiin ajoittamaan mahdollisimman kattavasti juuri tähän ajanjaksoon ja siinä onnistuttiin varsin hyvin. Veneellä toteutetut tarkkailukäynnit tuli kuitenkin ajoittaa heikkotuulisiin / tuulettomiin hetkiin, minkä vuoksi selvityksissä ei ole voitu havainnoida muuttavaa tai muuten alueella liikkuvaa linnustoa tuulisissa olosuhteissa. Helikopterilla toteutetut tarkkailut voitiin suorittaa hieman kovemmallakin tuulella, mutta tällöin muuttavia lintuja ei voinut jäädä tarkkailemaan paikalleen. On todennäköistä, että lintujen muuttoa ja liikkumista merituulivoimapuiston alueella tapahtuu myös etenkin muuton kannalta suotuisan tuulen suunnan aikana myös tuulisissa olosuhteissa. Koska aineistoa ei kattavasti ole, ei voida myöskään arvioida esimerkiksi mahdollista tuulen vaikutusta lintujen lentokorkeuteen. Toisaalta myös lajeja, joiden *päämuuttoreitit* sijaitsevat ulkomerellä, on rannikon muuttoreittejä vähemmän. Näin ollen laadituissa selvityksissä arvioidaan saadun vaikutusten arvioinnin kannalta riittävä kuva alueen kautta kulkevan lintumuuton yleisestä luonteesta ja lintujen muuttokorkeuksista.

Osa keväällä ja syksyllä tapahtuvasta lintujen muutosta tapahtuu yöllä, ja yömuuton todentaminen edellyttäisi tutkien tms. teknisten menetelmien käyttöä. Tutkaseurantaa ei tässä hankkeessa ole toteutettu, mikä aiheuttaa epävarmuutta yöllä muuttaviin lintuihin mahdollisesti aiheutuvan törmäysriskin arviointiin.

Linnuston osalta selvityksiä tulisi täydentää seuraavissa lupavaiheissa sekä rakentamisen ja toiminnan aikaisissa linnustonseurannoissa. Selvitysten täydentämisellä ja seurannoilla pyritään varmistamaan, että hankkeen toteuttaminen ei aiheuta merkittäviä vaikutuksia muuttaviin, ruokaileviin tai levähtäviin lintuihin. Täydentäviä tarkkailuita ja seurantoja tulee kohdentaa mahdollisuuksien mukaan myös yömuuton havaitsemiseen lintututkan tai muun vastaavan tekniikan avulla. Teknisten menetelmien, kuten lintutukien, osalta tapahtuu jatkuvaa kehitystä, ja käytettävät menetelmät ja tekniikat valitaan myöhemmin yhteistyössä asiantuntijoiden ja hanketta valvovan viranomaisen kanssa.

Pesimäaikaista lintujen liikkumista seurattiin tuulivoimapuiston alueella yhden maastokauden ajan. Näin ollen mahdollista vuosittaisvaihtelua alueen käytössä ei voitu todeta. Sen arvioitiin kuitenkin olevan vähäisempää kuin muuttolinnuston kohdalla. Merituulivoimapuiston alueella ei sijaitse linnuston kannalta merkittäviä ruokailualueita, koska alue on kauttaaltaan liian syvää

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

pohjaeliöstöä ravintonaan käyttäville lajeille, joita yksilömäärältään runsaimmat lajit ovat. Kalaa ravintonaan käyttävien lajien osalta mahdolliset muutokset ruokailualueista riippuvat mahdollisista muutoksista paikallisissa kalakannoissa ja niiden liikkeistä. Niitäkin on vaikeaa, ellei mahdotonta tarkasti ennustaa tai arvioida etukäteen. Selvityksissä saatiin kuitenkin hyvä yleiskuva lintujen pesimäaikaisesta liikkumisesta alueella, eikä selvitysten tai olemassa olevan aineiston perusteella alueella ole mitään ennustettavissa olevaa tekijää, mikä aiheuttaisi merkittäviä muutoksia eri vuosien välillä.

Kokonaisuutena, mainituista tiedostetuista ja myöhemmin täydennettävistä puutteista ja epävarmuuksista huolimatta, YVA-menettelyn aikana linnustotietoja on kerätty monipuolisesti olemassa olevasta aineistosta sekä eri selvitysmenetelmiä yhdistellen, ja aineiston perusteella on voitu laatia riittävän luotettava arviointi YVA-menettelyä varten.

Energiansiirtoreittien osalta ei vaikutusten arvioinnissa ole merkittäviä epävarmuuksia. Linnustoon kohdistuvat vaikutukset ovat vähäisiä ja lyhytaikaisia, ja selvityksissä saatiin hyvä kuva pesivän linnuston esiintymisestä ja liikkumisesta sekä merkittävimpien muutonaikaisten lepäilyalueiden sijoittumisesta reittien alueilla.

Vaikutusarviointi on tehty varovaisuusperiaatteen mukaisesti, millä pyritään varmistamaan, ettei vaikutuksia aliarvioida. Suomen oloissa laaditun tutkimusnäytön perusteella (esim. *Suorsa 2019*) tuulivoimahankkeiden vaikutusarvioinneissa arvioidut vaikutukset ovat olleet etenkin törmäysvaikutusten osalta pääsääntöisesti suuremmat kuin toteutuneet vaikutukset.

10.7 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen

Laineen hankkeen kohdalla merkittävin vaikutusten lieventämiskeino on vaikutusten kattava ja asianmukainen seuranta ja sen tulosten perusteella mahdollisesti esitettävien suositusten toteuttaminen. Tällaisia voivat olla esimerkiksi puiston uloimpien voimaloiden varustaminen voimalat pysäyttävällä lintututkajärjestelmällä, mikäli vaikutusarvioinnista poiketen todetaan lintujen törmäyksiä. Lisäksi tutkimuksissa on todettu, että maalaamalla roottorin yksi lapa mustaksi on voitu vähentää lintutörmäyksiä merkittävästi (*May ym. 2020*).

Koska pääasiallinen tuulen suunta on sama kuin lintujen päämuuttosuunta, **ei voimaloita ole teknis-taloudellisesti kannattavaa sijoittaa peräkkäin niin, että rinnakkain olevien voimalajonojen väliin jäisi vapaat lentokäytävät koko puiston läpi.** Siksi laaja merituulivoimapuisto aiheuttaa periaatteessa laajan yhtenäisen esteen lintujen muuttoreitille. Mikäli tuulivoimapuiston keskelle olisi mahdollista jättää yhden muuta puistoa leveämmän voimaloista vapaan lounas-koillinen-suuntaisen käytävän, voisivat linnut hyödyntää sitä ja sekä estevaikutus, että lintujen joutumisen todennäköisyys epäsäännöllisesti sijoitettujen voimaloiden keskelle pienenisivät.

Merituulivoimapuiston lentoestevaloina tulisi käyttää valoja, joissa on mahdollisimman vähän UV-taajuutta, mikä houkuttelee hyönteisiä, ja siten lintuja turbiinien läheisyyteen. Myös mahdollisimman himmeillä valoilla voidaan vähentää erityisesti yöllä muuttavien lintujen törmäysriskiä, sillä kirkkaat valot houkuttelevat lintuja turbiineja kohti. Myös esimerkiksi lepäilevien kaakkureiden todettiin pimeän aikana välttävän merituulivoimapuistoa vähemmän sumun tms. huonon näkyvyyden vallitessa, minkä pääteltiin johtuvan siitä, että voimaloiden lentoestevalot eivät näkyneen niin hyvin (*Heinänen ym. 2020*).

Energiansiirtoreittien osalta merkittävin vaikutusten lievennyskeino on ajoittaa kaapelien ym. rakenteiden asentaminen jäidenlähdön ulkopuolelle, jolloin kevätmuutolla lepäilevien lintujen määrä on runsaimmillaan, sekä vilkkaimman poikasten ruokinta-ajan, eli kesä-heinäkuun ulkopuolelle. Merialueiden ja saariston osalta häiriötä ja veden samentumista aiheuttavien toimenpiteiden ajoittamisella voidaan laskea linnustoon kohdistuvat vaikutukset vähäisistä lähes olemattomalle tasolle. Mikäli myös kaapeliojien kaivaminen maissa voidaan ajoittaa lintujen pesimäajan ulkopuolelle, voidaan välttää käytännössä lähes kaikki linnustoon kohdistuvat vaikutukset.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

11 SUOJELUALUEET

YHTEENVETO:

- Merituulivoimapuiston alueelle tai sen läheisyydessä kymmenen kilometrin säteellä ei sijaitse Natura 2000 -alueverkoston kohteita tai muita luonnonsuojelualueiden rajauksia. Merituulivoimapuiston vaihtoehtojen VE1 ja VE2 välillä ei arvioida olevan olennaisia eroja vaikutusten merkittävyydestä.
- Merikaapelien ja vetyputkien reitit sijoittuvat osittain Luodon saaristo ja Uudenkaarlepyyn saaristo Natura-alueille. Kymmenen kilometrin säteellä merikaapelien tai vetyputkien reiteistä sijaitsee myös kuusi muuta Natura-aluetta, ja kahden kilometrin säteellä yksityisiä luonnonsuojelualueita, valtakunnallisesti arvokkaita geologisia muodostumia ja soidensuojelun täydennysehdotuksen kohteita.
- Hankkeen vaikutukset aluemaisiin suojelukohteisiin liittyvät pääosin rakennustöistä aiheutuviin vesistö- ja häiriövaikutuksiin sekä tuulivoimaloista linnustolle aiheutuvaan este- ja törmäysvaikutukseen.
- Laaditun Natura-arvioinnin mukaan hankkeesta aiheutuu vähäisiä kielteisiä vaikutuksia Uudenkaarlepyyn saaristo ja Merenkurkun saaristo Natura-alueisiin sekä kohtaisia vaikutuksia Luodon saaristo Natura-alueeseen. Vaikutukset keskittyvät pääosin merikaapelien ja vetyputkien rakentamisaikaan.
- Muille aluemaisille suojelukohteille arvioitiin aiheutuvan korkeintaan vähäisiä vaikutuksia, mutta tämä on epätodennäköistä pitkän etäisyyden vuoksi.
- Suoria vaikutuksia voi syntyä, mikäli suojelualueille tai niiden läheisyyteen sijoittuvia rakenteita rakennetaan tai korjataan, mikä voi aiheuttaa pohjan muokkaamista. Epäsuoria vaikutuksia voi syntyä veden samentumisen tai kiintoaineskuorman ja ravinteiden lisääntymisen kautta. Linnustoon ja eläimistöön voi kohdistua hankkeesta epäsuoria vaikutuksia kuten häiriövaikutuksia ja törmäysriski voimaloihin. Eniten kielteisiä vaikutuksia suojelualueille syntyy merikaapelivaihtoehdossa MVE4 ja MVE5 ja vetyputkivaihtoehdoissa VVE2 ja VVE3. Vähiten vaikutuksia syntyy vaihtoehdoissa MVE1, MVE3 ja VVE1.

11.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Suojelualueisen osalta arvioinnin kannalta merkityksellistä on tunnistaa kunkin alueen osalta ne luontoarvot, joiden perusteella alue on sisällytetty suojelualueiden verkostoon. Tällaisia arvoja voivat olla kohteella esiintyvät luontotyypit, huomionarvoinen lajisto, linnusto tai alueen huomattava merkitys luonnon monimuotoisuuden kannalta erityisen edustavana kokonaisuutena. Näin ollen myös vaikutusmekanismit vaihtelevat aluekohtaisesti.

Hankkeiden suunnittelussa pyritään huomioimaan lähialueiden suojelualueet mahdollisuuksien mukaan, jolla pyritään välttämään tai vähentämään suojelualueisiin kohdistuvia suoria vaikutuksia. Suoria vaikutuksia voi aiheutua esimerkiksi niissä tapauksissa, jolloin suojelualueen läpi sijoittuvaa merikaapelia tai muita rakenteita rakennetaan tai joudutaan toiminnan aikana parantelemaan, ja tämä edellyttää esimerkiksi pohjan muokkaamista. Tapauksesta riippuen esimerkiksi pienet muutostoimet voivat olla alueen perustamispäätöksen mukaan hyväksyttävissä ilman, että ne aiheuttavat ristiriitaa alueen suojelun toteuttamisen kannalta. Vastaavasti perustamispäätöksessä on määritelty myös asiat, jotka ovat kyseisellä suojelualueella kielletty. Tällöin toimenpiteiden toteuttaminen alueelle edellyttää poikkeamista luonnonsuojelulain (9/2023) mukaisesta suojelusta tai jopa suojelun purkamista, jos tapahtuva heikennys on merkittävä eikä muita vaihtoehtoja ole.

Epäsuoria vaikutuksia merellä sijaitsevien suojelualueiden luontotyypeille tai kasvillisuudelle voi aiheutua tietyissä tapauksissa esimerkiksi veden samentumisen tai kiintoaineskuorman ja ravinteiden lisääntymisen kautta.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Epäsuoria vaikutuksia rantautumispaikkoja läheisien suojelualueiden luontotyypeille tai kasvillisuudelle voi aiheutua tietyissä tapauksissa esimerkiksi reunavyöhykevaikutuksen kautta, jos hankkeen edellyttämiä rakenteita perustetaan suojelualuerajauksen välittömään läheisyyteen. Reunavyöhykevaikutukselle alttiin vyöhykkeen leveys riippuu tilanteesta ja tapahtuvan muutoksen suuruudesta. Esimerkiksi olemassa olevan avoimen alueen leventäminen jää vaikutuksiltaan vähäisemmäksi kuin täysin uuden hakkuun toteuttaminen. Maanmuokkausta edellyttävien alueiden läheisyydessä hakkuut sekä maa-ainesten käsittely muuttavat tyypillisesti alueen vesitaloutta. Vaikutusalueen laajuus vaihtelee tapauskohtaisesti, mutta hydrologiset muutokset voivat muokatun alueen ympäristössä muuttaa paikallisesti esimerkiksi pintavesivalunnasta riippuvaisten luontotyyppien, kuten keidassoiden vesitaloutta ja vaikuttaa siten kyseiseen luontotyyppiin joko kuivattamalla tai tuomalla siihen lisääntyneen valunnan kautta lisää kosteutta. Vesitalouden muutokset voivat ilmetä myös lajistollisina muutoksina, joiden ilmeneminen vie tyypillisesti hieman pidemmän ajan.

Mikäli merikaapelien ja vetyputkien rantautumisalueiden rakentaminen sijoittuu mantereella sijaitsevien suojelualueiden lähelle ja alueiden välissä ei ole joko topografian tai kasvillisuuden vuoksi pölyn leviämistä ehkäisevää vyöhykettä, voi maanrakentamisen yhteydessä alueelta nousevaa pölyä päätyä suojelualueelle. Pölyn aiheuttamat haittavaikutukset riippuvat vastaanottavan luontotyypin/kasvilajien herkkyydestä, ilman kosteudesta (sateella leviämistä tapahtuu vähemmän ja toisaalta kasveille päätynyt pöly huuhtoutuu lehdiltä sateen mukana tukkimasta ilmarakoja) sekä syntyvän ja suojelualueelle päätyvän pölyn määrästä. Rantautumisalueiden maanmuokkaamisen yhteydessä kiintoainesta voi päätyä suojelualueelle myös pintavesien mukana riippuen pinnanmuodoista ja pintavesiuomissa kulkevien vesien purkusuunnista. Merikaapelien ja vetyputkien rantautumisalueiden suojelualueiden kasvillisuudelle ja luontotyypeille aiheutuvat vaikutukset muodostuvat näin ollen vastaavasti kuin muutkin kasvillisuus- ja luontotyyppivaikutukset, joita on käsitelty aiemmin luvussa 8. Vedenalaisiin luontotyyppeihin ja vesikasvillisuuteen kohdistuvat vaikutukset on käsitelty luvussa 5. Kasvillisuuteen ja luontotyyppeihin kohdistuu suojelualueilla vaikutuksia tyypillisesti vain niissä tapauksissa, joissa hankkeen rakenteita sijoittuu suojelualueille tai niiden välittömään läheisyyteen. Mitä etäämmälle suojelualueesta hankkeen rakenteita suunnitellaan, sen epätodennäköisemmiksi tai vähäisemmiksi kasvillisuus- ja luontotyyppivaikutukset muodostuvat. Laajimmalle ulottuviksi vaikutuksiksi voidaan arvioida pintavesiin kohdistuvat sameus- ja kiintoainevaikutukset tai reunavyöhykevaikutukset.

Mikäli alueiden suojelu perustuu esimerkiksi kohteen linnustollisiin arvoihin, voi tuulivoimahanke aiheuttaa etäämpänä sijaitseville suojelualueille jopa merkittäviä kielteisiä vaikutuksia, sillä linnut liikkuvat varsin laajalla alueella varsinaisen suojelualuerajauksen ulkopuolelle. Näissä tapauksissa tulee arvioida tuulivoima-alueen merkitys kyseisten suojelualueiden linnustolle. Mikäli tuulivoimapuiston alueella sijaitsee itsessään merkittävä ruokailualue tai se sijoittuu ruokailualueiden ja pesimäalueen väliin, voi hankkeen toiminnoista, kuten tuulivoimaloista aiheutuvat haitat nousta hyvinkin merkittäviksi. Haitat linnustolle muodostuvat luvussa 10 kuvatun mukaisesti elinympäristöjen häviämisestä, saalistusalueiden vähenemisestä, estevaikutuksesta, lisääntyneestä törmäysriskistä sekä rakentamisen- ja toiminnanaikaisesta meluhaitasta. Vaikutusten muodostumiseen ja niiden merkittävyyteen vaikuttaa myös se, onko alue merkittävä alueella pesivän linnuston kannalta tai alueen kautta tapahtuvan muuton kannalta, esim. sijaitseeko alueella levähdysalueita. Lintujen ohella Natura-alueen suojelun perusteena voi olla myös laajoilla alueilla liikkuva maa- tai merieläimistö, joille Natura-alue saattaa toimia esimerkiksi lisääntymis- ja levähdysalueena tai talvehtimisalueena, mutta lajin ekologialle on ominaista vuodenaikaiskierto, jonka vuoksi laji ei välttämättä esiinny ympäri vuoden Natura-alueella. Esimerkkejä tällaisista laajojen reviirien lajeista ovat muun muassa luontodirektiivin liitteen II lajit saukko (*Lutra lutra*), itämerennorppa (*Pusa hispida botnica*) ja halli eli harmaahylje (*Halichoerus grypus*).

Suojelualueiden osalta oma kokonaisuutensa on Natura 2000 -alueverkosto, joka kattaa Suomessa noin viisi miljoonaa hehtaaria. Natura-alueverkoston tavoitteena on pyrkiä pysäyttämään luonnon monimuotoisuuden kato Euroopan Unionin jäsenvaltioiden alueella. Natura-verkosto turvaa luontodirektiivissä määriteltyjen luontotyyppien (noin 200 luontotyyppiä) ja lajien (noin 700

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

lajia) elinympäristöjä. Lisäksi verkostoon kuuluu lintudirektiivin mukaisia suojelualueita. Natura 2000 -verkoston alueiden suojelua on toteutettu alueesta riippuen esimerkiksi luonnonsuojelulain, erämaalain, maa-aineslain, koskiensuojelulain tai metsälain mukaan siten, että lain säätämät suojelutavoitteet kyseisen alueen osalta toteutuvat. Hankkeiden vaikutusten osalta Natura -alueita koskee luonnonsuojelulain 35 §:n mukainen arviointivelvoite.

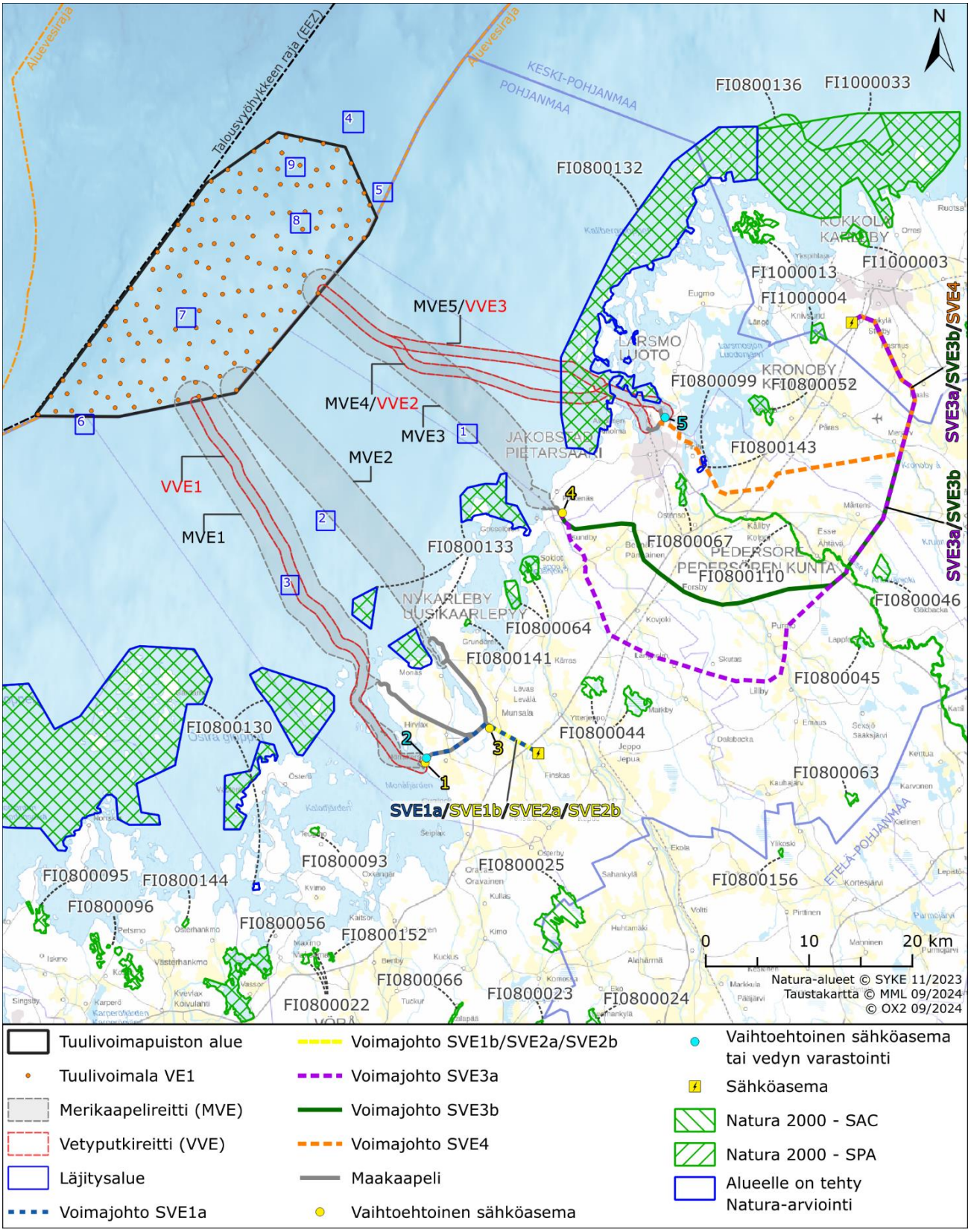
Laineen merituulivoimapuiston ja merikaapelien sekä vetyputkivaihtoehtojen osalta katsottiin tarpeelliseksi laatia luonnonsuojelulain (9/2023) 35 §:n mukainen Natura-arviointi kolmelle Natura-alueelle (Kuva 11-1). *Uudenkaarlepyyn saariston* (FI0800133, SAC/SPA, 3 210 ha) alueelle sijoittuu noin 0,45 ha alueelta merikaapelivaihtoehto MVE3 ja alueen läheisyyteen sijoittuvat lisäksi merikaapelivaihtoehdot MVE2 ja MVE1 sekä vetyputkivaihtoehto VVE1. *Luodon saariston* (FI0800132, SAC/SPA, 14 460 ha) alueelle sijoittuvat osittain merikaapelien reittivaihtoehdot MVE4 (alueella n. 647 ha) ja MVE5 (alueella n. 515 ha) sekä vastaavasti vetyputkien reittivaihtoehdot VVE2 ja VVE3. *Merenkurkun saariston* (FI0800130, SAC/SPA, 128 059 ha) Natura-aluetta lähimmät hankkeen rakenteet ovat merikaapelireitti MVE1 ja vetyputkireitti VVE1 noin 1,6 kilometrin etäisyydellä.

Natura-arviointi on laadittu mantereen sähkönsiirtoreittien osalta Natura-alueista Fänäsnabban (FI0800099, SAC) ja Gubbträskberget (FI0800143, SAC). Nämä alueet käsitellään YVA-selostuksen B-osassa.

Vaikutukset suojelualueisiin arvioitiin siltä osin, kuin suojelualueet sijaitsevat merikaapelien ja/tai vetyputkien reittien tai rantautumispaikkojen vaikutuspiirissä, ja hankkeen toiminnoista arvioitiin mahdollisesti muodostuvan vaikutuksia alueiden suojeluperusteisiin. Vaikutusarvioinnissa on huomioitu merituulivoimaloiden ja sähkönsiirtoon liittyvien rakenteiden (merikaapelit ja mahdollinen merisähköasema) sekä vedyn tuotannon ja siirron (vetyputket) rakentamisen ja käytön aikaiset suorat sekä välilliset vaikutukset. Lisäksi on arvioitu merituulivoimapuiston toiminnan jälkeiset vaikutukset. Hankkeen luontovaikutukset kohdistuvat pääosin linnustoon ja vedenalaiseen luontoon. Suojelualueiden vaikutusarvioinnit liittyvätkin kiinteästi hankkeen linnustovaikutusten ja vesistövaikutusten arviointeihin. Vaikutustarkasteluissa huomioitiin yhteisvaikutukset lähialueen muiden hankkeiden kanssa.

Vaikutukset Natura-alueisiin ja muihin aluemaisiin suojelukohteisiin on arvioitu kokeneiden biologien toimesta. Natura-arvioinnista on laadittu oma dokumentti, joka on YVA-selostuksen liitteenä (liite 13). Tiivistelmä Natura-arvioinnin tuloksista on myöhemmin esitetty luvussa 11.4.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 11-1. Natura-alueiden, joiden osalta laadittiin Natura-arviointi, sijainti suhteessa Laineen merituulivoimapuistoon sekä merikaapeleiden ja vetyputkien reitteihin.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

11.2 Nykytila

Pietarsaaren ja Uudenkaarlepyyn edustalla on lukuisia erikokoisia meri- ja maa-aluerajauksia, jotka kuuluvat osaksi Natura 2000 -alueverkostoa. Laineen merituulivoimapuiston ja -kaapelireittien sekä vetyputkien alueella tai niistä kymmenen kilometrin säteellä sijaitsee yhteensä kymmenen Natura-aluetta (*Suomen ympäristökeskus 2023b, Ympäristöhallinto 2023b*).

Merituulivoimapuiston läheisyydessä kymmenen kilometrin säteellä ei sijaitse Natura 2000 -alueita tai muita luonnonsuojelualueita. Lähimmät Natura-alueet sijoittuvat vähintään 20 kilometrin etäisyydelle. (*Ympäristöhallinto 2023b*)

Merikaapelivaihtoehdon MVE3 reitti sijoittuu osittain *Uudenkaarlepyyn saaristo* (FI0800133, SAC/SPA, 3 210 ha) Natura-alueen rajaukselle, MVE2 noin 110 metrin ja MVE1 400 metrin etäisyydelle rajauksesta. Lisäksi merikaapelien reitit MVE4 ja MVE5 sekä vetyputkien VVE2 ja VVE3 sijoittuvat *Luodon saaristo* (FI0800132, SAC/SPA, 14 460 ha) Natura-alueen rajaukselle. Natura-alueet ovat suojeltuja sekä erityisten suojelutoimien alueina (SAC) että lintudirektiivin perusteella (SPA). Muut Natura-alueet sijoittuvat vähintään yli kilometrin etäisyydelle merikaapelien ja vetyputkien reiteistä.

Merikaapeli- ja vetyputkireiteistä kahden kilometrin säteelle sijoittuu neljä Natura-alueiden rajaukselle kuulumatonta luonnonsuojelualuetta (Bockören 1 ja 2, Östergård, Fjärdsgrundet), Hästmossen soidensuojeluohjelman kohde, Bovattenmossen soidensuojelun täydennysohjelman kohde sekä neljä valtakunnallisesti arvokasta geologista muodostumaa (Bovekan, Harrgrundet, Krokösundssandarna, Slätören). (*Geologian tutkimuslaitos 2023*, *Metsähallitus 2023b, Ympäristöhallinto 2023b*)

Merituulivoimapuiston ympäristössä sijaitsevat Natura 2000 -alueet sekä luonnonsuojelualueet ja -suojeluohjelmiin kuuluvat aluerajaukset on koottu seuraaviin taulukoihin (Taulukko 11-1, Taulukko 11-2) ja niiden sijainnit on esitelty kartoilla (Kuva 11-2, Kuva 11-3, Kuva 11-4, Kuva 11-5 ja Kuva 11-6).

Taulukko 11-1. Laineen merituulivoimapuiston, merikaapelien ja vetyputkien reittien lähimmät Natura 2000 -alueverkoston kohteet sekä niiden rajauksille sijoittuvat luonnonsuojelualueet ja -suojeluohjelmien kohteet sekä niiden suunta ja etäisyys.

Kohde	Tyyppi	Minimietäisyys ja suunta merituulivoimapuistosta sekä energiansiirtoreiteistä
Luodon saaristo (FI0800132, SAC/SPA, 14 460 ha) Yksityismaan luonnonsuojelualue (noin 110 kpl) MVE5/VVE3 reitillä: YSA204317 Luodon saaristo 97, YSA103582 Luodon saaristo 3b MVE4/VVE2 reitillä: YSA206614 Ådön 2, YSA107312 ALIGRUNDET, YSA200817Vestersundbyn rannat ja saaristo Rantojensuojeluohjelma: Luodon saaristo (RSO100062)	Natura-alue, yksityismaan luonnonsuojelualueet, luonnonsuojeluohjelma	Merituulivoimapuisto: 22 km itä MVE4: osittain alueella (515,5 ha) MVE5a/b: osittain alueella (646,5 ha) VVE2: osittain alueella (515,5 ha) VVE3: osittain alueella (646,5 ha)
Uudenkaarlepyyn saaristo (FI0800133, SAC/SPA, 3 210 ha) Yksityismaan luonnonsuojelualue (noin 25 kpl) Rantojensuojeluohjelma: Uudenkaarlepyyn saaristo (RSO100061)	Natura-alue, yksityismaan luonnonsuojelualueet, luonnonsuojeluohjelma, geologisesti arvokas kohde	Merituulivoimapuisto: 25 km kaakko MVE3: osittain alueella (0,45 ha)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kohde	Tyyppi	Minimietäisyys ja suunta merituulivoimapuistosta sekä energiansiirtoreiteistä
Harjujensuojeluohjelma: Storsand (HSO100094) Arvokas tuuli- ja rantakerrostuma: Storsanden (TUU-10-013)		VVE1: 1,9 km itä
Merenkurkun saaristo (FI0800130, SAC/SPA, 128 162 ha) Yksityismaan luonnonsuojelualue (noin 70 kpl) Valtionmaan luonnonsuojelualue: Hylkeidensuojelualue Snipansgrundin-Medelkalla (HYL100006), Norra Vallgrundin suojelualue (VMA100077), Tailotin suojelualue (VMA100076) Rantojen suojeluohjelma: Torgrundin saaristo (RSO100057), Halsön-Rönnskären-Norrskär (RSO100058), Merenkurkun saaristo (RSO100059), Mikkelinsaarten saaristo (RSO100060) Lintuvesiensuojeluohjelma: Finnvekan-Rudskärsfjärden (LVO100220) Maisemakokonaisuus: Björköby (MAO100111) Vanhojen metsien suojeluohjelma: Sjundarsgrunden (AMO100514), Norra Vallgrund (AMO100114) Periaatepäätös: Mikkelinsaarten erityinen suojelualue, (PMO100001) Arvokkaat moreenimuodostumat: Lillhagen (MOR-Y10-031), Svedjehamn (MOR-Y10-032) Arvokkaat kallioalueet: Ryssberget (KAO100306)	Natura-alue, yksityismaan ja valtionmaan luonnonsuojelualueet, luonnonsuojeluohjelma, geologisesti arvokas kohde	Merituulivoimapuisto: 22,3 km etelä MVE1a: 1,6 km itä VVE1: 1,6 km itä
Lapuanjokisuisto-Bådaviken (FI0800064, SAC/SPA, 610 ha) Yksityismaan luonnonsuojelualue (10 kpl) Lintuvesiensuojeluohjelma: Bådaviken-Lapuanjoen suisto (LVO100228)	Natura-alue, yksityismaan luonnonsuojelualueet, luonnonsuojeluohjelma	Merituulivoimapuisto: 32 km kaakko MVE3: 4,7 km etelä VVE1: 14,9 km koillinen
Gamla kasket (FI0800093, SAC, 39 ha) Vanhojen metsien suojeluohjelma: Gamla kasket (AMO100510)	Natura-alue, luonnonsuojeluohjelma	Merituulivoimapuisto: 42,8 km etelä MVE1a/b: 9 km lounas VVE1: 9,5 km lounas
Brymsören (FI0800141, SAC, 21 ha) Yksityismaan luonnonsuojelualue: Brymsören (YSA230635)	Natura-alue, yksityismaan luonnonsuojelualueet	Merituulivoimapuisto: 31,3 km etelä MVE2b: 3,5 km itä

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kohde	Tyyppi	Minimietäisyys ja suunta merituulivoimapuistosta sekä energiansiirtoreiteistä
		VVE1: 10 km itä
Sandsundsfjärden (FI0800067, SAC/SPA, 159 ha) Yksityismaan luonnonsuojelualue (noin 24 kpl)	Natura-alue, yksityismaan luonnonsuojelualueet	Merituulivoimapuisto: 38 km kaakko MVE4: 5 km etelä VVE3: 5 km etelä
Fänäsnabban (FI0800099, SAC, 28 ha) Vanhojen metsien suojeluohjelma: Fänäsnabban (AMO100518)	Natura-alue, luonnonsuojeluohjelma	Merituulivoimapuisto: 39 km itä MVE5a/b: 5,5 km kaakko VVE4: 4,8 km kaakko
Gubbträskberget (FI0800143, SAC, 21 ha) Yksityismaan luonnonsuojelualue: Gubbträskberget I (YSA205857)	Natura-alue, yksityismaan luonnonsuojelualueet	Merituulivoimapuisto: 39 km kaakko MVE5a/b: 5,5 km etelä VVE3: 5,5 km etelä
Hällörsfjärden (FI0800052, SAC/SPA, 313 ha) Yksityismaan luonnonsuojelualue (21 kpl) Lintuvesien suojeluohjelma: Hällörsfjärden-Mossaviken (LVO100214)	Natura-alue, yksityismaan luonnonsuojelualueet, luonnonsuojeluohjelma	Merituulivoimapuisto: 40 km itä MVE5a/b: 7,5 km itä VVE3: 7,5 km itä

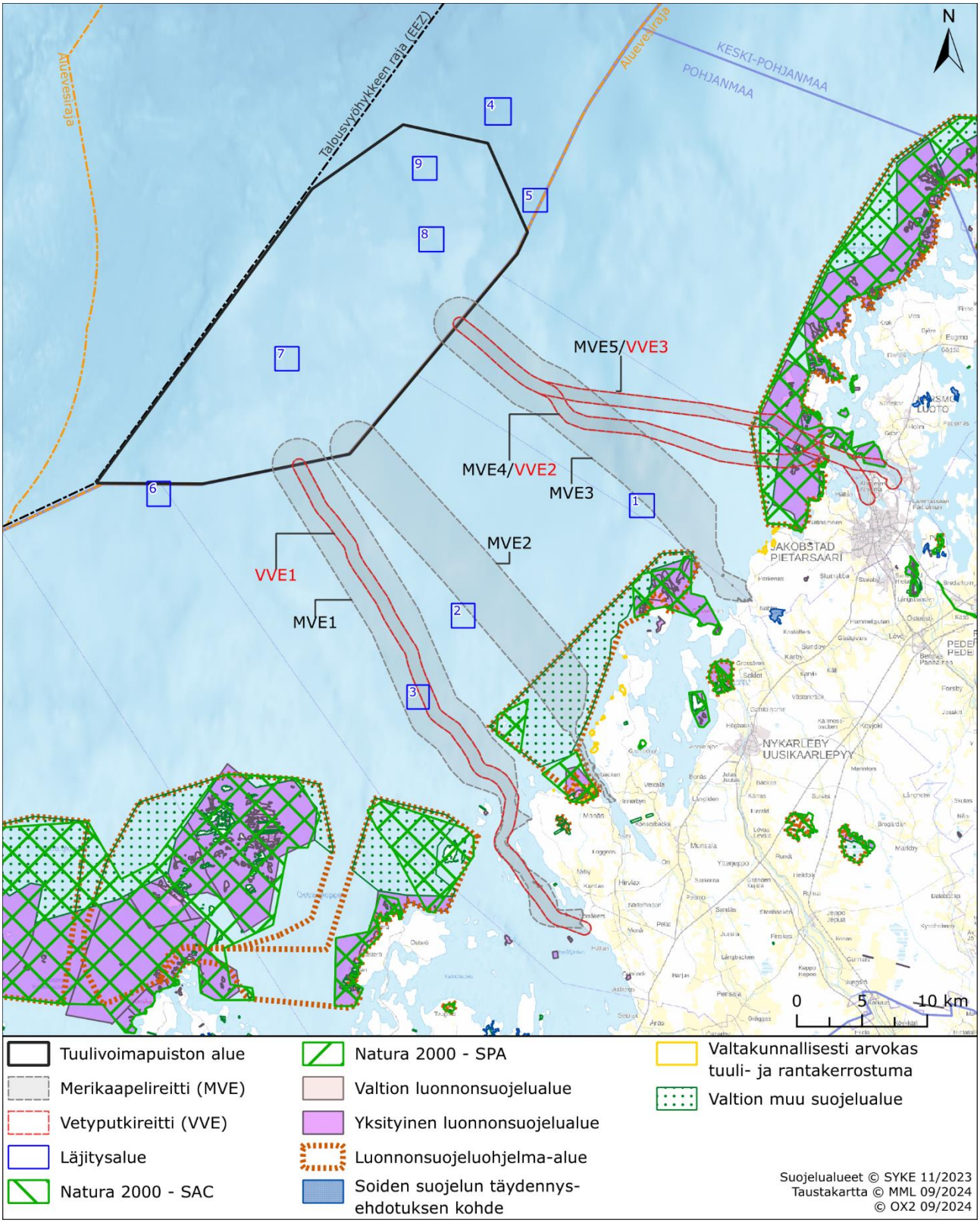
Taulukko 11-2. Laineen merituulivoimapuiston merikaapeli- ja vetyputkireittien lähimmät Natura 2000 -alueiden rajauksille kuulumattomat luonnonsuojelualueet ja -suojeluohjelmien kohteet sekä niiden etäisyydet ja suunta.

Kohde	Tyyppi	Minimietäisyys ja suunta merituulivoimapuistosta ja energiansiirtoreiteistä
Bovekan (TUU-10-011)	Geologisesti arvokas kohde	Merituulivoimapuisto: 29 km etelä MVE2a/b: 350 m itä VVE1: 6,5 km itä
Bockören luonnonsuojelualue 1 & 2 (YSA103134, YSA103135)	Yksityismaan luonnonsuojelualue	Merituulivoimapuisto: 40,5 km etelä MVE1a: 680 m etelä VVE1: 490 m etelä

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

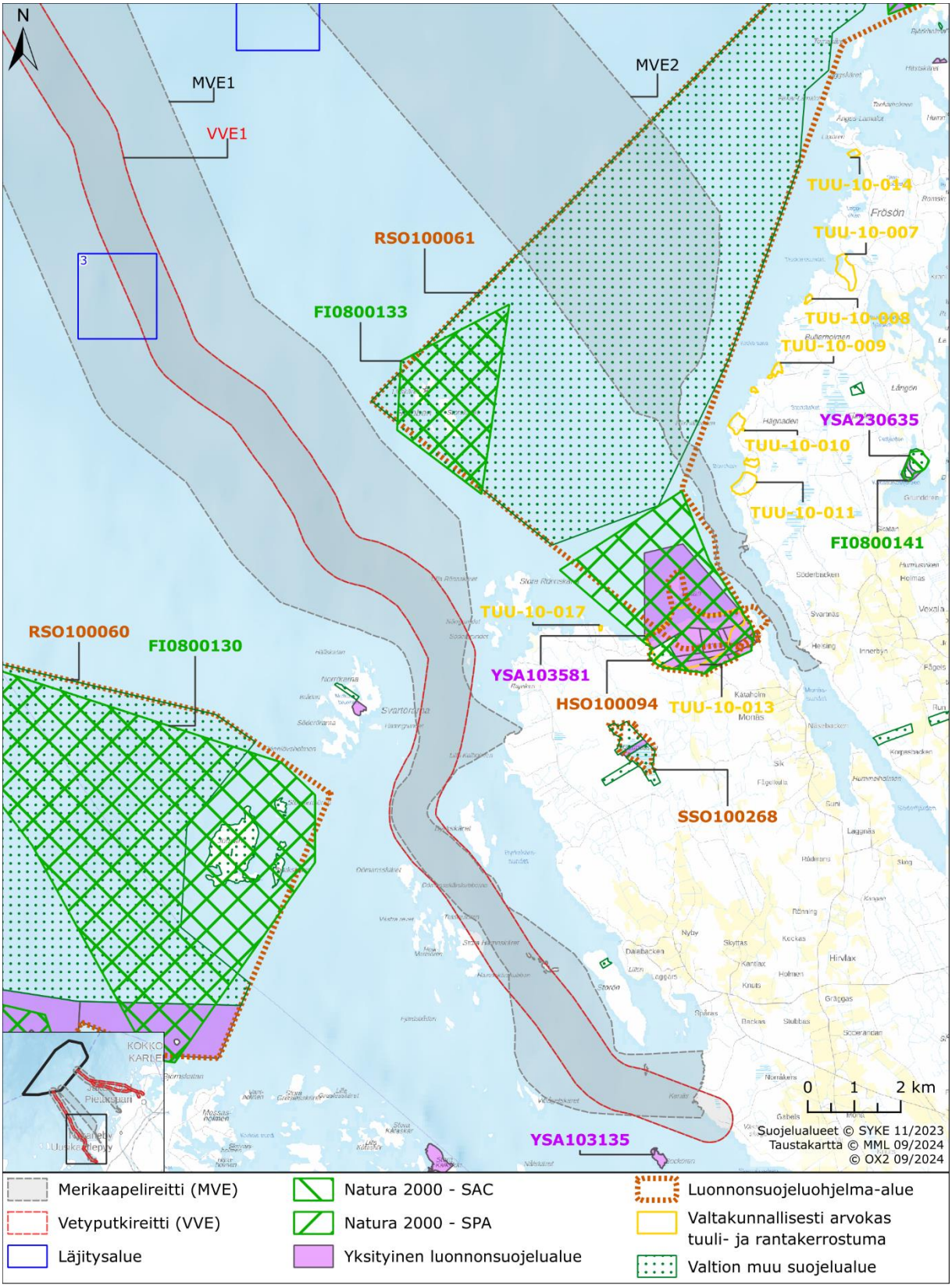
Kohde	Tyyppi	Minimietäisyys ja suunta merituulivoimapuistosta ja energiansiirtoreiteistä
Harrgrundet (TUU-10-010)	Geologisesti arvokas kohde	Merituulivoimapuisto: 28 km etelä MVE2a/b: 850 m itä VVE1: 7 km koillinen
Östergårdin luonnonsuojelualue (YSA247044)	Yksityismaan luonnonsuojelualue	Merituulivoimapuisto: 29 km etelä MVE1a/b: 1 km länsi VVE1: 1,1 länsi
Krokösundssandarna (TUU-10-009)	Geologisesti arvokas kohde	Merituulivoimapuisto: 28 km etelä MVE2a/b: 1,5 km itä VVE1: 8,3 km koillinen
Bovattenmossen (11002)	Soidensuojelun täydennysehdotuksen kohde	Merituulivoimapuisto: 32,5 km kaakko MVE3: 1,5 km kaakko VVE2: 10 km lounas
Fjärdsgrundet (YSA102862)	Yksityismaan luonnonsuojelualue	Merituulivoimapuisto: 41,2 km etelä MVE1a: 1,9 km etelä VVE1: 1,8 km etelä
Hästmossen soidensuojeluohjelma (SSO100268) Hästmossen 1 (YSA201894)	Luonnonsuojeluohjelma, yksityismaan luonnonsuojeluohjelma	Merituulivoimapuisto: 32 km etelä MVE1b: 1,9 itä VVE1: 3 km itä
Slätören (TUU-10-008)	Geologisesti arvokas kohde	Merituulivoimapuisto: 27,3 km etelä MVE2a/b: 1,9 km itä VVE1: 10 km koillinen

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



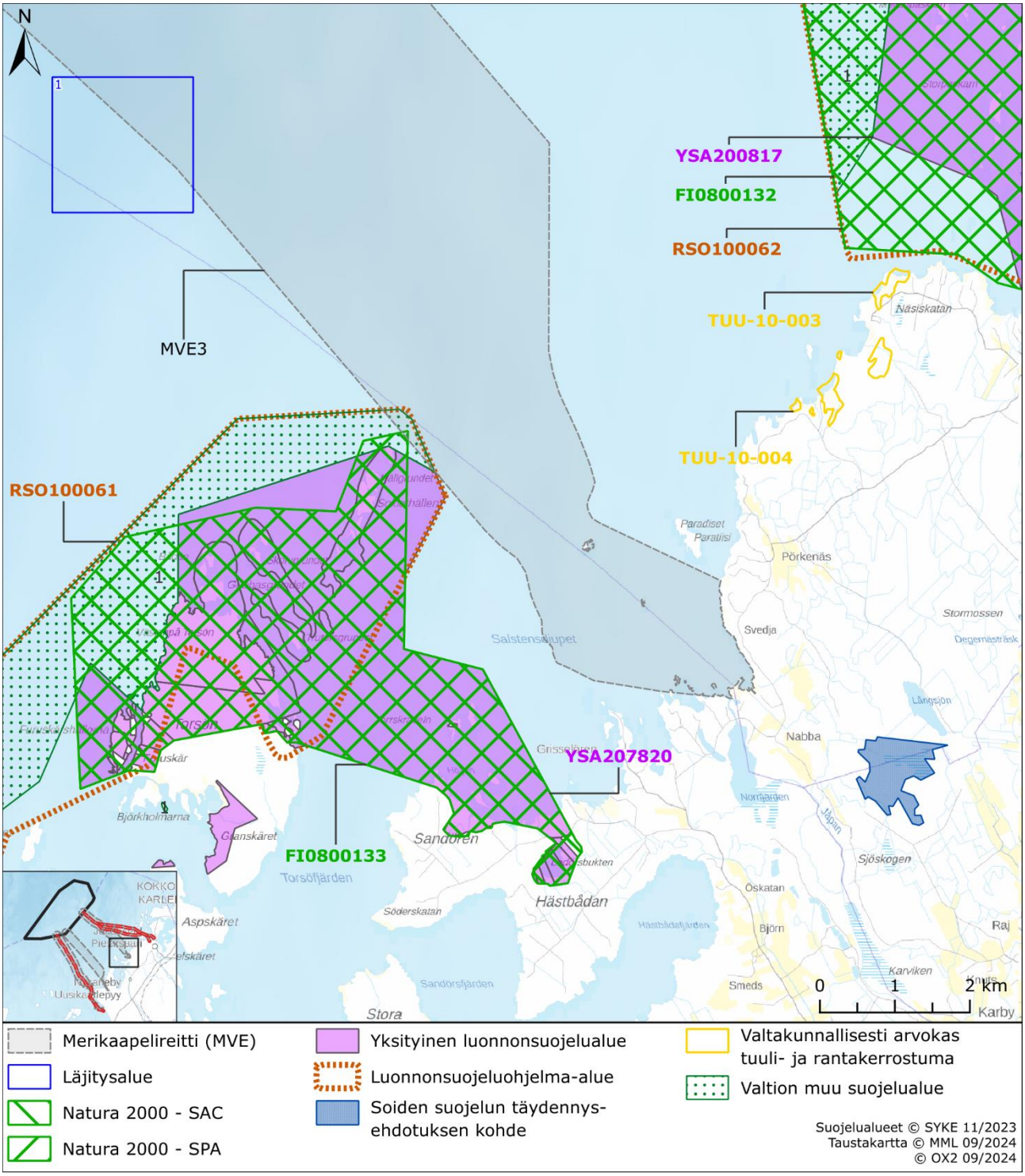
Kuva 11-2. Hankealueen ympäristössä sijaitsevat Natura 2000 -alueverkoston kohteet, luonnonsuojelualueet, luonnonsuojeluohjelmien kohteet, soidensuojelun täydennysehdotuksen kohteet sekä geologisesti huomioitavat arvokohteet.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



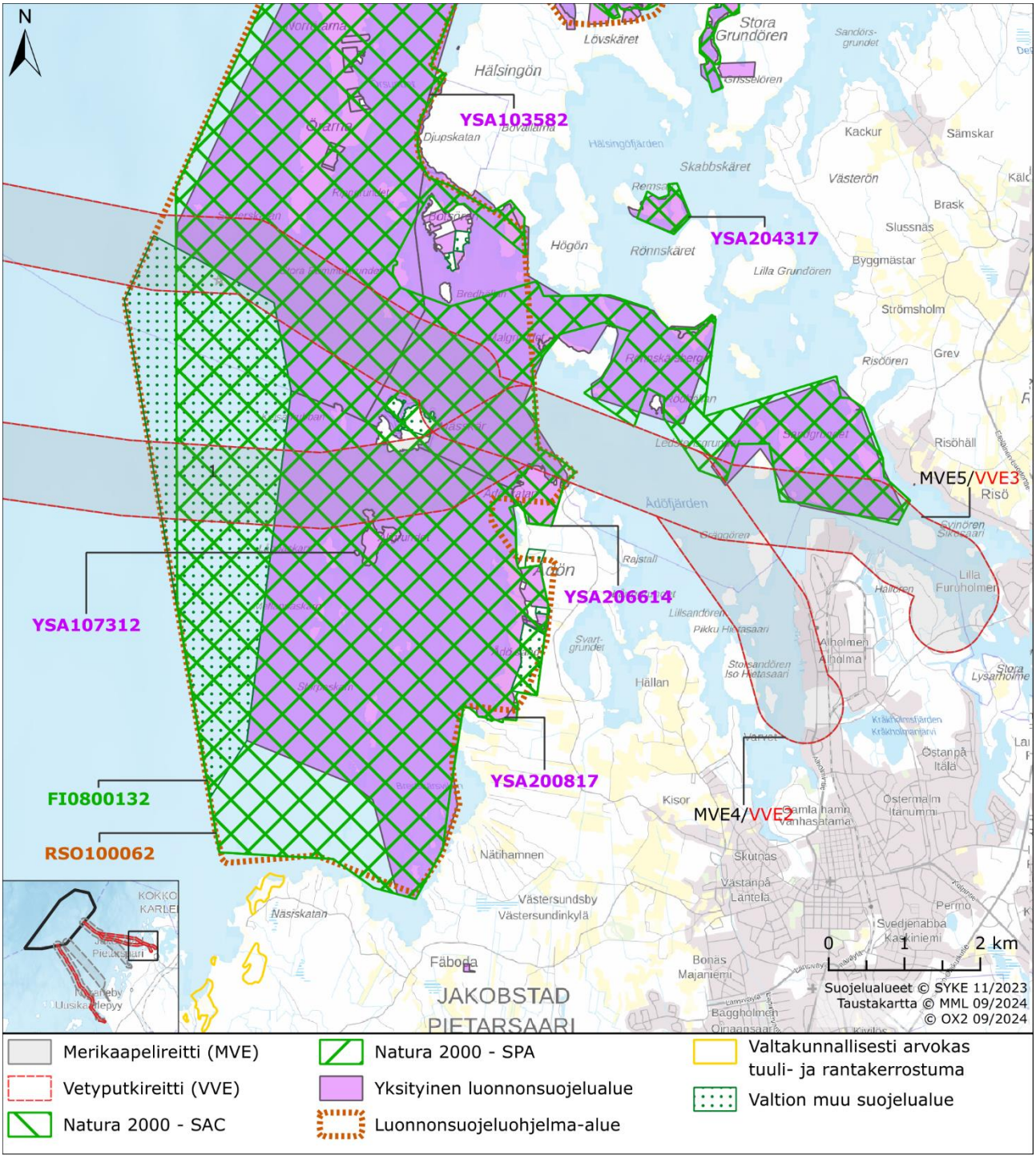
Kuva 11-3. Energiansiirtoreittien MVE1 ja MVE2 rantautumisalueiden ympäristössä sijaitsevat Natura 2000 -alueverkoston kohteet, luonnonsuojelualueet, luonnonsuojeluohjelmien kohteet sekä geologisesti huomioitavat arvokohteet.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



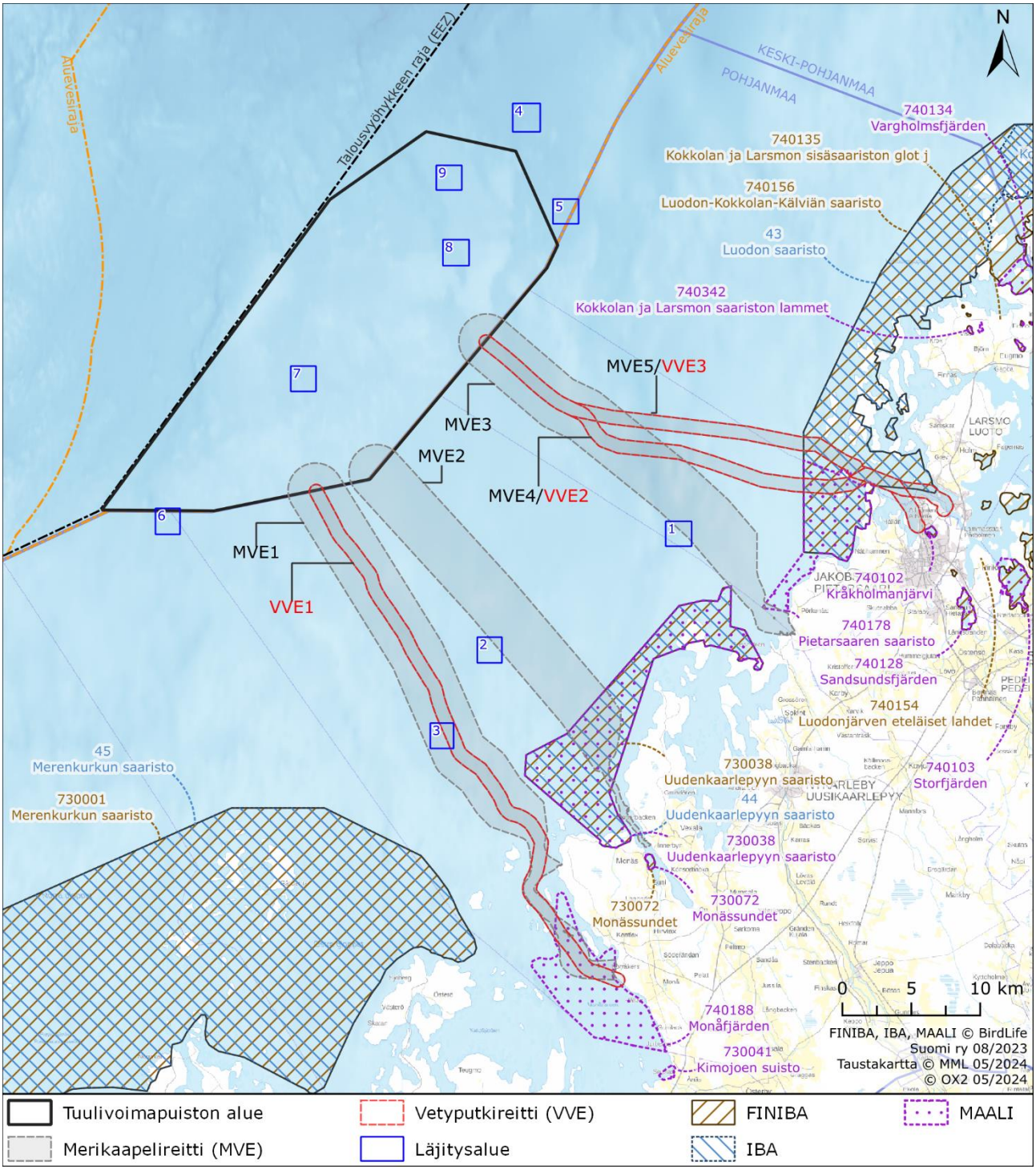
Kuva 11-4. Energiansiirtoreitin MVE3 rantautumisalueen ympäristössä sijaitsevat Natura 2000 -alueverkoston kohteet, luonnonsuojelualueet, luonnonsuojeluohjelmien kohteet, soidensuojelun täydennysehdotuksen kohteet sekä geologisesti huomioitavat arvokohteet.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 11-5. Energiansiirtoreittien MVE4 ja MVE5 rantautumisalueiden ympäristössä sijaitsevat Natura 2000 -alueverkoston kohteet, luonnonsuojelualueet, luonnonsuojeluohjelmien kohteet sekä geologisesti huomioitavat arvokohteet.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 11-6. Hankealueen ympäristössä sijaitsevat arvokkaat linnustoalueet (FINIBA, IBA, MAALI).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

11.3 Vaikutusten arviointi

11.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

Merituulivoimapuisto

Laineen merituulivoimapuiston alueelle (VE1 ja VE2) tai sen läheisyyteen ei sijoitu Natura-alueita tai luonnonsuojelualueita. Lähin yksityismaan luonnonsuojelualueen kohderajaus, *Uudenkaarlepyyn kaupungin lahjoitusmaa ja Kuddnäs* (YSA261194), sijoittuu noin 26 kilometrin etäisyydelle kaakkoon. Lähimmät Natura-alueet sijaitsevat noin 22 kilometrin etäisyydellä. Merituulivoimapuiston rakentamisen aikaisella alusliikenteellä voi olla epäsuoria häiriövaikutuksia merialueen suojelualueiden linnustolle ja eläimistölle, mutta niitä voidaan estää välttämällä liikkumista lintujen suosimien pesimäluotojen ja saarien läheisyydessä etenkin pesimäaikana. Koska merituulivoimapuisto sijaitsee etäällä suojelluista alueista, sen rakentamisella ei tunnettujen vaikutusmekanismien kautta arvioitu olevan kyseisille alueille saakka ulottuvia vaikutuksia.

Merikaapelit/vetyputket

Laineen merikaapelien ja vetyputkien rakentamisen aikaiset vaikutukset suojelualueille liittyvät pitkälti rakentamisen vesistövaikutuksiin sekä eläimistölle aiheutuviin melu- ja häiriövaikutuksiin. Merikaapeleiden sekä vetyputkien asentamiseen liittyvästä pohjan muokkauksesta ja läjityksistä aiheutuu samentumia, myös veden ravinnepitoisuudet saattavat nousta. Rakentamistoimet kohdistuvat yhdelle merikaapeli- tai vetyputkireitille kerrallaan ja reitin rakennustöiden arvioidaan kestävän joitain päiviä, joten vaikutukset ovat paikallisia. Samennusten vaikutusalue vaihtelee riippuen mm. käytettävästä aluksesta, työmenetelmästä, pohjanlaadusta sekä kulloisistakin sää- ja virtausolosuhteista. Yleisesti ottaen samennusvaikutukset ovat tilapäisiä ja paikallisia rajoittuen korkeintaan muutamien satojen metrien etäisyydelle työkohteista.

Merikaapelien MVE1 ja MVE3 tai vetyputken VVE1 reiteille ei sijoitu luonnonsuojelualueita tai valtion suojeluun varaamia alueita.

Merikaapeli MVE2 sijoittuu Uudenkaarlepyyn saariston rantojensuojeluohjelman (RSO100061) sekä Uudenkaarlepyyn saariston valtion muun suojelualueen kohderajaukselle. Rakentamisen aikainen samentuma ei tehdyn mallinnuksen mukaan leviä Uudenkaarlepyyn saariston Natura-alueelle (luku 5.3.1.2). Suojelualueilla sameus kestää enimmillään seitsemän päivää. Ruoppaamalla ja läjittämällä sameusvaikutukset ovat runsaammat kuin vesipainepuhaltamalla.

Merikaapelin ja vetyputken MVE4/VVE2 reitit sijoittuvat kolmen yksityismaan luonnonsuojelualueen alueille Ådön 2 (YSA206614), Aligrundet (YSA107312) ja Vestersundbyn rannat ja saaristo (YSA200817). Merikaapelin ja vetyputken MVE5/VVE3 reitit sijoittuvat kahden yksityismaan luonnonsuojelualueen alueelle Luodon saaristo 97 (YSA204317) ja Luodon saaristo 3b (YSA103582). Suojelualueet sijaitsevat Luodon saariston Natura-alueella. Reitillä sijaitsee myös Luodon saariston ekologisesti merkittävä vedenalainen meriluontoalue (EMMA-alue, ks. myös luku 5), Luodon saariston rantojensuojeluohjelma-alue. Merikaapelin ja vetyputken rakentamisesta aiheutuu suoria vaikutuksia suojelukohteille. Tehtyjen mallinnusten mukaan (luku 5.3.1.2) vesipainepuhallettaessa pisimpään kestävää pohjanläheistä (0–5 metriä merenpohjan yläpuolella) sameutta esiintyy vaihtoehtojen MVE4 ja MVE5 rantautumisalueen tuntumassa. Enimmillään 10 mg/l suuruinen samentuma kestää enintään seitsemän päivää Natura-alueella ja suojelualueilla. MVE4/VVE2 ja MVE5/VVE3 rannikon läheisyydessä esiintyy laaja-alaisesti sekä tutkittuja haitta-aineita että eroosioherkkää sedimenttiä. Vesipainepuhalluksen vaikutusalue on kiintoaineksen leviämämallin perusteella pienempi ja sameuden nousu kestoltaan lyhytaikaisempi kuin vesipainepuhalluksen sekä ruoppauksen ja läjityksen yhdistelmä. Kaikilla rakentamisvaihtoehdoilla ja kaapeli-/vetyputkireiteillä (MVE4/VVE2, MVE5a/VVE3a, MVE5b/VVE3b) sameus- ja sedimentaatiovaikutukset sekä haitta-aineiden leviäminen ulottuvat Natura 2000 -alueelle, luonnonsuojelualueille ja EMMA-alueelle.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merikaapelireitti MVE3 sivuaa Uudenkaarlepyyn saariston Natura-alueen pohjoisosaa. Vaihtoehdon MVE3 rakentamisen aiheuttama sameus ja sedimentaatio ei mallinnuksen mukaan (luku 5.3.1.20) leviä reitin eteläpuolella sijaitseville Natura- ja luonnonsuojelualueille.

Suojelualueille kohdistuvia linnustovaikutuksia on käsitelty tarkemmin luvussa 10.3.4.3.

11.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset

Laineen merituulivoimapuiston toiminnan aikaiset vaikutukset liittyvät lähinnä linnustoon kohdistuvaan törmäysriskiin ja estevaikutukseen. Toiminnan aikaisia linnusto- ja eläimistövaikutuksia on käsitelty edeltävissä luvuissa (9.3.2 ja 10.3.4) ja Natura-alueiden osalta liitteessä 13. Yhteenvetona hankkeen toiminnan aikaiset vaikutukset linnustoon on arvioitu kokonaisuutena vähäisen kielteisiksi.

Merituulivoimapuiston, merikaapelien ja vetyputkien toiminnan aikaiset vesistövaikutukset liittyvät lähinnä paikallisiin muutoksiin pohjassa, virtauksissa ja aallonmuodostuksessa. Tuulivoimaloiden aiheuttamat virtausmuutokset ovat kuitenkin hyvin paikallisia, eikä niillä ole vaikutusta merialueen päävirtauksiin tai läheisille suojelualueille saakka. Pohjan muutokset ja siten myös vaikutukset pohjaeliöstöön jäävät myös paikallisiksi.

Merikaapeleilla tai vetyputkella ei arvioida olevan juurikaan käytönaikaista vaikutusta merialueen vedenlaatuun. Mahdolliset vaikutukset liittyvät lähinnä huolto- ja mahdollisiin korjaustöihin, joissa pohjaa mahdollisesti jouduttaisiin kaivamaan uudelleen auki kaapelien tai putkien kohdalta. Tässä tapauksessa vaikutukset olisivat samankaltaisia kuin rakennusvaiheessa, mutta paikallisia ja pienemmässä mittakaavassa.

11.3.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset

Merituulivoimapuiston, merikaapelien ja vetyputkien purkamisen vaikutukset ovat vastaavia kuin rakennustöiden vaikutukset mutta vähäisempiä. Vesistövaikutusten voimakkuus riippuu siitä, mitä tuulivoimaloiden rakenteita, merikaapeleita ja vetyputkia alueelta puretaan ja poistetaan. Purkaminen tapahtuu kuitenkin pieni alue kerrallaan, joten vaikutusten arvioitiin olevan paikallisia.

11.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

Mikäli Laineen merituulivoimapuistoa ja siihen liittyvää merialueiden sähkön- ja vedynsiirtoa ei toteuteta, säilyy suojelualueiden tila nykyisellään. Lähimmille suojelualueille kohdistuu vaikutuksia olemassa olevista toiminnoista kuten meriliikenteen ja satama-alueen häiriöiden osalta.

11.4 Natura-arvioinnin tiivistelmä

Osittain merikaapelien ja vetyputkien reiteille ja niiden läheisyyteen sijoittuu kolme Natura-aluetta: Uudenkaarlepyyn saaristo (FI0800133), Luodon saaristo (FI0800132) ja Merenkurkun saaristo (FI0800130). Kohteiden osalta on laadittu erillinen Natura-arviointi (liite 13).

11.4.1 Uudenkaarlepyyn saaristo (FI0800133, SAC/SPA)

Natura-alue Uudenkaarlepyyn saaristo (FI0800133) käsittää lähinnä Uudenkaarlepyyn väli- ja ulkosaaristoa, mutta pohjoisosassa on myös yhteys mantereeseen. Saaristoalueen tunnusomaisia piirteitä ovat kallioiset saaret ja luodot. Natura-alue on liitetty Natura-alueverkostoon luontodirektiivin mukaisena erityisten suojelutoimien alueena (SAC-alue) ja lintudirektiivin mukaisena erityisenä suojelualueena (SPA-alue). Natura-alueen pinta-ala on 3 210 hehtaaria (Natura-tietolomake 2018), ja se koostuu kolmesta osittain mantereella ja merelle olevasta osa-alueesta. Natura-alue sijaitsee Uudenkaarlepyyn kunnan alueella.

Natura-alueen etäisyys merituulivoimapuistoon sekä merikaapelien ja vetyputkien toteutusvaihtoehtoihin sekä alueen suojeluperusteisiin kuuluvat luontotyypit ja lajit on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 11-3).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 11-3. Uudenkaarlepyyn saaristo Natura-alue, jonka osalta hankkeessa on toteutettu erillinen Natura-arviointi. Suojeluperusteet: Ympäristöhallinto 2023b. Priorisoidut luontotyypit on merkitty tähdellä (*).

Natura-alue	**Etäisyys ja suunta merituulivoimapuistosta ja energiansiirtoreiteistä**	**Natura-alueen suojeluperusteet (pinta-ala, ha)**
FI0800133 *Uudenkaarlepyyn saaristo* *SAC/SPA* *3 210 ha*	Merituulivoimapuisto: 23 km kaakko MVE1a/b: 405 m koillinen MVE2a/b: 110 m länsi MVE3: osittain alueella (0,45 ha) MVE4: 13,7 km lounas MVE5a/b: 16,5 km lounas VVE1: 1,9 km itä VVE2: 7,5 km etelä VVE3: 10,7 km etelä	1110 Vedenalaiset hiekkasärkät (15) 1150 Rannikon laguunit* (17,3) 1170 Riutat (118) 1220 Kivikkorannat (7,9) 1230 Kasvipeitteiset merenrantakalliot (25,4) 1610 Harjusaaret (12) 1620 Ulkosaariston luodot ja saaret (9,99) 1630 Merenrantaniityt* (22,7) 1640 Itämeren hiekkarannat (0,329) 2110 Liikkuvat alkiovaiheen dyynit (3,16) 2120 Liikkuvat rantakauradyynit (2,9) 2130 Kiinteät ruohokasvillisuuden peittämät dyynit* (9,07) 2140 Variksenmarjadyynit* (0,49) 2180 Metsäiset dyynit (54,1) 3150 Luontaisesti runsasravinteiset järvet (0,188) 3160 Humuspitoiset järvet ja lammet (1,75) 4030 Kuivat nummet (3,78) 7140 Vaihettumissuot ja rantasuot (24,3) 7230 Letot (0,945) 8220 Silikaattikalliot (5,02) 9030 Maankohoamisrannikon primäärisukkessiovaiheiden luonnontilaiset metsät* (191) 9060 Harjumetsät (105) 91D0 Puustoiset suot* (16,38) 40 lintudirektiivin lajia saukko ja liito-orava 2 uhanlaista lajia

Uudenkaarlepyyn saariston Natura-alue sijoittuu Laineen merituulivoimapuiston rakenteista lähimmäksi merikaapelireittivaihtoehtoa MVE3, joka sijoittuu Natura-alueelle noin 0,45 hehtaarin alalta. Vaihtoehdoissa MVE1 etäisyyttä Natura-alueen rajaukseen on noin 405 metriä ja MVE2 noin 110 metriä. Muut merikaapelivaihtoehdot sijoittuvat etäämmälle noin 13,7–16,5 km etäisyydelle vaihtoehdosta riippuen. Koska merikaapelireitit ovat neljän kilometrin levyisiä alueita, joiden sisälle suunnittelun myötä tarkentuneet merikaapelilinjaukset sijoittuvat, voi merikaapelin

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

todellinen etäisyys olla etäämmällä Natura-alueen rajauksesta. Vetyputkien reiteistä vaihtoehto VVE1 sijoittuu vastaavasti kuin MVE1 lähimmillään noin 405 metrin päähän Natura-alueen rajauksesta.

Hankkeen vaikutusalueena on tarkasteltu koko Uudenkaarlepyyn saariston Natura-aluetta. Merikaapelireitin MVE3 rakentaminen kohdistuu osittain Natura-alueen rajaukselle, jolloin alueeseen kohdistuu suoria vaikutuksia.

Laineen merituulivoimahankkeesta ei arvioitu varovaisuusperiaate huomioiden aiheutuvan heikentäviä vaikutuksia Uudenkaarlepyyn saaristo Natura-alueen suojeluperusteena oleville luontotyypille. Vähäisiä rakentamisen aikaisia vaikutuksia voi aiheutua eri luontotyypeille, kuten riutoille ja vedenalaisille hiekkasärkille.

Merituulivoimapuiston rakentamisen tai kaapelien asentamisen aiheuttama sameus ja sedimentaatio ei vedenlaatumallinnuksen perusteella leviä Natura-alueen mallinnetuille **riutoille** (*Niras 2023a,* liite 2). Vedenlaatumallinnusta ja sen vaikutuksia on käsitelty luvussa 5.3.1.2. Vaikutuksia on tarkemmin kuvattu Natura-arvioinnissa. Riuttoja voi kuitenkin sijaita mallinnettujen alueiden ulkopuolella, mikä aiheuttaa arvioon jonkin verran epävarmuutta.

Natura-alueen pohjoisimman osa-alueen koilliskulma on päällekkäinen vaihtoehdon MVE3 kanssa noin puolen hehtaarin alueella. Tämä alue on kokonaisuudessaan riuttaa riuttamallin mukaan. Vedenlaatumallinnuksessa kaapelien on oletettu sijoittuvan keskelle kaapelikäytävää, jolloin sameus- ja sedimentaatiovaikutuksien ei arvioitu ulottuvan riutoille. Jos merikaapelit sijoittuisivat reitin lounaisreunaan, voisi suoria pohjaan kohdistuvia vaikutuksia sekä sameus- ja sedimentaatiovaikutuksia aiheutua riutta-alueeseen kaapelien asentamisesta. Vaikutukset Natura-alueen riuttoihin arvioitiin kuitenkin kokonaisuudessaan vähäisiksi kielteisiksi.

Ruoppauksen ja läjityksen aiheuttama 10 mg/l suuruinen samentuma leviää Uudenkaarlepyyn saariston Natura-alueen **vedenalaisille hiekkasärkille** noin 60 hehtaarin alueelle kestäen enintään 24 tuntia. Vesipainepuhalluksen aiheuttama samentuma ei leviä vedenalaisille hiekkasärkille. Sedimentaatio ei leviä luontotyypin alueelle kummallakaan kaapelinasennusmenetelmällä. Vaikutukset vedenalaisiin hiekkasärkkiin arvioitiin vähäisiksi kielteisiksi.

Vaikutukset linnustolle muodostuvat merikaapelien ja vetyputken rakentamisen aikaisesta veden samentumisesta, joka voi häiritä kalastamalla tai saalistamalla ravintonsa pinnan alta hankkiviin lintuihin. Vaikutusalue on kuitenkin suppea ja etenkin vaikutuksen kesto on hyvin lyhyt. Näin ollen vaikutus arvioitiin suuruudeltaan ja merkittävyydeltään korkeintaan vähäiseksi kielteiseksi.

Kokonaisuudessaan Uudenkaarlepyyn saaristo Natura-alueeseen arvioitiin kohdistuvan vähäisiä kielteisiä vaikutuksia merituulivoimahankkeesta.

Erillisessä Natura-arvioinnissa (liite 13) on arvioitu hankkeen vaikutuksia alueen suojeluperusteina oleviin luontotyyppeihin ja lajeihin yksityiskohtaisemmin eriteltynä.

11.4.2 Luodon saaristo (FI0800132, SAC/SPA)

Natura-alue Luodon saaristo (FI0800132) käsittää laajan saaristoalueen, joka sisältää maankohoamisrannikon erityyppisiä kehitysvaiheita loivilta ja tuulille alttiilta hiekkarannoilta kallioisiin ulkosaariin ja rantalouhikoihin. Luodon saaristo on liitetty Natura-alueverkostoon luontodirektiivin mukaisena erityisten suojelutoimien alueena (SAC-alue) ja lintudirektiivin mukaisena erityisenä suojelualueena (SPA-alue). Natura-alueen pinta-ala on 14 460 hehtaaria (Natura-tietolomake 2018). Natura-alue sijaitsee Kokkolan, Luodon ja Pietarsaaren kuntien alueella. Alueen suojeluperusteina on Natura-tietolomakkeen mukaan 21 luontodirektiivin luontotyyppiä, 36 lintudirektiivin lajia ja liito-orava. Alueella on lisäksi kaksi uhanalaista lajia, joiden osalta on tehty erillinen vain viranomaiskäyttöön tarkoitettu arviointi.

Natura-alueen etäisyys merituulivoimapuistoon sekä merikaapelien ja vetyputkien toteutusvaihtoehtoihin sekä alueen suojeluperusteisiin kuuluvat luontotyypit ja lajit on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 11-4).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 11-4. Luodon saaristo Natura-alue, jonka osalta hankkeessa on toteutettu erillinen Natura-arviointi. Suojeluperusteet: Ympäristöhallinto 2023b. Priorisoidut luontotyypit on merkitty tähdellä (*).

Natura-alue	Etäisyys ja suunta meri-tuulivoimapuistosta ja energiansiirtoreiteistä	Natura-alueen suojeluperusteet (pinta-ala, ha)
FI0800132 *Luodon saaristo* *SAC/SPA* *14 460 ha*	Merituulivoimapuisto: 22 km itä MVE1: 26,5 km lounas MVE2: 17,9 km lounas MVE3: 3,6 km länsi MVE4: osittain alueella (515,5 ha ha/5,15 km^2) MVE5a/b: osittain alueella (646,5 ha / 6,5 km^2) VVE1: 2,8 km lounas VVE2: osittain alueella (515,5 ha ha/5,15 km^2) VVE3: osittain alueella (646,5 ha / 6,5 km^2)	1110 Vedenalaiset hiekkasärkät (114) 1150 Rannikon laguunit* (58) 1170 Riutat (705) 1220 Kivikkorannat (34,8) 1230 Kasvipeitteiset merenrantakalliot (70,3) 1620 Ulkosaariston luodot ja saaret (55,1) 1630 Merenrantaniityt* (73,9) 1640 Itämeren hiekkarannat (1,11) 2120 Liikkuvat rantakauradyynit (0,227) 2130 Kiinteät, ruohokasvillisuuden peittämät dyynit* (0,481) 2180 Metsäiset dyynit (2,43) 3160 Humuspitoiset järvet ja lammet (8,22) 4030 Kuivat nummet (19,5) 6270 Runsaslajiset kuivat ja tuoreet niityt* (0,282) 7140 Vaihettumissuot ja rantasuot (21,4) 8220 Silikaattikalliot (14,3) 9030 Maankohoamisrannikon primäärisukkessiovaiheiden luonnontilaiset metsät* (700) 9050 Lehdot (150) 9070 Hakamaat ja kaskilaitumet (1,2) 9080 Metsäluhdat* (0,461) 91D0 Puustoiset suot* (6,1) 36 lintudirektiivin lajia liito-orava 2 uhanalaista lajia

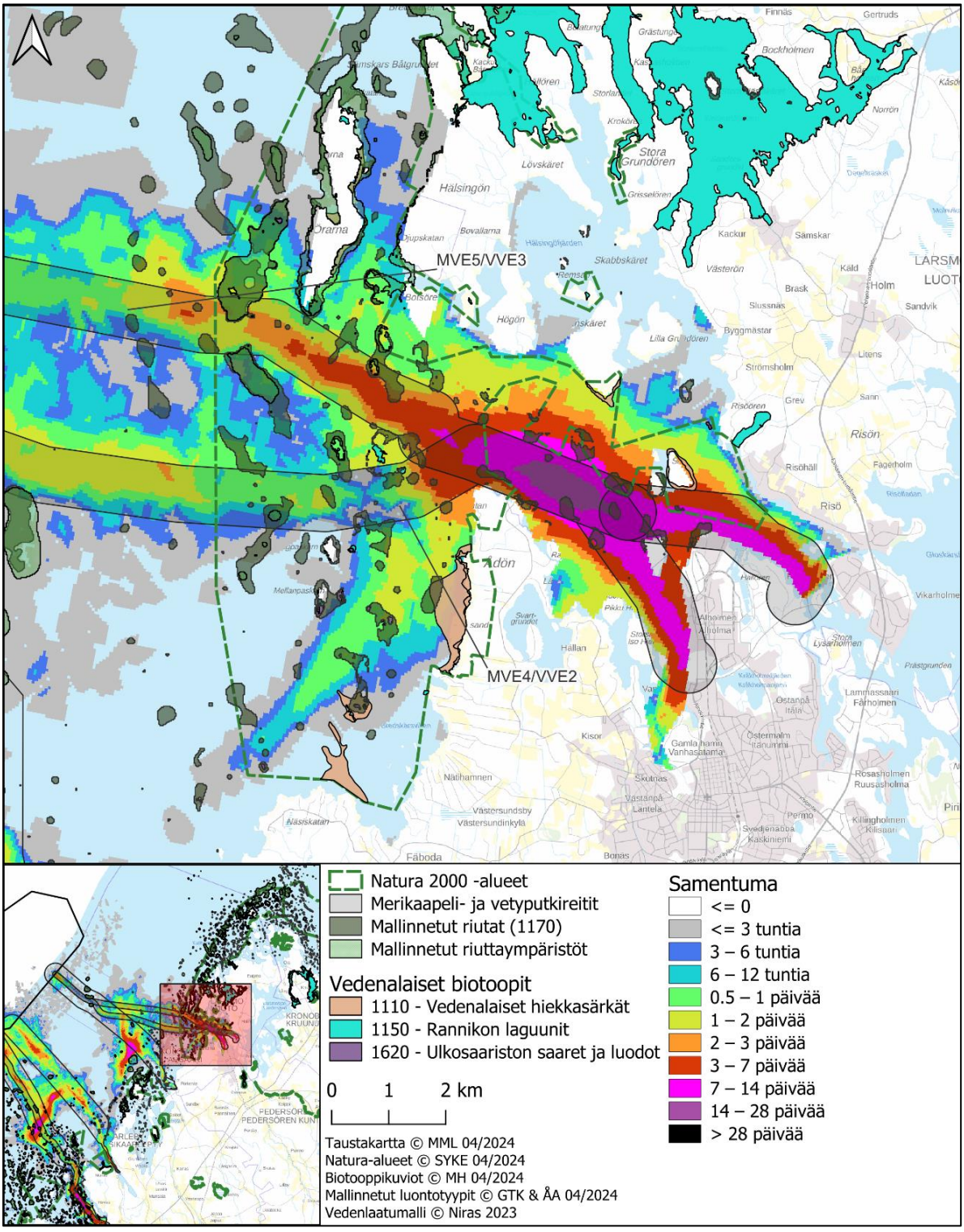
Natura-alue Luodon saaristo sijoittuu osittain Laineen merituulivoimapuiston merikaapelien MVE4 ja MVE5 sekä vetyputkivaihtoehdon VVE3 alueelle. MVE4 ja VVE2 reitit sijoittuvat noin 515,5 ha alalta Natura-alueen rajaukselle, joka vastaa noin 3,5 % koko Natura-alueen pinta-alasta (14 460 ha). MVE5 ja VVE3 sijoittuvat noin 646,5 ha alalta Natura-alueen rajaukselle, joka vastaa noin 4,5 % Natura-alueen kokonaispinta-alasta. Suurin osa Natura-alueesta sijaitsee vetyputkien ja merikaapelien reittien pohjoispuolella. Koska merikaapelien ja vetyputkien rakentaminen sijoittuu Luodon saaristo Natura-alueen rajaukselle, kohdistuu siihen sekä suoria että välillisiä kielteisiä vaikutuksia.

Hankkeen vaikutusalueena on tarkasteltu Luodon saariston Natura-alueen eteläosia. Merikaapelien (MVE4 ja MVE5) ja vetyputken (VVE2 ja VVE3) rakentaminen kohdistuu osittain Natura-alueen rajaukselle, jolloin alueeseen kohdistuu suoria vaikutuksia.

Rakentamisen aikaan molemmilla mallinnetuilla kaapelien asennusmenetelmillä sameus leviää laajalle alueelle Natura-alueella, noin 3 500 hehtaarin alueelle, joka on 25 % Natura-alueen pinta-alasta. Samentuman kesto vaihtelee alueittain ollen enimmillään viikosta kahteen viikkoon (*Niras*

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

2023a, liite 2, Kuva 11-7). Sedimentaatio leviää noin 400 hehtaarin alueelle huolimatta käytetystä menetelmästä ja sedimentaatio on enimmillään 2 cm. Vedenlaatumallinnusta ja sen vaikutuksia on käsitelty tarkemmin luvussa 5.3.1.2. Vaikutuksia on tarkemmin kuvattu Natura-arvioinnissa.



Kuva 11-7. Samentuman leviäminen Luodon saariston Natura-alueella. Kuvassa on esitetty ruoppaus ja läjitysmenetelmän aiheuttava samentuma, joka aiheutti mallinnuksen mukaan laajemmalle leviävää ja pitkäkestoisempaa samentumaa kuin pelkän vesipainepuhalluksen käyttäminen.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Rakentamisen aikaan vaikutuksia kohdistuu lähinnä vedenalaisille luontotyypeille. 10 mg/l suuruinen pohjanläheinen sameus leviää **vedenalaisille hiekkasärkille** molemmissa asennusmenetelmävaihtoehdoissa kestäen paikoin kolmesta seitsemään vuorokautta. Samentuminen alueella on kuitenkin väliaikaista. Sedimentaatio tai merituulivoimapuiston toiminnanaikaiset virtausten muutokset eivät leviä vedenalaisille hiekkasärkille. Hankkeen vaikutukset luontotyyppiin arvioitiin vähäisiksi kielteisiksi.

10 mg/l suuruinen pohjanläheinen sameus leviää **rannikon laguuneihin** molemmissa menetelmävaihtoehdoissa kestäen enintään kolme vuorokautta. Kesäkuussa pintaveden (0–10 m) virtausnopeus voi mallinnuksen perusteella hidastua (2–4 mm/s) Natura-alueella noin 4 200 hehtaarin alueella. Vaikutusalue on hyvin laaja, noin kolmas osa Natura-alueen pinta-alasta. Heinäkuussa virtausnopeudet voivat pintavedessä (0–5 m) hidastua 2–4 mm/s noin 1 000 hehtaarin alueella. Rannikon laguuneissa virtaus on luonnollisesti hidasta ja pohjanlaatu pehmeä, joten vaikutusten luontotyyppiin arvioitiin olevan korkeintaan vähäisiä kielteisiä.

10 mg/l suuruinen pinnanläheinen sameus leviää Natura-alueen mallinnetuille **riutoille** kestäen niiden alueella enintään viikon. 50 mg/l suuruinen pinnanläheinen sameus kestää Natura-alueen mallinnetuilla riutoilla enimmillään viikon. Sedimentaatio on riutoilla enintään 1 cm ja sedimentti kulkeutuu ajan kanssa virtausten mukana toisaalle. Suurimmalle osalle Natura-alueen mallinnetuista riutoista ei leviä sedimentaatiota. Tuulivoimapuiston toiminnan aikana Natura-alueen länsireunan marraskuun ja syyskuun pintaveden (0–5 m) virtausnopeudet voivat mallinnuksen mukaan hieman (2–4 mm/s) kiihtyä, mutta tällä ei arvioitu olevan haitallista vaikutusta riutta-luontotyyppiin. Virtaukset muuttuvat noin 600 hehtaarin alueella Natura-alueen sisällä. Alueilla, joissa virtausten on mallinnettu hidastuvan, sijaitsee runsaasti mallinnettuja riuttoja. Virtausten hidastuminen voi lisätä sedimentaatiota alueella ja peittää riuttojen kovia kallio- ja kivipintoja sedimenttiin, jolloin levien sekä sessiilien pohjaeläinten kiinnittyminen koviin pintoihin vaikeutuu. Pysyvien virtausmuutosten vaikutusalueen laajuuden vuoksi varovaisuusperiaate huomioiden hankkeen vaikutukset Natura-alueen riuttoihin arvioidaan vähäisiksi kielteisiksi.

Mahdollisia vaikutuksia rakentamisen aikaisesta samentumisesta voi syntyä **ulkosaariston luotojen ja saarten**, **merenrantaniittyjen** ja **kasvipeitteiset merenrantakalliot** luontotyypeille. Luontotyypit sijoittuvat pääosin veden pinnan yläpuolelle, mutta ulkosaariston luotojen ja saarten vedenalaisten osien katsotaan olevan usein myös riuttamaisia. Rakentamisenaikaisista samentumista saaria ympäröiville vedenalaisille pohjille mahdollisesti aiheutuvat vaikutukset arvioitiin kokonaisuudessaan hyvin vähäisiksi ja tilapäisiksi.

Luodon saariston Natura-alueen suojeluperusteena esitetty pesimälinnusto on varsin runsas ja monipuolinen, ja samentuma-, sedimentaatio- ja häiriövaikutukset kohdistuvat merkittävissä määrin Natura-alueelle. Linnustoon kohdistuvat merikaapelien rakentamisesta aiheutuvat kielteiset vaikutukset arvioitiin varovaisuusperiaatteen mukaisesti suuruudeltaan ja merkittävyydeltään korkeintaan kohtalaisiksi kielteisiksi, mikäli rakentaminen tapahtuu lintujen pesimäaikaan tai Natura-alueella levähtäviksi esitettyjen lajien muuttoaikaan. Vaikutuksia lieventävä seikka on vaikutuksen lyhyt ajallinen kesto. Mikäli asentaminen ajoittuu muihin ajankohtiin, linnustoon kohdistuvat vaikutukset arvioitiin korkeintaan vähäisiksi kielteisiksi. Mikäli toiminnan aikaiset mahdolliset virtausmuutokset aiheuttavat luontotyypeille merkittävyydeltään kohtalaisia vaikutuksia, voidaan varovaisuusperiaatteen mukaisesti arvioida, että suuruudeltaan ja merkittävyydeltään kohtalaisia negatiivisia vaikutuksia aiheutuu myös niiltä ravintonsa hankkiville lintulajeille. Mahdollinen lisääntynyt sedimentaatio voi heikentää lintujen ravinnonhankintaa kyseisillä alueilla. Virtausten heikkeneminen on mallinnusten mukaan kuitenkin vähäistä, eikä sen arvioida kohdistuvan saarten, luotojen tai riuttojen mantereen puoleisille rannoille tai rinteille, jolloin lintujen olisi siten mahdollista siirtyä ruokailemaan niille alueille, mikäli merenpuoleisten alueiden tila heikkenee.

Kokonaisuudessaan Luodon saaristo Natura-alueeseen arvioitiin kohdistuvan kohtalaisia kielteisiä vaikutuksia merituulivoimahankkeesta ilman lieventämistoimia. Vaikutuksia voidaan lieventää ajoittamalla rakentamistoimet pesimäajan ulkopuolelle.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Erillisessä Natura-arvioinnissa (liite 13) on arvioitu hankkeen vaikutuksia alueen suojeluperusteina oleviin luontotyyppeihin ja lajeihin yksityiskohtaisemmin eriteltynä.

11.4.3 Merenkurkun saaristo (FI0800130, SAC/SPA)

Natura-alue Merenkurkun saaristo (FI0800130, SAC/SPA) koostuu Merenkurkun erikoislaatuisesta sisä- ja ulkosaaristosta. Saaristovyöhykkeet ulottuvat aina mannerrannikolta ja metsäisiltä suursaarilta avomeren kivisille ja kallioisille, niukkakasvisille ulkoluodoille. Merenkurkun saaristo liitetty Natura-alueverkostoon luontodirektiivin mukaisena erityisten suojelutoimien alueena (SAC-alue) ja lintudirektiivin mukaisena erityisenä suojelualueena (SPA-alue). Natura-alueen pinta-ala on 128 059 hehtaaria (Natura-tietolomake 2018). Natura-alue sijaitsee Uudenkaarlepyyn, Vöyrin, Maalahden, Vaasan, Mustasaaren ja Korsnäsin kuntien alueella.

Natura-alueen etäisyys merituulivoimapuistoon sekä merikaapelien ja vetyputkien toteutusvaihtoehtoihin sekä alueen suojeluperusteisiin kuuluvat luontotyypit ja lajit on esitetty Taulukko 11-5.

Taulukko 11-5. Merenkurkun saaristo Natura-alue, jonka osalta hankkeessa on toteutettu erillinen Natura-arviointi. Suojeluperusteet: Ympäristöhallinto 2023b. Priorisoidut luontotyypit on merkitty tähdellä (*).

Natura-alue	Etäisyys ja suunta merituulivoimapuistosta ja energiansiirtoreiteistä	Natura-alueen suojeluperusteet (pinta-ala, ha)
FI0800130 *Merenkurkun saaristo* *SAC/SPA* *128 059 ha*	Merituulivoimapuisto: 22,3 km etelä MVE1a: 1,6 km itä MVE1b: 2,6 km itä MVE2: 10 km itä MVE3: 26,3 km lounas MVE4: 34,7 km lounas MVE5a/b: 39 km lounas VVE1: 1,6 itä VVE2: 34,7 km lounas VVE3: 39 km lounas	1110 Vedenalaiset hiekkasärkät (110) 1150 Rannikon laguunit* (2 000) 1170 Riutat (8 885) 1210 Rantavallit (20) 1220 Kivikkorannat (425) 1230 Kasvipeitteiset merenrantakalliot (78) 1610 Harjusaaret (7,7) 1620 Ulkosaariston luodot ja saaret (395) 1630 Merenrantaniityt* (570) 1640 Itämeren hiekkarannat (1,9) 3150 Luontaisesti runsasravinteiset järvet (13) 3160 Humuspitoiset järvet ja lammet (100) 3260 Pikkujoet ja purot (0,6) 4030 Kuivat nummet (617) 6230 Runsaslajiset jäkkiniityt* (0,2) 6270 Runsaslajiset kuivat ja tuoreet niityt* (0,9) 7140 Vaihettumissuot ja rantasuot (350) 7160 Lähteet ja lähdesuot (0,01) 8220 Silikaattikalliot (11) 9010 Luonnonmetsät* (30) 9030 Maankohoamisrannikon primäärisukkessiovaiheiden luonnontilaiset metsät* (5 615) 9050 Lehdot (222) 9070 Hakamaat ja kaskilaitumet (30) 9080 Metsäluhdat* (25)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

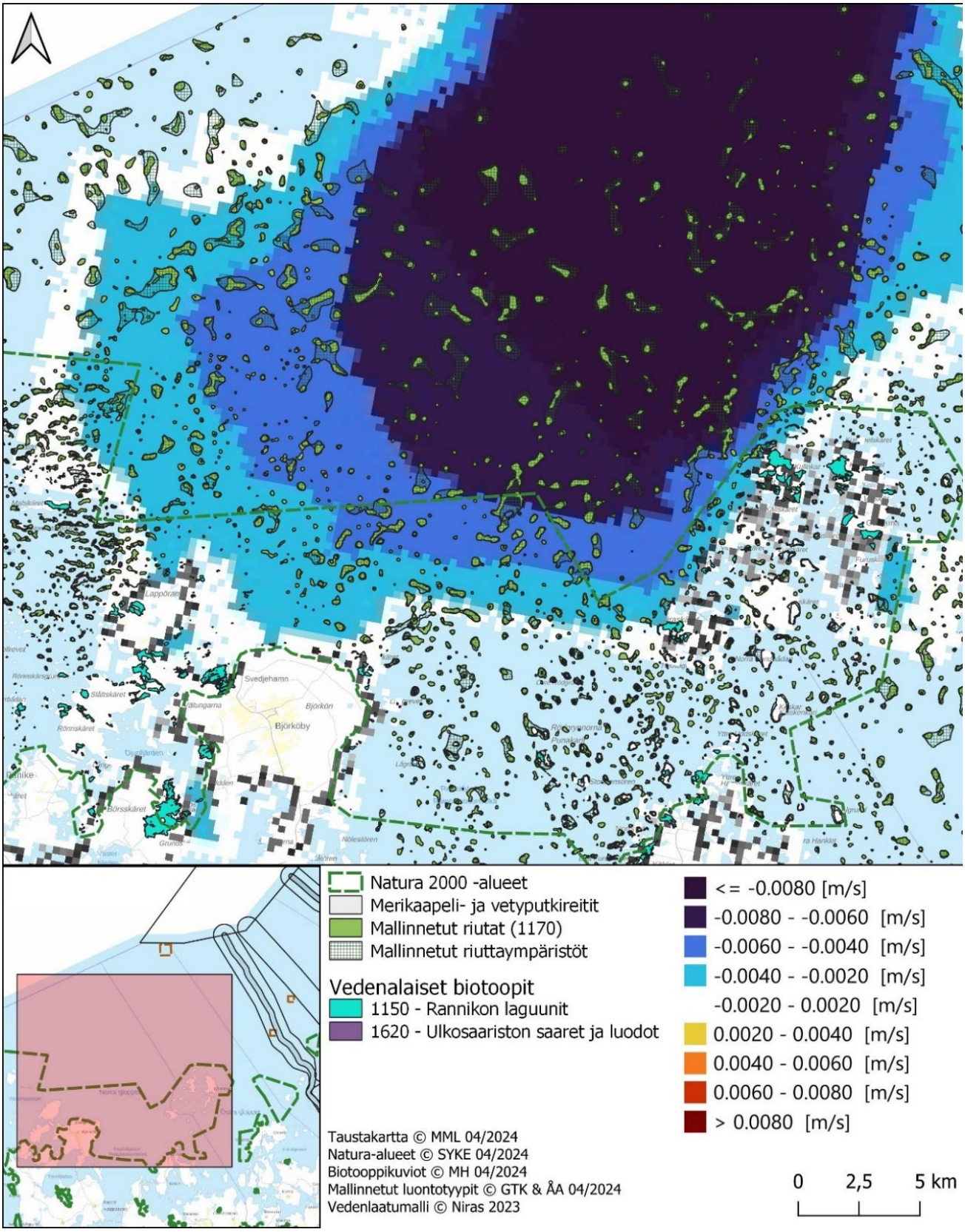
Natura-alue	Etäisyys ja suunta merituulivoimapuistosta ja energiansiirtoreiteistä	Natura-alueen suojeluperusteet (pinta-ala, ha)
		91D0 Puustoiset suot* (115) nelilehtivesikuusi halli, itämerennorppa, saukko 78 lintudirektiivin lajia 4 uhanalaista lajia

Kaikki Laineen merituulivoimapuistoon liittyvät rakenteet (kuten voimalat, vetyputket ja merikaapelit) on sijoitettu Merenkurkun saariston Natura-alueeseen kuuluvien rajausten ulkopuolelle. Tuulivoimahankkeesta ei näin ollen aiheudu suoria vaikutuksia (elinympäristön menetys, rakentaminen) Merenkurkun saaristo Natura-alueelle. Natura-alueeseen voi kohdistua rakentamisesta ja käytönaikaisesta toiminnasta heikentäviä epäsuoria vaikutuksia.

Natura-alue Merenkurkun saaristo sijoittuu lähimmillään noin 1,6 kilometrin etäisyydelle vetyputken VVE1 ja merikaapelin MVE1 reitistä. Muut vetyputkien ja merikaapelien toteutusvaihtoehdot sijaitsevat etäämmällä noin 2,6–39 kilometrin etäisyydellä vaihtoehdosta riippuen.

Hankkeen vaikutusalueena on tarkasteltu Merenkurkun saariston Natura-alueen itäosia. Hankkeen rakentamisen aikaiset sameus- ja sedimentaatiovaikutukset eivät vedenlaatumallinnuksen mukaan ulotu Merenkurkun saariston Natura-alueelle (*Niras 2023a*, liite 2). Merituulivoimapuistosta voi kuitenkin aiheutua sen toiminnan aikana muutoksia pintaveden (0–5 m) virtausnopeuksiin kohdistuen Merenkurkun saariston Natura-alueen pohjoiselle reuna-alueelle. Laajimmalle Natura-alueella 2–4 mm/s suuruinen virtausten hidastuminen ulottui vedenlaatumallinnuksen mukaan tammi-, huhti-, touko-, kesä-, elo- ja marraskuussa. Vaikutusalueen laajuus oli enimmillään noin 9330 ha. Eniten virtaukset hidastuivat toukokuussa (2–8 mm/s, Kuva 11-8). Syyskuussa mallinnuksen mukaan virtausnopeudet voi kiihtyä 2–4 mm/s 5–10 metrin syvyydellä 1200 ha alueella ja 0–5 metrin syvyydellä 2750 ha alueella. Alueilla, joilla virtaukset mallin mukaan hidastuu, sijaitsee riuttamallin mukaan **riuttoja**. Virtausten hidastuminen voi lisätä sedimentaatiota, millä voi olla vaikutusta levien kiinnittymisen heikkenemiseen. Hankkeen vaikutuksen luontotyyppiin arvioitiin varovaisuusperiaate huomioiden olevan kohtalaiset kielteiset vaikutukset luontotyyppiin, sillä vaikutusalue on laaja ja vaikutus pysyvä, niin kauan kuin tuulivoimapuisto on toiminnassa.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 11-8. Pintaveden virtaukset hidastuvat Merenkurkun saariston Natura-alueella joinain kuukausina. Kuvassa toukokuun mallinnettu muutos.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merikaapelien ja vetyputkien rakentamisesta ei arvioitu syntyvän haittavaikutuksia Natura-alueen suojeluperusteina olevalle nelilehtivesikuuselle. Vähäisiä vaikutuksia arvioitiin syntyvän suojeluperusteina oleville lajeille: halli, itämerennorppa ja saukko.

Mikäli virtausten hidastuminen aiheuttaa riutat luontotyypille merkittävyydeltään kohtalaisia vaikutuksia, voidaan varovaisuusperiaatteen mukaisesti arvioida, että suuruudeltaan ja merkittävyydeltään kohtalaisia negatiivisia vaikutuksia aiheutuu myös niiltä ravintonsa hankkiville lintulajeille. Mahdollinen lisääntynyt sedimentaatio voi heikentää lintujen ravinnonhankintaa kyseisillä alueilla. Virtausten heikkeneminen on mallinnusten mukaan kuitenkin vähäistä, eikä sen arvioida kohdistuvan saarten, luotojen tai riuttojen mantereen puoleisille rannoille tai rinteille, jolloin ne säilyisivät ennallaan ja lintujen olisi siten mahdollista siirtyä ruokailemaan niille alueille, mikäli merenpuoleisten alueiden tila heikkenee.

Kokonaisuudessaan Luodon saaristo Natura-alueeseen arvioitiin kohdistuvan vähäisiä kielteisiä vaikutuksia merituulivoimahankkeesta.

Erillisessä Natura-arvioinnissa (liite 13) on arvioitu hankkeen vaikutuksia alueen suojeluperusteina oleviin luontotyyppeihin ja lajeihin yksityiskohtaisemmin eriteltynä.

11.5 Yhteisvaikutukset

Perämerelle on suunnitteilla useita merituulivoimahankkeita. Ruotsin puolelle noin kilometrin etäisyydelle Laineesta sijoittuva Kappa merituulivoimahanke saattaa ajoittua vedenpäällisen rakentamisen osalta osittain samalle ajankohdalle Laineen hankkeen kanssa (*Njordr Offshore Wind AB 2022*). Viimeisimmän tiedon mukaan Kappan hankealuetta on muutettu siten, että se on kiinni talousvyöhykkeen rajassa, ollen nyt noin 100 metrin etäisyydellä Laineen hankealueesta *(Statkraft Offshore Wind AB 2024*), mutta muutos ei vaikuta vaikutusarviontiin. Merituulivoimahankkeet Lunni, Voima ja Reimari sijaitsevat samalla alueella Laineen kanssa, joten ne eivät voi toteutua samaan aikaan.

Merituulivoimahankkeiden rakentaminen sijoittuisi alustavan aikataulun perusteella pääosin eri ajanjaksolle ja siten rakentamisvaiheen yhteisvaikutukset vedenlaatuun ovat epätodennäköisiä. Sameuden leviämisen ja sedimentaatiolisäyksen mallinnuksessa havaittiin, että kiintoaines ei merkittävissä määrin leviä kovin kauas merituulivoimapuiston ulkopuolelle, joten yhteisvaikutusten ilmeneminen edellyttäisi myös lähekkäin sijaitsevien kohteiden vesistörakentamista samana ajankohtana. Hankkeiden välisellä koordinaatiolla ja rakennuskohteiden ja ajankohtien suunnittelulla voidaan ehkäistä yhteisvaikutuksia.

Mikäli kaikki suunnittelussa olevat merialueen tuulivoimapuistot toteutuvat, nostavat ne kasvaneen estevaikutuksen myötä lintujen riskiä törmätä voimaloihin niiden muuttaessa alueen kautta. Muiden Natura-alueiden suojeluperusteena olevien lajien osalta yhteisvaikutuksia, joilla tunnistettaisiin olevan merkitystä eläimistölle, ei synny alueen sijoittuessa ulkomerelle. Merialueen muuhun eläimistöön kuten kaloihin ja merinisäkkäisiin kohdistuvia yhteisvaikutuksia on käsitelty luvuissa 5 ja 6.

11.6 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys

Suojelualueiden osalta arvioitiin muutokset kunkin kohteen suojeluperusteisiin, alueisiin kokonaisuutena sekä tarvittaessa Natura 2000 -alueiden kohdalla arviointia voi olla tarpeen laajentaa kattamaan Suomen tai jopa koko EU-alueen Natura-verkostoa laajemmin. Tyypillisesti kuitenkin suojelualueisiin kohdistuvat vaikutukset pyritään hankkeissa minimoimaan jo alustavassa suunnittelussa tai suunnittelun aikana, mikäli jonkin vaikutusmekanismin kautta havaitaan suojelualueille ulottuvan merkittävää haittaa aiheuttavia vaikutuksia.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merituulivoimapuisto

Seuraavaan taulukkoon (Taulukko 11-6) on koottuna Laineen merituulivoimapuiston toteutusvaihtoehtojen (VE1 ja VE2) arvioidut vaikutukset suojelualueisiin ja muihin luontoarvoiltaan merkittäviin kohteisiin verrattuna nykytilanteeseen ja hankkeen toteuttamatta jättämiseen (VE0) sekä rakentamisen että käytön aikana.

Rakentamisen aikaiset epäsuorat vaikutukset (lisääntyvä alusliikenne) vaihtoehdossa VE2 ovat hieman pienemmät kuin vaihtoehdossa VE1, sillä vaihtoehdossa VE2 voimaloiden määrä on vähäisempi. Molempien toteutusvaihtoehtojen kohdalla alueen herkkyys arvioitiin vähäiseksi, sillä alueella tai sen läheisyydessä 20 kilometrin säteellä ei sijaitse Natura-alueita tai suojelualueiden rajauksia. Kokonaisuudessaan rakentamisen aikaisten vaikutusten merkittävyys arvioitiin vähäiseksi kielteiseksi.

Merituulivoimapuiston toiminnan aikaiset vaikutukset suojelualueisiin liittyvät lähinnä linnustoon kohdistuvaan törmäysriskiin ja estevaikutukseen, niiden suojelu- tai Natura-alueilla pesivien lajien osalta, jotka käyvät esimerkiksi ruokailemassa merituulivoimapuiston alueella. Nämä vaikutukset arvioitiin vähäisiksi kielteisiksi.

Taulukko 11-6. Suojelualueisiin kohdistuva vaikutusten merkittävyys rakentamisen ja käytön aikana eri hankevaihtoehdoissa merituulivoimapuiston osalta.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus					Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen				VE1 VE2 *VE1 *VE2					
	Kohtalainen					VE0				
	Suuri									
	Erittäin suuri									

*vaikutukset toiminnan aikana

Merikaapelit/vetyputket

Oheiseen taulukkoon (Taulukko 11-7) on koottuna Laineen merituulivoimapuiston merikaapelien (MVE1–MVE5) ja vetyputkien (VVE1–VVE3) toteutusvaihtoehtojen arvioidut vaikutukset rakentamisen ja toiminnan aikana suojelualueisiin ja muihin luontoarvoiltaan merkittäviin kohteisiin verrattuna nykytilanteeseen ja hankkeen toteuttamatta jättämiseen (VE0).

Merikaapelien osalta eniten haittavaikutuksia suojelualueille arvioitiin olevan vaihtoehdoilla MVE4 ja MVE5, sillä reitit sijoittuvat suurimmalta alalta Luodon saaristo Natura-alueen rajaukselle ja luonnonsuojelualueille. Vähiten vaikutuksia arvioitiin aiheutuvan vaihtoehdosta MVE1.

Vetyputkien osalta eniten haittavaikutuksia suojelualueille arvioitiin olevan vaihtoehdolla VVE2 ja VVE3, jotka sijoittuvat eniten Luodon saaristo Natura-alueelle ja luonnonsuojelualueille. Vähiten vaikutuksia arvioitiin olevan vaihtoehdolla VVE1, joka sijoittuu etäämmälle suojelualuerajauksien ulkopuolelle.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merikaapelien ja vetyputkien toteutusvaihtoehtojen MVE1, MVE3, VVE1 kohdalla alueen herkkyys arvioitiin vähäiseksi, sillä reittivaihtoehdot sijoittuvat suojelualueiden rajauksien ulkopuolelle. MVE2 reitin osalta herkkyys on kohtalainen, sillä reitti sijoittuu suojelualueiden läheisyyteen, ja vaihtoehtojen MVE4, MVE5, VVE2 ja VVE3 suuri, sillä reitit sijoittuvat osittain Natura-alueiden ja suojelualueiden kohderajauksille.

Rakentamisen aikaisten vaikutusten merkittävyys arvioitiin vähäiseksi vaihtoehtojen MVE1, MVE3 ja VVE1 kohdalla, sillä suojelualueisiin arvioidaan kohdistuvan väliaikaisia ja lyhytkestoisia haittavaikutuksia. Vaihtoehtojen MVE2, MVE4, MVE5, VVE2 ja VVE3 osalta vaikutukset ovat kohtalaisen kielteisiä, sillä rakentamisesta aiheutuu sekä suoria että epäsuoria haittavaikutuksia suojelualueille.

Toiminnan aikana vaikutukset liittyvät lähinnä mahdollisiin huolto- ja korjaustöihin, jolloin vaikutukset olisivat samankaltaisia kuin rakennusvaiheessa, mutta paikallisia ja pienemmässä mittakaavassa. Näin ollen reittien MVE1, VVE1 ja MVE3 osalta vaikutukset arvioitiin merkityksettömiksi ja muiden reittien osalta vähäisiksi kielteisiksi.

Vaikutukset on arvioitu huomioiden mahdolliset lieventämismahdollisuudet (ks. 11.8) varovaisuusperiaatetta noudattaen.

Taulukko 11-7. Suojelualueisiin kohdistuva vaikutusten merkittävyys rakentamisen aikana ja toiminnan aikana eri hankevaihtoehdoissa merikaapelien ja vetyputkien osalta.

Vaikutuksen merkittävyys		**Negatiivinen**			**Muutoksen suuruus**					**Positiivinen**
		Erittäin suuri	**Suuri**	**Kohtalainen**	**Vähäinen**	**Ei muutosta**	**Vähäinen**	**Kohtalainen**	**Suuri**	**Erittäin suuri**
Kohteen herkkyys	**Vähäinen**				**MVE1 VVE1 MVE3**	***MVE1 *VVE1 *MVE3**				
	Kohtalainen			**MVE2**	***MVE2**	**VE0**				
	Suuri			**MVE4 VVE2 MVE5 VVE3**	***MVE4 *VVE2 *MVE5 *VVE3**					
	Erittäin suuri									

*vaikutukset toiminnan aikana

11.7 Arvioinnin epävarmuudet

Merituulivoimasta on vasta vähän käytännön kokemuksia Suomen olosuhteissa. Arviointiin sisältyy tiettyjä epävarmuustekijöitä, koska arviointityössä on ajoittain jouduttu käyttämään oletuksia sekä esimerkiksi ulkomaisia tutkimustuloksia kokemusperäisen ja Suomen olosuhteisiin perustuvan tiedon puuttumisen takia. Vaikutuksia Natura-alueisin ja luonnonsuojelualueisiin on arvioitu mm. laadittujen vaikutusten arviointien, kuten vesistövaikutusten arvioinnin pohjalta. Suunnitellun hankkeen vesistövaikutusten arviointi perustuu käytössä oleviin tutkimuksiin sekä YVA-menettelyä varten tehtyihin selvityksiin merituulivoimapuiston, merikaapelien ja vetyputkien alueilla. Epävarmuutta liittyy myös käytettyyn tutkimusaineistoon, jota ei selvitysalueen laaja mittakaava huomioon ottaen ole käytettävissä kuin osasta aluetta. Luontotyyppitiedot perustuvat osittain mallinnuksiin, joihin sisältyy epävarmuuksia, mutta aineistoa on myös täydennetty maastokartoituksin.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

11.8 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen

Merellä sähkönsiirron tai vedynsiirron osalta suojelualueille kohdistuvia suoria vaikutuksia voidaan suunnittelu- ja luvitusvaiheessa ehkäistä sijoittamalla merikaapelit tai vetyputki Natura-alueiden ja/tai suojelualueiden ulkopuolelle. Merikaapeli ja vetyputkireitit ovat neljän kilometrin levyisiä, joiden sisällä kaapelit/putki pyritään varovaisuusperiaatteen mukaisesti sijoittamaan mahdollisuuksien mukaan kauemmas Natura-alueista vaikutusten vähentämiseksi.

Rakentamisaikaisia vaikutuksia voidaan mahdollisuuksien mukaan lieventää kaapelin/putken asentamisajankohdan valinnalla huomioiden suojeltavat lajit. Meriasennuksissa on kuitenkin huomioitava toimintojen sääherkkyys sekä erityisesti Perämerellä lyhyt avovesikausi.

Suojelualueiden merinisäkkäiden ja merialueen kasvillisuuden osalta vaikutusten lieventämismahdollisuudet on esitetty luvussa 5.8, ja linnuston osalta luvussa 10.7.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

12 ILMANLAATU

YHTEENVETO

- Tässä YVA-selostuksen osassa A esitetty vaikutusarvio koskee YVA-menettelyssä käsiteltäviä merellä sijaitsevia toimintoja ja niihin liittyvää elinkaaren aikaista materiaalikäsittelyä myös mantereella. Erityisesti mantereen toiminnoista aiheutuvia ja mantereelle kohdistuvia ilmanlaadunvaikutuksia on käsitelty YVA-selostuksen osassa B.
- Merellä ilmanlaatuvaikutuksia aiheuttavat laivat ja työalukset, mutta merialueen avonaisuus ja hyvät tuuliolosuhteet laimentavat syntyviä ilmanlaadun vaikutuksia. Merituulivoimapuiston ja vedyntuotannon rakentamiseen liittyviä mantereelle kohdistuvia ilmanlaadun vaikutuksia syntyy esim. liikkumisesta rannikolle ja rakentamisen esivalmisteluista, jotka on esitelty tarkemmin YVA-selostuksen osa B:ssä
- Rakentamisen aikaiset vaikutukset ilmanlaatuun muodostuvat pääosin hankkeen rakentamiseen liittyvistä kuljetuksista, työalusten liikenteestä ja käytöstä sekä satamissa että merellä. Vaikutukset koostuvat ajoneuvojen polttoaineiden pakokaasupäästöistä. Lisäksi mantereella hankkeen merelle suunniteltavien rakenteiden vaatimista kuljetuksista voi olosuhteista riippuen aiheutua pölyämistä, mikä voi heikentää ilmanlaatua paikallisesti ja väliaikaisesti.
- Käytön aikaisten ilmanlaatua heikentävien vaikutusten arvioitiin koostuvan huolto- ja kunnossapitoliikenteestä.
- Käytöstä poiston vaikutukset ilmanlaatuun arvioitiin olevan hieman vähäisemmät kuin rakentamisen aikana, sillä voi olla, että esimerkiksi kaikkea rakentamiseen käytettyä ei välttämättä ole järkevää poistaa tai ei saada poistettua.
- Vaikutukset ilmanlaatuun arvioitiin kokonaisuudessaan vähäisiksi.

12.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Merituulivoimapuiston ja vedyntuotannon rakentamisen ja käytöstä poiston aikana hankkeesta voi aiheutua paikallisia vaikutuksia ilmanlaatuun pölyämisestä ja päästöistä ilmaan, joita aiheutuu työkoneista ja alusliikenteestä. Käytön aikana huoltoliikenteestä aiheutuu vähäisiä päästöjä ilmaan. Mantereella tapahtuu pölyämistä maansiirrosta ja kulkuvälineiden nostattamasta tiepölystä, kun matkustetaan rannikolle ja tehdään merirakentamisen esivalmisteluja, esim. betonin tuotantoa. Merellä ilmanpäästöjä aiheuttavat laivat ja työkoneet, mutta vähäpäästöisemmät polttoaineet ja meren ilmanpäästöjä laimentava vaikutus pienentävät vaikutusta ilmanlaatuun.

Muodostuvassa pölyssä on mukana hengitettäviä hiukkasia (PM_{10}) ja pienhiukkasia ($PM_{2,5}$). Pienempien kokoluokkien hiukkaspäästöt ovat peräisin alusliikenteen ja työkoneiden pakokaasupäästöistä. Pakokaasupäästöt koostuvat mm. hiilimonoksidista (häkä), hiilivedyistä, typen oksideista, rikkidioksidista, hiilidioksidista ja hiukkasista. Pienhiukkasiin kiinnitetään huomiota ilmanlaadun seurannoissa, koska mitä pienemmät hiukkaset ovat, sitä syvemmälle hengitysteitä ne kulkeutuvat hengitysilman mukana (*Ilmatieteen laitos 2023a*).

Hengitettävien ja pienhiukkasten lisäksi esimerkiksi polttoaineiden poltosta aiheutuu NO_x-päästöjä (eli typpipäästöjä), jotka voivat tehdä sateesta happaman (ns. happosateen) tai kertyä kuivana vesistöjen, rakennusten ja kasvillisuuden pinnalle ja huuhtoutuessaan vaikuttaa maaperään tai vesistöihin. Sama vaikutus on myös SO_x-päästöillä (eli rikkipäästöillä) (*EPA 2023a*). Ilman typen päästöjen osuus Itämeren kokonaistypestä on noin 24 % (*HELCOM 2023c*). Ilman typen päästöt voivat kulkeutua kaukaa ja suurin herkkyys niiden vaikutuksilla on mataliin ja pieniin vesistöihin. Happamien sateiden vaikutuksia on onnistuttu pienentämään vuosien aikana. Kuitenkin esimerkiksi Itämeren typpikuorma on silti liian suuri tavoitetasoon verrattuna ja sitä pyritään

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

monipuolisesti pienentämään myös poliittisin keinoin (esim. Baltic Sea Action Plan: ”Minimoidaan haitalliset ilmanpäästöt”) (*HELCOM 2023c*).

Vedyntuotannosta syntyy happipäästöjä, jotka johdetaan ilmaan tuotantolaitoksen läheisyydessä.

Vaikutusarvio koskee YVA-menettelyssä käsiteltäviä merellä sijaitsevia toimintoja ja niihin liittyvää elinkaaren aikaista materiaalikäsittelyä mantereella. Käsiteltäviä toimintoja ovat merituulivoimalat, sähkönsiirto merikaapeleilla, vedyn tuotanto, vedyn siirto sekä sedimenttien ruoppaus ja läjitys. Merituulivoimaloita koskevat vaikutukset arvioidaan elinkaaren aikaisista vaikutuksista merkittävimmiksi.

Vaikutusten arviointi on toteutettu sanallisesti perustuen luvun 13 kasvihuonekaasupäästölaskentaan sekä asiantuntija-arvioon. Arvioinnin on suorittanut ilmanlaatuvaikutuksiin perehtynyt asiantuntija.

12.2 Nykytila

Alueen lähimmät ilmanlaadun mittausasemat sijaitsevat mantereella Pietarsaaren keskustassa ja Luodossa. Luodon mittauspisteellä ilmanlaatuindeksi oli vuonna 2023 kokonaisuudessaan hyvä 99 % ja tyydyttävä 0,2 % (tyydyttävät sijoittuvat kesä-, heinä- ja joulukuulle). Pietarsaaren mittausasemalla ilmanlaatuindeksi oli suurimmaksi osin hyvä/tyydyttävä, mutta erityisesti keväisin indeksi on ajoittain huono tai jopa erittäin huono. Luodossa sijaitsevan mittauspisteen ilmanlaatuindeksi kuvaa kuitenkin paremmin hankealueen ilmanlaatua kuin Pietarsaaren keskustassa sijaitsevan. (*Ilmatieteen laitos 2023b)*

Laivojen päästöjä on vähentänyt vuonna 2015 voimaantullut rikkidirektiivi, joka vähensi Itämerellä käytettävien polttoaineiden rikkipitoisuuden rajaa 1 %:sta 0,1 %:iin. (*Norden 2013*)

12.3 Vaikutusten arviointi

12.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

Rakentamisen aikaiset vaikutukset ilmanlaatuun muodostuvat pääosin hankkeen rakentamiseen liittyvistä kuljetuksista (rakennusmateriaalit, ruoppausmassat), työalusliikenteestä sekä työkoneiden käytöstä. Rakentamisen aikaisia vaikutuksia ilmanlaatuun aiheuttavat merituulivoimapuiston (tuulivoimalat, sähkö/vedyntuotantoasemat), ja energiansiirtoreittien (MVEt/VVEt) sekä sedimenttien ruoppauksen ja läjityksen vaatimat kuljetukset ja muut tarvittavat toimet, kuten asennukset. Merituulivoimaloita koskevat vaikutukset arvioitiin näistä kohtalaisen kielteisiksi molempien hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 osalta niiden suuren materiaali- ja kuljetustarpeen vuoksi. Energiansiirtoreittien vaikutukset arvioitiin vähäisen kielteisiksi.

Hajautetussa vedyntuotannossa tuotantoasemat asennettaisiin merituulivoimaloiden torneihin, minkä voitiin arvioida puolestaan lisäävän jonkin verran rakentamisen aikaisia ilmanlaatuvaikutuksia verrattuna tilanteeseen, missä rakennettaisi vain merituulivoimaloita. Koska suunnitelmat ovat vielä osin alustavia ja tarkentuvat jatkosuunnittelussa, arviointiin jää epävarmuuksia.

Keskitetyssä vedyntuotantovaihtoehdossa rakennettaisiin 3–8 vedyntuotantolaitosta vastaavasti ja vastaaville paikoille merisähköasemien kanssa ja niiden rakentamisen aikaiset vaikutukset arvioitiin samankaltaisiksi kuin merisähköasemien rakentamisen vaikutukset.

Ilmanlaatuvaikutukset koostuvat ajoneuvojen ja työkoneiden polttoaineiden pakokaasupäästöistä. Merellä rakentamisessa saatetaan käyttää tietyissä vaiheissa apuna helikopteria. Tuulivoimarakentaminen vaatii runsaasti maa- ja kiviaineksia (luku 18) ja näitä merirakentamisessa hyödynnettäviä maa- ja kiviaineksia joudutaan todennäköisesti käsittelemään mantereella. Kiviaineksista muodostuva kiviainespöly on partikkelikooltaan suhteellisen suurikokoista ja hengitettävien hiukkasten sekä pienhiukkasten (PM_{10}, $PM_{2,5}$) osuus kiviainespölystä on pienempi. Suurikokoiset hiukkaset kulkeutuvat ilmassa vain lyhyitä matkoja. Pölyämisen vaikutukset ja suurimmat pitoisuudet rajoittuvat toiminnallisen alueen välittömään läheisyyteen eli työmaa-alueelle mantereella tai

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

rakentamisalueelle merellä. Maa- ja kiviainesten pölypäästöjen aiheuttama haitta on luonteeltaan ympäristön likaantumista ja viihtyvyyshaittaa. Lisäksi liikenteestä voi olosuhteista riippuen aiheutua myös mantereella pölyämistä, esim. maa- ja kiviainesten käsittelystä, mikä voi heikentää ilmanlaatua paikallisesti ja väliaikaisesti.

Pölyä hallitaan pitämällä mantereen liikenneväylät siistinä ja tarvittaessa mantereen työmaa-alueen kastelulla pölyävässä kohteessa.

Näiden tekijöiden vaikutusten arvioitiin olevan mantereella paikallisia ja väliaikaisia, eikä niillä ole merkittävää vaikutusta ilmanlaatuun. Merellä vaikutukset ovat paikallisia ja väliaikaisia, sekä hyvistä tuuliolosuhteista johtuvan laimenemisen myötä vähäisiä.

12.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset

Toiminnan aikaisia suoria vaikutuksia ilmanlaatuun ei arvioida aiheutuvan, sillä tuulivoimalla tuotettu energia ei aiheuta ilmapäästöjä. Vedyn tuotannossa elektrolyysiprosessissa syntyy happea, joka todennäköisesti johdetaan ilmaan. Vedyn tuotannolla ei siten ei arvioida olevan suoria kielteisiä vaikutuksia ilmanlaatuun merialueella.

Toiminnan aikaisten ilmanlaatua heikentävien välillisten vaikutusten arvioitiin koostuvan huoltoja kunnossapitoliikenteestä. Ilmanlaatua heikentävät merelle sijoittuviin toimintoihin liittyvät vaikutukset arvioitiin mantereella ja merellä hyvin vähäisiksi, paikallisiksi ja väliaikaisiksi.

Jos tuotettavalla energialla (sähköllä tai vedyllä) korvataan polttamiseen perustuvaa energian tuotantoa muualla, vältetään savukaasupäästöjen syntymistä, esimerkiksi polttolaitoksilla tai liikenteessä. Energiantuotantolaitoksien ilmanpäästöt riippuvat pitkälti tuotantomäärän tarpeesta sekä laitteistojen kehityksestä ja niiden päivityksistä. Yleisesti energiantuotannon ilmanlaatuun vaikuttaville päästöille on kuitenkin suhteellisen tiukat raja-arvot. Liikenteessä vetyä tai siitä valmistettavia ns. sähköpolttoaineita (e-polttoaine) voidaan hyödyntää niin meri-, ilma kuin maaliikenteessä, ja sähköä ainakin maaliikenteessä. Positiivista vaikusta ei oteta huomioon merkittävyyden arvioinnissa sen todennettavuuden vaikeuden vuoksi.

12.3.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset

Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset ilmanlaatuun arvioitiin olevan hieman vähäisemmät kuin rakentamisen aikana, sillä voi olla, että esimerkiksi kaikkea rakentamiseen käytettyä materiaalia ei välttämättä voida poistaa, saada poistettua tai ole ympäristöllisesti järkevää poistaa, esimerkkinä mahdolliset eroosiosuojaukset ja perustukset. Tällöin jätemateriaalikuljetuksia tarvitaan vähemmän ja kuljetuksista aiheutuvia pakokaasupäästöjä muodostuu vähemmän. Vähäisemmästä liikennöinnistä johtuen olosuhteista riippuen aiheutuva pölyäminen on tällöin myös vähäisempää. Ilmanlaatua heikentävät vaikutukset arvioitiin melko vähäisiksi, paikallisiksi ja väliaikaisiksi. Merituulivoimaloita koskevat vaikutukset arvioitiin hankkeen rakenteiden purkamiseen liittyen kaikista osa-alueista merkittävimmiksi niiden suuren materiaali- ja kuljetustarpeen vuoksi.

12.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

Hankkeen toteuttamatta jättäminen ei vaikuta alueen ilmanlaatuun tai muuta sitä. Toisaalta tällöin ei myöskään saavuteta mahdollista muualla saavutettavaa ilmanlaadun paranemista, sillä puhtaampi energiantuotanto jää rakentamatta.

12.4 Yhteisvaikutukset

Ruotsin puolelle noin kilometrin etäisyydelle Laineesta sijoittuva Kappa -merituulivoimahanke saattaa ajoittua rakentamisen osalta osittain samalle ajankohdalle Laineen hankkeen kanssa (*Njordr Offshore Wind AB 2022*). Tämä saattaa aiheuttaa kielteisiä ilmanlaatuun kohdistuvia yhteisvaikutuksia, jotka kuitenkin laimenevat merituulen ansiosta sekä jäävät paikallisiksi. Vaikutukset voivat huonontaa paikallisesti ilmanlaatua, mutta vaikutukset arvioitiin vähäisiksi ja

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

kestoltaan rajallisiksi. Viimeisimmän tiedon mukaan Kappan hankealuetta on muutettu siten, että se on kiinni talousvyöhykkeen rajassa, ollen nyt noin 100 metrin etäisyydellä Laineen hankealueesta *(Statkraft Offshore Wind AB 2024*), mutta muutos ei vaikuta vaikutusarviontiin.

Toiminnan aikana huoltoliikenteestä voi aiheutua välillisiä yhteisvaikutuksia Kappan ja Laineen hankkeen osalta, jotka kuitenkin arvioitiin vähäisiksi.

12.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys

Merellä ilmanlaadun vaikutukset ovat pienemmät kuin mantereella, koska siellä avonainen merialue laimentaa ilmanlaadun vaikutuksia mantereeseen verrattuna. Mantereella paikallisesti ilmanlaatuun vaikuttaa eniten mahdollinen maa- ja kiviaineksen murskaus merellä tapahtuvaa rakentamista varten (mantereen toiminnot käsitelty YVA-selostuksen B-osassa). Lisäksi merirakentamiseen liittyvien materiaalien (kuten kiviaines) kuljetuksista aiheutuu pölyämistä ja pakokaasupäästöjä. Merituulivoimaloita koskevat vaikutukset arvioitiin kaikista rakennettavista toiminnoista merkittävimmiksi sen suuren materiaali- ja kuljetustarpeen vuoksi.

Rakentamisen aikana kohteen herkkyys arvioitiin kaikissa toiminnoissa kokonaisuudessaan vähäiseksi, johtuen meren ilmanpäästöjä laimentavasta vaikutuksesta ja siten pienemmistä vaikutuksista ihmisiin. Merituulivoimapuiston molemmissa hankevaihtoehdoissa (VE1 ja VE2) muutoksen suuruus arvioitiin kohtalaiseksi kielteiseksi, koska liikenteen määrän arvioitiin olevan rakentamisen aikana suurta ja se voi olla rakentamisen vuoksi paikoin pidempää kuin hetkellistä. Hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 väliset erot ilmanlaatuun kohdistuvien vaikutusten osalta arvioitiin huomaamattomiksi johtuen merialueen hyvistä tuuliolosuhteista ja ilmapäästöjen tehokkaasta laimenemisesta. Vaikka vaihtoehdossa VE1 voimaloiden määrä on suurempi, ovat vaihtoehdon VE2 voimalat suurempia, joten kuljetusten aiheuttamissa ilmanlaatuvaikutuksissa ei arvioitu olevan merkittävää eroa. Energiansiirtoreittien (MVE1-MVE5, VVE1-VVE3) rakentamisen vaikutukset arvioitiin suuruudeltaan vähäisiksi kielteisiksi. Kokonaisuudessaan kaikkien vaikutusten merkittävyys rakentamisen aikana arvioitiin vähäisiksi kielteisiksi.

Taulukko 12-1. Vaikutusten merkittävyys ilmanlaatuun eri hankevaihtoehdoissa rakentamisen aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus					Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen			VE1 VE2	MVE1-MVE5 VVE1-VVE3	VE0				
	Kohtalainen									
	Suuri									
	Erittäin suuri									

Toiminnan aikainen kohteen herkkyys arvioitiin vähäiseksi, johtuen meren ilmanpäästöjä laimentavasta vaikutuksesta. Muutoksen suuruus arvioitiin hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 sekä energiansiirtoreittien vaihtoehtojen (MVE1-MVE5 tai VVE1-VVE3) osalta vähäiseksi kielteiseksi, koska

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

ilmanlaatua heikentävän liikenteen määrän arvioitiin tuottavan vain hetkellisiä ja vähäisiä paikallisia vaikutuksia. Merituulivoima on toimintavaiheessa päästötöntä ja vedyntuotannosta aiheutuu ainoastaan happipäästöä ilmakehään, jolla ei arvioida olevan suoria kielteisiä vaikutuksia merialueella.

Taulukko 12-2. Vaikutusten merkittävyys ilmanlaatuun eri hankevaihtoehdoissa käytön aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus					Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen				VE1 VE2 MVE1-MVE5 VVE1-VVE3	VE0				
	Kohtalainen									
	Suuri									
	Erittäin suuri									

12.6 Arvioinnin epävarmuudet

Hiukkaspäästöjen leviämiseen vaikuttavat vuodenajat ja sääolosuhteet. Esimerkiksi kova tuuli levittää rakentamisen aikana syntyviä hiukkasia kauemmaksi hankealueelta. Kuivina ajanjaksoina maa pölisee herkemmin mantereella.

Arvioinnin tekovaiheessa tarkempi rakentamisen suunnittelu on ollut vielä yleistasoinen.

12.7 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen

Merellä syntyviä ilmanlaatuhaittoja lieventää merituuli. Muuten mm. rakentamisen vaiheistuksella voidaan vaikuttaa paikallisten ilmapäästöjen suuruuteen.

Merelle rakentamista varten kuljetetaan materiaaleja mantereelta satamasta ja osa materiaaleista kuljetetaan satamaan mantereella, jossa ilmanlaadusta aiheutuu merialuetta enemmän haittaa johtuen vähäisemmästä ilmapäästöjen laimenemisesta sekä vaikutuksista ihmisiin ja eliöstöön. Mantereella, ranta-alueilla teiden pölyämistä on mahdollista vähentää kastelulla kuivina ajanjaksoina ja käyttämällä alueella olevia päällystettyjä teitä silloin kuin se on mahdollista. Kiviaineskuljetusten pölypäästöjä voidaan vähentää esimerkiksi hiljentämällä asutuksen kohdalla ajonopeutta. Ympäröivä kasvillisuus tai muut fyysiset esteet estävät tehokkaasti hiukkasten leviämistä, mutta toisaalta fyysiset esteet estävät hiukkasten pitoisuuden laimenemista ympäröivään ilmaan.

Merellä pakokaasujen ilmanpäästöjen syntymistä voidaan lieventää optimoimalla käytettävät kuljetusreitit mahdollisimman lyhyiksi, hyödyntämällä taloudellista alusten liikennöintiä tai käyttämällä sähköpolttoaineita tai vähäpäästöisiä polttoaineita. Rakentamisen- ja käytönajan sekä toiminnan päättämisen päästöjä saadaan vähennettyä valitsemalla käyttöön vähäpäästöistä, asianmukaisesti huollettua kalustoa.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

13 ILMASTO

YHTEENVETO

- Ilmastoarviointi on esitetty kokonaisuudessaan ilmastovaikutusten arvioinnin erillisliitteessä 14.
- Hankkeen ilmastohyötyjen saavuttaminen edellyttää hankkeen toteuttamista niin merellä kuin mantereella. Sen vuoksi hankkeen toimintojen aiheuttamia ilmastovaikutuksia ei voida jakaa maantieteellisen sijoittumisen perusteella.
- Tässä YVA-selostuksen A-osiossa esitetään tiiviisti erillisen ilmastolaskennan tulokset sekä hankkeen kokonaisvaikutusten arviointi, mikä tarkoittaa kaikkia hankkeen merelle ja mantereelle sijoittuvien toimintojen vaikutusten arviointia. YVA-selostuksen B-osassa on keskitytty enemmän mantereen päästöjen esittämiseen, mutta niiden vaikutusarviointi sisältyy tähän asiakirjaan A.
- Merituulivoimahankkeen arvioitiin olevan ilmaston kannalta merkittävästi positiivinen.
- Merituulivoimahanke aiheuttaa sekä suoria ilmastopäästöjä että hiilinielujen ja -varastojen pienenemistä elinkaarensa aikana. Suurimmat negatiiviset vaikutukset liittyvät tuulivoimaloiden rakentamiseen.
- Hankkeen aiheuttamat suorat päästöt ja hiilinielujen pieneneminen kompensoituu sillä, että Suomen sähköntuotannon kokonaispäästöt pienenevät nykyisestä (53 tCO_2e/GWh → 11 tCO_2e/GWh).
- Hankkeen **<u>kokonaispäästöt (sisältäen kaikki merelle ja mantereelle sijoittuvat toiminnot):</u>**
    - Hankkeen suuret myönteiset ilmastovaikutukset syntyvät siitä, että voimaloiden sähköntuotanto tulisi arviolta olemaan 11 000 GWh vuodessa.
    - Jos hankkeessa tuotetaan 100 % sähköä, kokonaispäästöjen vaihteluväli on noin 10,9–11,1 tCO_2e/GWh:
        - Minimipäästöt ovat toteutusvaihtoehdossa MVE2b (5 merikaapelia) yhdistettynä vaihtoehtoon SVE2b ja MVE5b (5 merikaapelia) yhdistettynä vaihtoehtoon SVE4.
        - Maksimipäästöt ovat toteutusvaihtoehdossa MVE1a (5 merikaapelia) yhdistettynä vaihtoehtoon SVE1a ja MVE3 (5 merikaapelia) yhdistettynä vaihtoehtoon SVE3a.
    - Jos hankkeessa tuotetaan 100 % vetyä, kokonaispäästöjen vaihteluväli on noin 9,8–9,9 tCO_2e/GWh.
        - Minimipäästöt ovat VVE1 toteutusvaihtoehdossa.
        - Maksimipäästöt ovat vaihtoehdoissa VVE2 ja VVE3, jotka ovat lähes saman pituiset.
    - Vaihtoehdossa VE0 arvioidaan tilanne, jossa tuulivoimapuistoa ei toteuteta eikä siten uutta uusiutuvaa sähköä tuoteta. VE0 on laskettu seuraavilla vaihtoehdoilla:
        - VE0, 100 % sähkö, jos sähkö on verkkosähköä (ennuste): noin 53 tCO_2e/GWh

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

  - VE0, 100 % vety, jos vety on tuotettu tavanomaisilla, pääosin fossiiliseen metaaniin perustuvilla tuotantomenetelmillä: noin 233 tCO_2e/GWh
  - VE0, 100 % vety, jos vety on tuotettu verkkosähköllä (ennuste): noin 53 tCO_2e/GWh
  - VE0, 100 % vety, jos vedyn sijasta käytetään polttoaineena LNG:tä: noin 150 tCO_2e/GWh
- Hankkeen **merelle sijoittuvasta toiminnasta aiheutuvat päästöt (merituulivoima, vedyn tuotanto, sisäinen kaapelointi/vetyputket, merisähköasemat, energiansiirto mantereelle, meriläjitys):**
  - Tuotettaessa 100 % sähköä, eriteltyjen merelle sijoittuvien toimintojen päästöjen osuus kokonaispäästöistä on minimivaihtoehdossa 92 % ja maksimivaihtoehdossa 90 %. Merelle sijoittuvien toimintojen päästöjen vaihteluväli on kokonaisuudessaan noin 3 837 700–3 837 800 tCO_2e ja tuotettua sähköä kohden keskimäärin noin 10,0 tCO_2e/GWh.
  - Eriteltyjen merelle sijoittuvien toimintojen päästöjen osuus kokonaispäästöistä on vetyä tuotettaessa 99,8 %. Merelle sijoittuvien toimintojen päästöt 100 % vetyä tuotettaessa ovat vaihteluväliltään noin 3 768 000–3 790 000 tCO_2e ja tuotettua sähköä kohden keskimäärin noin 9,8 tCO_2e/GWh.
- Kaikkien hankevaihtoehtokombinaatioiden päästöjen arvioitiin olevan merkittävästi pienemmät kuin hankkeen toteuttamatta jättämisen vaihtoehdon VE0 päästöt.
- Mikäli tuulisähköllä korvataan ennusteen mukaista verkkosähköä Suomessa, positiiviset vaikutukset ylittävät negatiiviset vaikutukset noin kolmannen tuotantovuoden jälkeen. Tarkasteltaessa vedyn käyttöä laivojen polttoaineena verrattuna LNG:hen, positiiviset vaikutukset ylittävät negatiiviset vaikutukset noin kahden tuotantovuoden jälkeen.
- Hankkeella (merelle ja mantereelle sijoittuvat toiminnot) arvioitiin olevan ilmaston kannalta hyvin merkittävä positiivinen vaikutus – toiminnan aikana hankkeella arvioitiin olevan suuri myönteinen vaikutus, kun tuotetaan 100 % sähköä ja erittäin suuri vaikutus kun tuotetaan 100 % vetyä. Uusiutuvan energian tuotanto on erittäin suuresti ilmastotavoitteiden mukaista. Rakentamisen aikana vaikutusten arvioitiin olevan suuresti negatiiviset. Itse rakentaminen ei ole suoraan päästövähennystavoitteiden mukaista, mutta sen avulla saavutetaan tavoitteiden mukainen energiainfrastruktuuri ja siten suuri/erittäin suuri positiivinen kokonaisvaikutus.

13.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Ilmastoarviointi on esitetty kokonaisuudessaan liitteessä 14. Tässä YVA-selostuksen A-osiossa esitetään tiiviisti erillisen ilmastolaskennan tulokset sekä hankkeen kokonaisvaikutusten arviointi, mikä tarkoittaa kaikkia hankkeen merelle ja mantereelle sijoittuvien toimintojen vaikutusten arviointia. YVA-selostuksen B-osassa on keskitytty enemmän mantereen päästöjen esittämiseen, mutta niiden vaikutusarviointi sisältyy tähän asiakirjaan A. Kokonaistulokset on esitetty kaikista hankkeen osioista merellä ja mantereella, koska hankkeen merkittävyyden arviointi voidaan tehdä luotettavasti vain kokonaistuloksista.

Hanke vaikuttaa positiivisesti ilmastonmuutokseen vähentämällä sähköntuotannossa syntyviä kasvihuone- ja savukaasupäästöjä. Vaikutusarvioinnissa laskettiin tuulivoimalla vältetyt päästöt verrattuna tulevaisuuden skenaarioon energian (sähkö ja vety) päästökehityksestä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Hankkeen kielteisiä ilmastovaikutuksia arvioitiin laskemalla hankkeen hiilijalanjälki eli sen elinkaaren aikaiset kasvihuonekaasupäästöt. Eri toteutusvaihtoehdoista aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt arvioitiin laskennallisesti perustuen suunnittelutietoihin. Päästöt laskettiin niille hankkeen eri vaihtoehdoille, joilla arvioitiin olevan pienimmät ja suurimmat päästöt. Näin saatiin selville hankkeen päästövaikutuksen vaihteluväli. Tarkasteltavia tilanteita oli kaksi, joista toisessa tuotetaan 100 % sähköä ja toisessa 100 % vetyä. Oheisessa taulukossa (Taulukko 13-1) on selvennetty lasketut vaihtoehdot. Kun tuotteena on 100 % sähköä, toteutetaan todennäköisesti kaksi sähkönsiirtoreittiä. Puolestaan kun tuotetaan 100 % vetyä, toteutetaan todennäköisesti yksi vedynsiirtoreitti.

Taulukko 13-1. Laskennassa tarkastellut toteutusvaihtoehdot, jotka on tarkasteltu kokonaisuudessaan.

Vaihtoehdot	Rakentaminen	Käyttö	Käytöstä poisto
Tuotteena 100 % sähkö minimi- ja maksimitilanteessa. • Minimivaihtoehto: MVE2b + SVE2b ja MVE5b + SVE4 • Maksimivaihtoehto: MVE1a + SVE1a ja MVE3 + SVE3a	Tuulivoimalat 2x sähkön siirtoreitit merellä ja maalla Merisähköasemat ja mantereen sähköasemat Hiilinielu- ja hiilivarastomenetykset maalla	Sähkön tuotanto	Tuulivoimalat 2x Sähkönsiirtoreitit merellä ja maalla Merisähköasemat ja mantereen sähköasemat Hiilinielu- ja hiilivarastomenetykset maalla
Tuotteena 100 % vety minimi- ja maksimitilanteessa. • Minimivaihtoehto: VVE2 / VVE3 • Maksimivaihtoehto: VVE1	Tuulivoimalat Vedyn tuotantoinfrastruktuuri 1x vedyn siirtoreitti Vetysäiliöt maalla Hiilinielu- ja hiilivarastomenetykset maalla	Vedyn tuotanto	Tuulivoimalat Vedyn tuotantoinfrastruktuuri 1x vedyn siirtoreitti Vetysäiliöt maalla Hiilinielu- ja hiilivarastomenetykset maalla

Laskelmien perusteella arvioitiin hankkeen merkitys ilmastonmuutoksen hillinnässä. Lisäksi tarkasteltiin toimenpiteitä, joilla hankkeen suoria tai epäsuoria päästöjä voidaan lieventää.

Lisäksi arvioinnissa tarkasteltiin hankkeen elinkaaren aikana muodostuvien kasvihuonekaasupäästöjen vaikutuksia päästöjen vähentämistavoitteisiin alueellisella ja kansallisella tasolla. Arvioinnissa huomioitiin myös ilmastonmuutokseen sopeutuminen erityisesti sään ääri-ilmiöiden vaikutuksen kannalta hankkeen elinkaaren aikana.

Hankkeen YVA-selostuksessa on esitetty laskentaan perustuva tiivis kuvaus ilmastovaikutuksista sekä lisäksi on kuvattu vaikutusten arvioinnin lähtöoletukset, laskentamenetelmät ja epävarmuudet.

Ilmastovaikutustenarvioinnissa hyödynnettiin IMPERIA-menetelmää, mutta vaikutuskohteen herkkyyden arviointi tehtiin hieman muista osioista poikkeavilla periaatteilla, jotka on kuvattu luvussa 13.5.3 ja liitteessä 14.

Arvioinnin suoritti ilmastovaikutuksiin perehtynyt asiantuntija.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

13.1.1 Laskennan lähtötiedot

Ilmastovaikutuksia arvioitiin laskennallisesti määrittämällä hankkeen sekä merelle että mantereelle sijoittuvien toimintojen elinkaaren aikaiset kasvihuonekaasupäästöt, eli hankkeen elinkaaren hiilijalanjälki, ja vertaamalla niitä vaihtoehdon VE0 tilanteeseen, eli hankkeen toteuttamatta jättämiseen. Lisäksi arvioinnissa laskettiin hankkeen vaikutus hiilinieluihin ja -varastoihin sekä arvioitiin ilmastonmuutoksen vaikutusta hankkeeseen ja hankkeen sopeutumista ilmastonmuutokseen.

Hankkeen päästölaskennassa huomioitiin hiilidioksidin (CO_2) lisäksi muut kasvihuonekaasupäästöt, joita ovat metaani (CH_4), typpioksiduuli (N_2O) ja ns. F-kaasut. Laskennan tulokset ilmoitetaan hiilidioksidiekvivalentteina (CO_2e), jossa kaikki laskentaan sisältyvät kaasut ovat yhteismitallistetussa muodossa.

Laskennan osakokonaisuudet jaettiin rakennusvaiheen, käytön ja käytöstä poiston päästöihin. Mahdollisuuksien mukaan laskennassa hyödynnettiin valmiita verifioituja LCA-tutkimuksia, mutta tilanteissa, joissa LCA:ita ei ollut käytettävissä, laskettiin päästöt materiaaliperusteisesti. Päästölaskennassa hyödynnettiin Infrarakentamisen vähähiilisyyden arviointimenetelmää (*Väylävirasto 2023a*). Laskentamenetelmän vertautuvuus rakentamisen standardien osa-alueisiin on esitetty taulukossa 13-2.

Taulukko 13-2. Laskentaan sisällytetyt päästölähteet ja niiden vertautuvuus standardiin.

Osio	Sisältää	Vertautuvuus rakentamisen standardeihin (esim. SFS-EN 15978:2011)
Rakentamisen aikaiset päästöt	Materiaalivirtojen päästöt (raaka-aineiden kaivaminen ja valmistaminen)	A1–A3
	Materiaalikuljetukset työmaalle	A4
	Rakentamisen ja puuston hakkuun polttoaineen kulutus	A5
Toiminnan aikaiset päästöt	Käyttö	B1
	Kunnossapito ja korjaaminen	B2–B3
Toiminnan päättymisen jälkeiset päästöt	Purkamisen polttoaineen kulutus	C1
	Purettujen materiaalivirtojen kuljetus ja käsittely	C2–C3

Hankkeen elinkaari yhdenmukaistettiin tuulivoimaloiden elinkaaren mukaisesti 35 vuoden ajalle, vaikka todellisuudessa sähkönsiirron elinkaari on 80 vuotta. Sähkönsiirron osalta oletus on järkevä, koska sähkönsiirron päästöjen suuruus riippuu enimmäkseen siitä, kuinka paljon sähköä tuotetaan. Hiilinielujen osalta menetykset jatkuvat niin pitkään, kun hiilinielu ei pääse kasvamaan. Jos elinkaarilaskenta venytettäisiin noin 80 vuoteen, syntyisi toiminnan aikaisia päästöjä arviolta yhtä paljon vuotta kohden kuin lyhyemmällä elinkaarella. Rakentamisen ja purkamisen osalta pidempi elinkaari lisäisi päästöjä, koska esimerkiksi tuulivoimaloiden rakentaminen, purkaminen tai korjaaminen tehtäisiin uudelleen puolessa välissä elinkaarta.

Kokonaistuloksia tarkasteltiin skenaarioittain tuotettavien tuotteiden kautta ja lasketut kasvihuonekaasupäästöt ilmoitetaan tuotettavaa sähköenergian yksikköä kohden. Tuotevaihtoehdot ovat

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

sähkö ja vety, ja päästöt laskettiin tilanteille, joissa tuotetaan 100 % sähköä tai 100 % vetyä. Maksimi-minimilaskennalla laskettaessa saadaan selville hankkeen hiilijalanjäljen vaihteluväli.

13.1.1.1 Merituulivoimapuisto

Merituulivoimapuiston ilmastovaikutukset on jaettu rakentamisen aikaisiin, toiminnan aikaisiin ja toiminnan päättymisen jälkeisiin vaikutuksiin. Vaihtoehtojen VE1 ja VE2 ilmastovaikutuksien arvioinnissa käytettiin taulukossa (Taulukko 13-3) esitettyjä oletuksia.

Taulukko 13-3. Tuulivoiman ilmastovaikutusten laskennassa käytetyt oletukset.

Oletus	VE1	VE2
Tuulivoimaloiden määrä [kpl]	150	113
Tuulivoimaloiden yksikköteho [MW/voimala]	15	25
Vuosittainen sähköntuotanto [TWh/v]	11	11
Käyttöikä [v]	35	35

Laskennassa käytetyt lähteet on esitetty taulukossa 13-4.

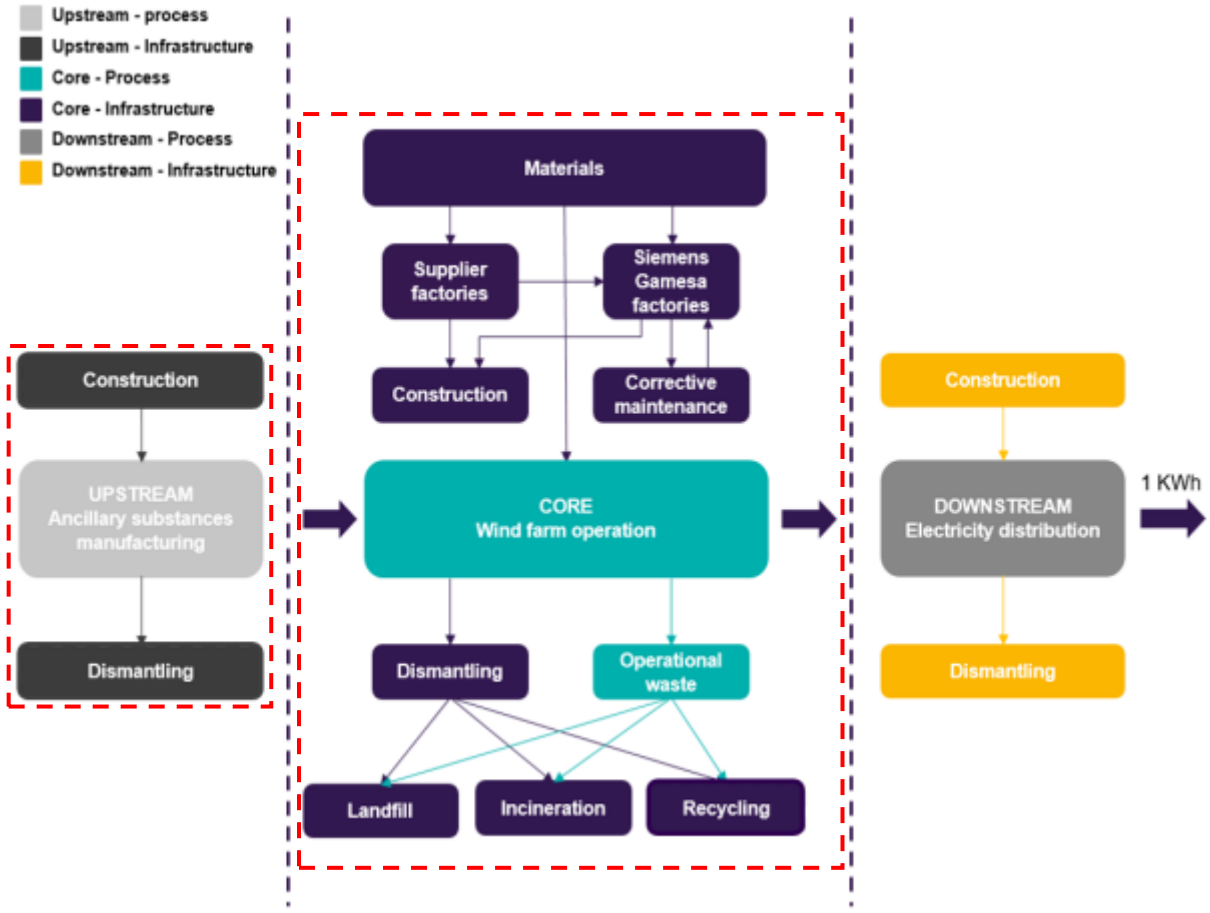
Taulukko 13-4. Tuulivoiman ilmastovaikutusten arvioinnissa käytetyt lähteet.

Kohde	Tiedonlähde
Tuulivoimapuiston elinkaaripäästöt	Siemens Gamesa 2023. Electricity from a European offshore wind farm using SG 14-236 wind turbines. EPD. Saatavilla: https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/ed639d2a-69c6-402e-da38-08dbb377d685/Data Rakentamisen, käytön ja käytöstä poiston osuudet päästöistä arvioitiin Ecoinventin merituulivoiman kertoimen mukaan: Ecoinvent, Electricity production, wind, 1–3 MW turbine, offshore – FI.

Rakentaminen, käyttöaika ja käytöstä poisto

Merituulivoimaloiden päästökertoimeksi valittiin Siemens Gamesan tekemä EPD (Environmental Product Declaration) SG 14-236 -merituulivoimalla tuotetulle sähköntuotannolle. EPD on verifioitu kolmannen osapuolen toimesta. Tämä valikoitui päästökertoimeksi, koska kyseessä on suurin merituulivoimalakoko, jolle on saatavilla päästökerroin. Elinkaarilaskennan rajaus on esitetty kuvassa 13-1.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 13-1. Käytetyn tuulivoimapäästökertoimen systeemirajaus. Tuulivoiman päästölaskennassa hyödynnettiin osioita "Upstream - process", "Upstream - Infrastructure", "Core - Process" ja "Core – Infrastructure". (Siemens Gamesa 2023)

EPD:ssä merituulivoimalan elinkaareksi on määritetty 25 vuotta ja voimalatehoksi 14 MW. Tässä arvioinnissa laskettavien voimaloiden elinkaareksi arvioitiin 35 vuotta sekä voimalatehoksi 15 MW vaihtoehdossa VE1 ja 25 MW vaihtoehdossa VE2. Tämä eroavaisuus tuo voimaloiden tulokseen hieman yliarviota. Voimalakoon kasvun ei oleteta kasvattavan päästökerrointa, sillä yleensä koon kasvaessa myös tuotettu sähkönmäärä kasvaa. Lisäksi "Core – Infrastructure" päästökertoimen jakaminen rakentamiselle, käytölle ja käytöstä poistolle osoittautui haastavaksi, sillä päästökertoimia ei ollut lähtökohtaisesti jaoteltu elinkaaren vaiheisiin, joten jaon arvioinnissa hyödynnettiin Ecoinventin tietoja.

Käytetyt päästökertoimet ja niiden jakoon tehdyt oletukset on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 13-5).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

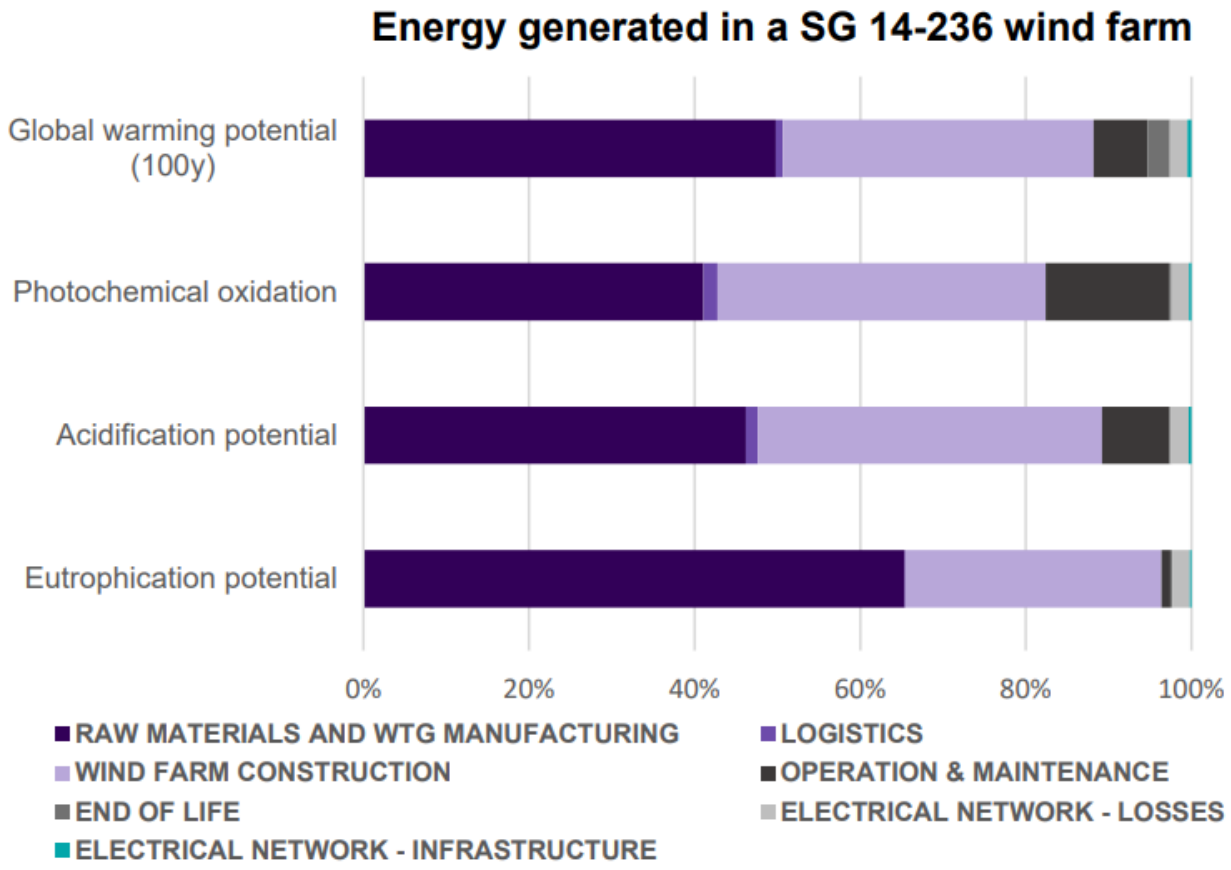
Taulukko 13-5. Tuulivoimapuiston laskennan perustana käytetyt päästökertoimet (Siemens Gamesa 2023).

	Tuotantoketjusta tulevat päästöt (Upstream) ***→ Toiminnan aika***	**Ydinprosessi (Core)** ***→ Toiminnan aika***	**Voimalat ja infra (Core – Infrastructure)** ***→ Rakentaminen 96 %, käytön ajalta 3 % ja käytöstä poisto 1 %***	**Yhteensä**
[gCO_2e/kWh]	0,01	0,54	8,79	9,33

Upstream-päästöt koostuvat erilaisten toiminnan vaatimien apuaineiden kuten hydrauliikkaöljyn päästöistä. Core – Process -päästöt syntyvät toiminnan aikaisten huoltotoimenpiteiden vaatimista polttoaineista ja niiden yhteydessä syntyvien jätteiden käsittelystä sekä esimerkiksi voimalan energiahäviöistä. Core – Infrastructure käsittää kaikki tuulivoimaloiden materiaalien valmistukseen, rakentamiseen, purkamiseen ja jätteiden käsittelyyn liittyvät päästöt, jotka on jaettu erikseen rakentamisen, käyttöajan ja käytöstä poiston päästöihin.

Arvioinnissa käytetyn tuulivoimalan elinkaaren vaikutuksien ilmastopäästöjen ja muiden ympäristöpäästöjen jakautuminen on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 13-2). Kuvasta nähdään, että suurin osa ilmastopäästöistä (Global warming potential -rivi) muodostuu raaka-aineiden ja turbiinien valmistuksessa. Toinen merkittävä päästölähde on tuulivoimapuiston rakentamisen päästöt. (*Siemens Gamesa 2023*)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 13-2. Ympäristövaikutuksien jakautuminen tuulivoimalan elinkaaren aikana (Siemens Gamesa 2023).

Päästöt laskettiin edellä esitetyin päästökertoimin kunkin hankevaihtoehdon sähköntuotantomäärien mukaisesti. Vaihtoehdoissa VE1 ja VE2 tuotetun sähkön määrä on 11 000 GWh/vuosi.

13.1.1.2 Sähkönsiirto merellä ja merisähköasemat

Sähkön siirron ja merisähköasemien päästöt arvioitiin materiaaliperusteisesti. Seuraavassa taulukossa (Taulukko 13-6) on esitetty laskennassa käytetyt oletukset. Määrät on arvioitu pääosin hankekehittäjän toimesta, minkä lisäksi ilmasto-osion arvioija on tehnyt oletuksia kuljetuksien osalta. Käytön aikainen sähkö on oletettu olevan alueen voimaloissa tuotettua sähköä. Kuljetukset on arvioitu kahteen suuntaan. Tuulivoimapuiston alueella olevat sähkönsiirtokaapelit on oletettu kuuluvan tuulivoimaloiden päästökertoimeen. Tässä laskettavat kaapelit ovat siirtokaapeleita tuulivoimapuistosta mantereelle.

Merikaapelien osalta kasvihuonekaasupäästöt laskettiin vaihtoehdoille MVE1a, MVE2b, MVE3 ja MVE5b, jotka kaikki sisältyvät joko minimi- tai maksimivaihtoehtoon. Minimi- ja maksimivaihtoehdossa toteutetaan kummassakin kaksi sähkönsiirtoreittiä. Jokainen reitti sisältää 5 merikaapelia ja lopputoteutuksessa on mukana 10 merikaapelia. Siirrettäessä sähköä syntyy aina myös sähkönsiirtohäviöitä. Sähkönsiirtohäviöiden päästöt jaetaan koko sähkönsiirtoinfran (merikaapeli + maakaapeli + voimajohto) kesken pituuden perusteella.

Taulukko 13-6. Merellä tapahtuvan sähkönsiirron ilmastovaikutusten laskennassa käytetyt oletukset.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Oletus	MVE1a, max	MVE2b, min	MVE3, max	MVE5b, min
Merisähköasemien määrä [kpl]	8	8	8	8
Siirtoreitin pituus [km]	43	31	32	36
Käyttöikä [v] (arvioitu sähkönsiirron osalta samaksi kuin voimajohdoilla)	35	35	35	35
Rakentaminen				
Teräsperustukset sähköasemiin [t]	8 000	8 000	8 000	8 000
Teräs sähköasemien vedenpinnan yläpuolisiin osiin [t]	14 000	14 000	14 000	14 000
Betoniperustukset sähköasemiin [t]	56 000	56 000	56 000	56 000
Terästen kuljetukset [km/suunta] • Kuljetus laivalla • Kuljetus rekalla	1565 • 1265 • 300	1565 • 1265 • 300	1565 • 1265 • 300	1565 • 1265 • 300
Betonin kuljetus satamasta merelle [km/suunta]	65	65	65	65
Sähköasemien rakentamisen polttoainekulutus [m^3]	1 360	1 360	1 360	1 360
Sähkönsiirtokaapelit tuulivoimapuistosta mantereelle [km] (ja siirtokaapeleiden massat [t])	yht. 216,5 km (433 t)	yht. 155 km (310 t)	yht. 157,5 km (315 t)	yht. 177,5 km (355 t)
Kiviainekset sähkönsiirtokaapeleille [m^3]	795 000	795 000	795 000	795 000
Kiviaineksien kuljetuksen polttoaine [m^3]	4 400	4 400	4 400	4 400
Sähkönsiirtokaapelien laskun polttoainekulutus [m^3]	2 900	2 100	2 100	2 400
Käytön aika				
Sähkön siirtohäviö	4 %	4 %	4 %	4 %
SF6-kaasu [kg/a]	5	5	5	5
Huollon polttoainekulutus, sähköasema, elinkaari [m^3]	1 400	1 400	1 400	1 400
Huollon polttoainekulutus, merikaapelit, elinkaari [m^3]	400	300	300	300
Käytöstä poisto				

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Oletus	MVE1a, max	MVE2b, min	MVE3, max	MVE5b, min
Käytöstä poiston polttoainekulutus, sähköasema (20 % rakentamisen polttoaineen kulutuksesta) [m^3]	270	270	270	270
Käytöstä poiston polttoainekulutus, merikaapelit (20 % rakentamisen polttoaineen kulutuksesta) [m^3]	500	400	400	400
Materiaalien kuljetus kierrätykseen (kaikki materiaalit arvioitiin kierrätettävän/käsiteltävän) [km/suunta] • Merellä • Mantereella	72 • 65 • 10	72 • 65 • 10	72 • 65 • 10	72 • 65 • 10

Käytetyt päästökertoimien lähteet on esitetty liitteessä 14.

13.1.1.3 Vedyntuotanto

Vedyntuotannon päästöt arvioitiin materiaaliperusteisesti. Vedyntuotanto toteutetaan keskitetyillä tai voimalakohtaisilla vedyntuotantoasemilla. Tätä laskentaa varten on huomioitu keskitetty vedyntuotanto. Seuraavassa taulukossa (Taulukko 13-7) on esitetty laskennassa käytetyt oletukset. Määrät on arvioitu pääosin hankekehittäjän toimesta, minkä lisäksi ilmasto-osion arvioija on tehnyt oletuksia kuljetuksien osalta. Käytön aikainen sähkö on alueen voimaloissa tuotettua sähköä. Kuljetukset on arvioitu kahteen suuntaan.

Taulukko 13-7. Vedyn tuotannon ilmastovaikutusten laskennassa käytetyt oletukset.

Oletus	Max & Min
Keskitettyjen vedyntuotantoasemien määrä [kpl]	8
Käyttöikä [v]	35
Rakentaminen	
Teräsperustukset [t]	8 000
Teräsrakenteet veden yllä [t]	14 000
Terästen kuljetukset [km/suunta] • Kuljetus laivalla • Kuljetus rekalla	1 565 • 1 265 • 300
Betoniperustukset [t]	56 000
Betonin kuljetus satamasta merelle [km/suunta]	65
Rakentamisen polttoainekulutus [m3]	1 360
Käytön aika	

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Oletus	Max & Min
Sähkön kulutus [GWh]	Itsetuotettua sähköä
Huollon polttoainekulutus [m3]	1 450
Käytöstä poisto	
Käytöstä poiston polttoainekulutus (20 % rakentamisen polttoaineen kulutuksesta) [m3]	270
Materiaalien kuljetus kierrätykseen (kaikki materiaalit arvioitiin kierrätettävän/käsiteltävän) [km/suunta] • Merellä • Mantereella	 • 65 • 10

Käytetyt päästökertoimien lähteet on esitetty liitteessä 14.

13.1.1.4 Vedyn siirto merellä ja vetyvarastot

Vedyn siirron ja maalla sijaitsevien vetysäiliöiden päästöt arvioitiin materiaaliperusteisesti. Seuraavassa taulukossa (Taulukko 13-8) on esitetty laskennassa käytetyt oletukset. Määrät on arvioitu pääosin hankekehittäjän toimesta, minkä lisäksi ilmasto-osion arvioija on tehnyt oletuksia kuljetuksien osalta ja minimitilanteen putkia koskevien päästöjen osalta. Käytön aikainen sähkö on oletettu olevan alueen voimaloissa tuotettua sähköä. Kuljetukset on arvioitu kahteen suuntaan. Lisäksi vetyputken peittoon käytetään kiviainesta, jota ei ole laskettu päästöihin mukaan. Vetyputkien peittoon käytetään vähemmän kiviainesta kuin merikaapeleiden peittoon.

Taulukko 13-8. Vedyn siirron ja vetysäiliöiden ilmastovaikutusten laskennassa käytetyt oletukset.

Oletus	VVE2/VVE3, Min	VVE1, Max
Vetyvarastojen pinta-ala [ha]	1	1
Käyttöikä [v]	35	35
Rakentaminen		
Teräs vetysäiliöihin [t]	1 680	1 680
PE-muoviset vientiputket [t]	15 130	18 400
PE-muoviputket tuulivoimapuistossa [t]	17 510	21 300
Terästen ja PE-muoviputkien kuljetukset [km/suunta] • Kuljetus laivalla • Kuljetus rekalla	1 565 • 1 265 • 300	1 565 • 1 265 • 300
Rakentamisen polttoainekulutus [m3]	2 250	2740
Käytön aika		

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Oletus	VVE2/VVE3, Min	VVE1, Max
Sähkönkulutus, elinkaari [GWh]	Itsetuotettua sähköä	Itsetuotettua sähköä
Huollon polttoainekulutus, elinkaari [m3]	300	360
Käytöstä poisto		
Käytöstä poiston polttoainekulutus (20 % rakentamisen polttoaineen kulutuksesta) [m3]	450	550
Materiaalien kuljetus kierrätykseen (kaikki materiaalit arvioitiin kierrätettävän/käsiteltävän) [km/suunta] • Merellä • Mantereella	72 • 65 • 10	72 • 65 • 10

Käytetyt päästökertoimien lähteet on esitetty liitteessä 14.

13.1.1.5 Sähkönsiirto maalla

Maalla kulkevista vaihtoehtoisista sähkönsiirtoreiteistä tarkasteltiin vaihtoehtoja SVE1a, SVE2b, SVE3a ja SVE4, jotka kaikki sisältävät sekä voimajohto- että maakaapeliosuuden. Kaikki laskettavat vaihtoehdot sisältyvät joko minimi- tai maksimivaihtoehtoon. Voimajohto-osuuden tietoja on esitelty taulukossa 13-9 ja maakaapeliosuuden tietoja taulukossa 13-10. Laskennassa voimajohdon elinkaari yhdenmukaistettiin tuulivoimaloiden elinkaaren mittaiseksi, eli 35 vuodeksi.

Taulukko 13-9. Laskennassa käytetyt voimajohtoa koskevat oletukset.

Vaihtoehto	Voimajohdon kokonaispituus [km]	Uuden maastokäytävän pituus [km]	Uuden maastokäytävän leveys [m]	Laajennettavan maastokäytävän pituus [km]	Laajennettavan maastokäytävän leveys [m]	Pylväsväli [m]	Käyttöikä [v]
SVE1a, max	11,0	5,3	62	5,7	38	350	35
SVE2b, min	14,2	8,5	62	5,7	38		
SVE3a, max	71,3	57	62	14,3	34–41		
SVE4, min	35,4	24,7	62	10,7	34–45		

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 13-10. Laskennassa käytetyt maakaapelia koskevat oletukset.

Vaihtoehto	Maakaapelin kokonaispituus [km]	Maastokäytävän leveys [m]	Käyttö-ikä [v]
SVE1a, max	2,0	76 metriä, sisältäen kuuden rinnakkaisen maakaapeliojan poikkileikkauksesta tarvittavine työalueineen	35
SVE2b, min	2,0		
SVE3a, max	2,6		
SVE4, min	9,9		

Sähkönsiirron ilmastovaikutukset laskettiin julkisten lähteiden (*EFLA 2018*) ja AFRY Finlandin aiempiin vastaavantyyppisiin hankkeisiin tekemien laskentojen pohjalta. Päästölaskennassa käytettiin päästökertoimia useista eri lähteistä, jotka on esitetty liitteessä 14.

Laskentaan sisältyy paljon oletuksia, jotka esitellään seuraavaksi osa-alueittain.

Rakentaminen

Rakennusmateriaalien määrät ja työkoneiden (kaivinkone ja nosturi) käyttötunnit ovat etukäteisarvioita, jotka on kerätty aiemmissa laskennoissa sekä julkisista lähteistä. Laskennassa huomioitiin suurimmat materiaalivirrat, jotka koostuvat voimajohtojen osalta teräspylväistä, teräsbetonista, kaapeleista, murskeesta (60 % tiestöön, 40 % pylväisiin), haruksista, eristinketjuista ja maadoituskuparista. Maakaapelit koostuvat pääasiassa kaapelista, suojabetonilaatasta, suojamuoviputkesta ja murskeesta (60 %:a voimalinjaan käytettävästä murskeen määrästä per kilometri). Materiaalit voimajohdon rakentamista varten arvioitiin kuljetettavan 180 kilometrin säteeltä Infrarakentamisen Vähähiilisyyden Arviointimenetelmän mukaisesti. Murske arvioitiin hankittavan hankealueen läheisyydestä ja kuljetettavan keskimäärin 15 kilometrin säteeltä. Laskennassa huomioitiin menopaluumatkat.

Voimajohdon rakentamisessa kuluva työkoneiden käyttöaika arvioitiin norjalaisen voimajohtopylväiden LCA-raportin pohjalta (*EFLA 2018*). Koneiden käyttöajoiksi arvioitiin samat kuin lähteessä eli kaivinkoneen käyttöajaksi 40 h/pylväs ja nosturin käyttöajaksi 8 h/pylväs. Maakaapelille arvioitiin vain kaivinkonetyötunnit. Työkonetunteina käytettiin samaa määrää, mikä kuluisi saman pituisen voimalinjan rakentamiseen.

Voimajohtoalueen metsän hakkuun hiilijalanjälki laskettiin arvioidun hakattavan puuston kuutiomäärän ja FAO:n (*2022*) arvioiman hakkuunopeuden mukaisesti. Voimajohtoalueen hakkuu oletettiin suoritettavan maata pitkin metsätyökoneella. Reunavyöhykkeiden puuston latvontaa ei huomioitu tässä työssä, mutta johtoaukean määrä laskettiin paikoin yliarvioin. Maakaapelialueen hakkuu oletettiin suoritettavan maata pitkin metsätyökoneella ilman reunavyöhykkeitä.

Käyttöaika

Sähkönsiirtohäviön kertoimena käytettiin samaa 4 %:n häviösähkön osuutta kuin merikaapeleilla. Häviösähkön määrän arvio vaihtelee lähteestä riippuen. Fingridin mukaan häviösähkön osuus kantaverkossa on 1,5 % (*Fingrid 2024a*) ja IEA:n arvioima häviösähkön määrä kanta- ja jakeluverkossa on 4 % (*The World Bank 2018*). Päästökertoimena käytettiin IPCC:n elinkaaren aikaista päästökerrointa merituulivoimaloilla tuotetulle sähkölle.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Voimajohdon korjaamisesta aiheutuva materiaalikulutus ja jätteen määrä arvioitiin niin, että terästä, kaapeleita, haruksia ja eristeketjuja täytyy vaihtaa yhteensä 1 % voimajohdon rakentamiseen kuluneista materiaaleista per käyttövuosi. Arvio perustuu aiemmissa laskennoissa saatuihin tietoihin ja sen suuruus perustuu teräspylväiden suureen massaan. Samalla periaatteella arvioitiin myös nosturia tarvittavan huoltoihin 1 % verrattuna rakentamisen tarpeeseen per käyttövuosi. Maakaapelin korjaamisessa vaihdettavien materiaalien määrän arvioitiin olevan 0,5 % vuodessa, pohjautuen voimajohdon huollon arvioon. Määrä arvioitiin puolet pienemmäksi, sillä maakaapelin tapauksessa ei käytetä suuria teräspylväitä. Materiaalien päästöistä arvioitiin A1–A3-moduulien tasoiset päästöt. Vaihdetut materiaalit arvioitiin kuljetettavan kierrätykseen Vaasaan noin 20 km päähän. Laskennassa huomioitiin menopaluumatka. Materiaalien valmistuksen osalta käytettiin samoja päästökertoimia kuin rakentamisen aikaisissa vaikutuksissa.

Voimajohdon tarkastusvälit ja tarkastuksista aiheutuvat päästöt arvioitiin norjalaisen voimajohtopylväiden LCA-raportin pohjalta (*EFLA 2018*). Työsuoritteista on vähennetty Suomen tasaisemmasta pinnanmuodosta johtuen 10 %. Tarkastukset arvioitiin tehtävän LCA-raportin mukaisesti mönkijällä/moottorikelkalla tai helikopterilla. Maakaapelien tarkastuksista aiheutuvat päästöt arvioitiin kokonaisuuden kannalta merkityksettömiksi.

Johtoalueen aluskasvillisuuden raivaus oletettiin tehtävän 8,5 vuoden välein. Reunavyöhykkeiden puuston latvontaa ei huomioitu tässä työssä, mutta johtoaukean määrä laskettiin paikoin yliarvioin. Laskennassa raivaus arvioitiin tehtävän raivaussahalla.

Käytöstä poisto

Purkamiseen kuluvan polttoaineen kulutuksen arvioitiin olevan EFLA:n (*2018*) raportissa esitetyn Statnettin arvion mukainen. Raportissa purkamisen polttoaineen kulutuksen arvioitiin olevan 20 % rakentamiseen kuluvan polttoaineen kulutuksesta. Tässä työssä purkamisen oletetaan tapahtuvan samoilla työkoneilla kuin rakentamisen eli nosturilla (voimajohto) ja kaivinkoneella (voimajohto ja maakaapeli). Arvioitu polttoaineen kulutus sisältää myös mahdolliset pienimuotoiset maisemointityöt.

Syntyvän purkujätteen määräksi oletettiin pääasiassa yhtä paljon materiaalia kuin mitä käytettiin rakentamiseen, pois lukien kuitenkin käytetty teräsbetoni ja murske. Kyseinen rajaus tehtiin, koska oletettiin ettei kaikkea teräsbetonia pystytä kaivamaan pois maasta, joten sen mahdolliseksi keräysasteeksi arvioitiin 10 % rakentamiseen käytettävästä määrästä. Murske oletetaan jätettävän maahan. Kerätyt materiaalivirrat arvioitiin toimitettavan kierrätykseen keskimäärin noin 80 km päähän. Laskennassa huomioitiin menopaluumatka.

13.1.1.6 Mantereen sähköasema

Mantereen sähköasemien päästöt arvioitiin materiaaliperusteisesti. Seuraavassa taulukossa (Taulukko 13-11) on esitetty laskennassa käytetyt oletukset. Määrät arvioitiin pääosin hankekehittäjän toimesta valistunein arvioin. Kuljetukset arvioitiin kahteen suuntaan. Mantereen sähköaseman päästöt ovat samat jokaisessa hankevaihtoehdossa, jossa tuotettu sähkö siirretään mereltä mantereelle.

Taulukko 13-11. Mantereen sähköaseman ilmastovaikutusten laskennassa käytetyt oletukset.

Oletus	
Mantereen sähköasemien määrä [kpl]	2
Käyttöikä [v] (hiilinielujen arviointia varten yhdenmukainen voimajohtojen kanssa)	35
Rakentaminen	

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Oletus	
Teräsmäärä sähköasemiin [t]	3 160
Betonimäärä sähköasemiin [t]	44 600
Kuparimäärä sähköasemiin [t]	2 640
Muuntajaöljy sähköasemiin [t]	840
Muovi sähköasemiin [t]	160
Kuljetukset ulkomaille [km/suunta] • Kuljetus laivalla • Kuljetus rekalla	1500 • 1200 • 300
Kuljetukset kotimaassa [km/suunta]	100
Sähköasemien rakentamisen polttoainekulutus [m3]	50
Käytön aika	
SF6-kaasu [kg/a]	2
Käytöstä poisto	
Käytöstä poiston polttoainekulutus [m3]	10
Materiaalien kuljetus kierrätykseen (kaikki materiaalit arvioitiin kierrätettävän/käsiteltävän) [km/suunta]	80

Käytetyt päästökertoimien lähteet on esitetty liitteessä 14.

13.1.1.7 Hiilinielu ja -varastot ja niiden menetys

Sähkönsiirtoreittien rakentaminen edellyttää puuston poistoa ja raivausta. Reunavyöhykkeiden puuston latvontaa ei huomioitu tässä työssä, mutta johtoaukean määrä laskettiin sitä paikaten paikoin yliarvioin. Johtoaukea pidetään avoimena raivaamalla sitä 7–10 vuoden välein voimajohdon elinkaaren ajan (tässä laskennassa 35 vuotta). Näiden toimien vaikutuksia alueiden hiilinieluihin ja -varastoihin on arvioitu taulukossa 13-12.

Taulukko 13-12. Hankekokonaisuuden vaikutus hiilitaseeseen.

Vaikutus	Syntytapa
Hiilinielun menetys	Puuston hakkuu poistaa puiden kasvusta muodostuvan nielun rakennuspaikoilta
	Hakkuut vaikuttavat maaperän hiilinielua pienentävästi
	Maanmuokkaukset muuttavat hiilitasetta
Hiilivaraston menetys	Puustoon sitoutunut hiili menetetään hakkuiden yhteydessä

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Vaikutus	Syntytapa
	Maaperästä vapautuu hiiltä hakkuualueilla, erityisesti turvemaalla

Puuston hakkuusta johtuvat hiilivarastojen ja -nielujen menetykset on laskettu Luonnonvarakeskuksen metsävaratilastojen perusteella (*LUKE 2023d*). Puuston hehtaarimäärät on arvioitu suoraan maankäytön mukaan, mikä voi tuoda yliarviota. Käytettyinä Luken tilastoina olivat puuston keskitilavuus metsämaalla (m^3/ha) sekä puuston vuotuinen kasvu metsämaalla (m^3/ha/vuosi). Oletuksena siis on, että puusto on kooltaan ja iältään maakunnan keskiarvon mukaista. Molemmat tilastot koskivat Pohjanmaan aluetta.

Muita puuston laskennassa käytettyjä lukuarvoja olivat:

- Puuston biomassan määrä runkopuutilavuutta kohden on noin 0,76 t/m^3 havupuiden ja noin 0,75 t/m^3 lehtipuiden osalta (useita lähteitä, mm. *Lehtonen ym. 2004*).
- Noin 50 % puun biomassasta on hiiltä
- Puustoon sitoutuvan hiilidioksidiin suhde hiilidioksidiin on 3,7 (*IPCC 2007*)
- Pohjanmaan puustosta havupuiden osuus on noin 79 % ja lehtipuiden osuus 21 % (*LUKE 2023d*)

Maaperän hiilinielun menetyksen laskennassa hyödynnettiin tutkimusta hiilivarastojen muutoksesta eri puolilla Suomea (*Lindroos ym. 2022*). Tutkimuksen mukaan maaperän hiilivaraston pienenemistä aiheuttavat luontaiset tuhot ja puuston poisto, sekä suuri metsän karikkeen määrä korreloi metsämaan hiilivaraston kanssa. Keskimääräinen tulos metsämaan (orgaaninen kerros ja kivennäismaa yli 40 cm syvyydelle) hiilivaraston vuotuiselle kasvulle oli 36 grammaa per m^2. Tätä tulosta on hyödynnetty tämän työn maaperän hiilinielun menetyksessä, vaikkakin sen käyttäminen tuo yliarviota sen vuoksi, ettei voida tietää millä tasolla maaperän hiilivuo muuttuu avohakkuun myötä. Kuten tutkimuksessakin on huomioitu, tarvitaan edelleen lisätutkimusta, jotta saadaan selville avohakkuun jälkeisen maaperän hiilivaraston kehitys, kuten kuinka kauan maaperän hiilivarasto pienenee ja aiheuttaa päästöjä hakkuun jälkeen.

13.1.1.8 Vaihtoehto VE0 – sähkön ja vedyn tuotannon hyödyt

VE0 kuvastaa tilannetta, jossa tätä hanketta ei toteuteta ja tuotettava tuote tehdään tai tuotetaan jollain muulla tavalla. VE0:n päästöt riippuvat siitä, mitä tuotetta tuulivoimaloilla tullaan tuottamaan. Vaihtoehdot ovat sähkö ja vety sekä niiden sekatuotanto. Tässä laskennassa laskettiin ääripään vaihtoehdot, joissa tuotetaan 100 % sähköä tai 100 % vetyä.

100 %:n sähköntuotannon skenaariossa vaihtoehdon VE0 päästöt laskettiin Suomen ympäristökeskuksen vuonna 2020 julkaisemilla sähkönkulutuksen hyödynjakomenetelmän mukaisilla ominaispäästöillä. Kyseinen ennuste on tehty vuosille 2020–2120 ja se on määritetty kotimaisessa energiantuotannossa syntyvien kasvihuonekaasupäästöjen ja kulutukseen siirretyn energian perusteella. Skenaariossa sähkön päästöjen oletetaan pienenevän vuosien saatossa ja kulutetun sähkön määrän oletetaan kasvavan. SYKE:n skenaario ottaa huomioon sähköntuotannon elinkaaren aikaiset päästöt ja tämän vuoksi sähkön ei oleteta muuttuvan täysin päästöttömäksi tällä ajanjaksolla. Vaihtoehdossa VE0 ennuste kuvastaa päästöjä, jotka syntyisivät tuulivoiman elinkaaren aikana (35 vuotta), mikäli korvaava sähkö tuotettaisiin SYKE:n skenaarion mukaisella verkkosähköllä. (*Suomen ympäristökeskus 2020*)

100 % vedyntuotannon skenaariossa VE0 laskettiin kolmessa tilanteessa, joista kahdessa tuotetaan vetyä 35 vuoden ajan (nykytilassa tavanomaisilla tuotantotavoilla ja ennustetun verkkosähkön avulla, ottamatta huomioon vedyn käyttötapaa) ja kolmannessa skenaariossa käytetään LNG:tä meriliikenteen polttoaineena 35 vuoden ajan.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Vedyn tavanomaisten tuotantotapojen tilanteessa päästökertoimeksi valittiin IEA:n arvioima keskimääräinen nykyinen vedyn tuotannon päästö, joka on 12,8 $kgCO_2e/kg$ vetyä (*IEA 2023*), joka on puolestaan muunnettuna 233 tCO_2e/GWh kulutettua sähköä. Päästöä nostaa esimerkiksi se, että nykyisin vetyä vielä tuotetaan paljon maakaasun höyryreformoinnilla. Toisena vaihtoehtona vetyä oletetaan tuotettavan veden elektrolyysillä, jossa käytetään edellä esitettyjä ennustetun sähkön ominaispäästöjä. Tämä laskentatapa ottaa huomioon vain sähkön käytön päästöt, muttei vedyntuotannon muita päästöjä. Laskenta kuitenkin antaa suuntaa päästöistä, sillä veden elektrolyysin päästöt koostuvat valtaosin sähkön käytön päästöistä. Luvussa 13.5.2 kokonaistulosta on myös sanallisesti vertailtu tilanteeseen, jossa vetyä tuotetaan vähempipäästöistä sähköä hyödyntäen.

Kolmannessa vetyskenaariossa vaihtoehdon VE0 lähtökohtana on tilanne, jossa vetyä käytettäisiin sellaisenaan laivojen polttoaineena. LNG valikoitui vertailukohteeksi, sillä sen arvioitiin antavan suhteellisen pitkäikäisen vertailukohteen vetypolttoaineen käytölle olematta liian suuri päästölähde verrattuna esimerkiksi polttoöljyyn ja olemalla potentiaalinen kilpailija meriliikennepolttoaineiden markkinoilla. LNG:n päästökertoimina käytettiin DEFRAn LNG:n polton (0,184 tCO_2e/kWh) ja tuotannon (0,06512 tCO_2e/kWh) päästöjä (*DEFRA 2023*).

Vaihtoehdon VE0 tuloksia tulkittaessa on huomioitava, että ne perustuvat arvioihin ja oikeaan toteutumiseen vaikuttaa mm. se, kuinka paljon uusiutuvaa sähköä tuotetaan tulevaisuudessa, kuinka paljon valtakunnallinen sähkönkulutus kasvaa, minkälaista sähköä ulkomailta ostetaan, mihin käyttökohteeseen verrataan ja mikä on vedyn lopullinen käyttökohde.

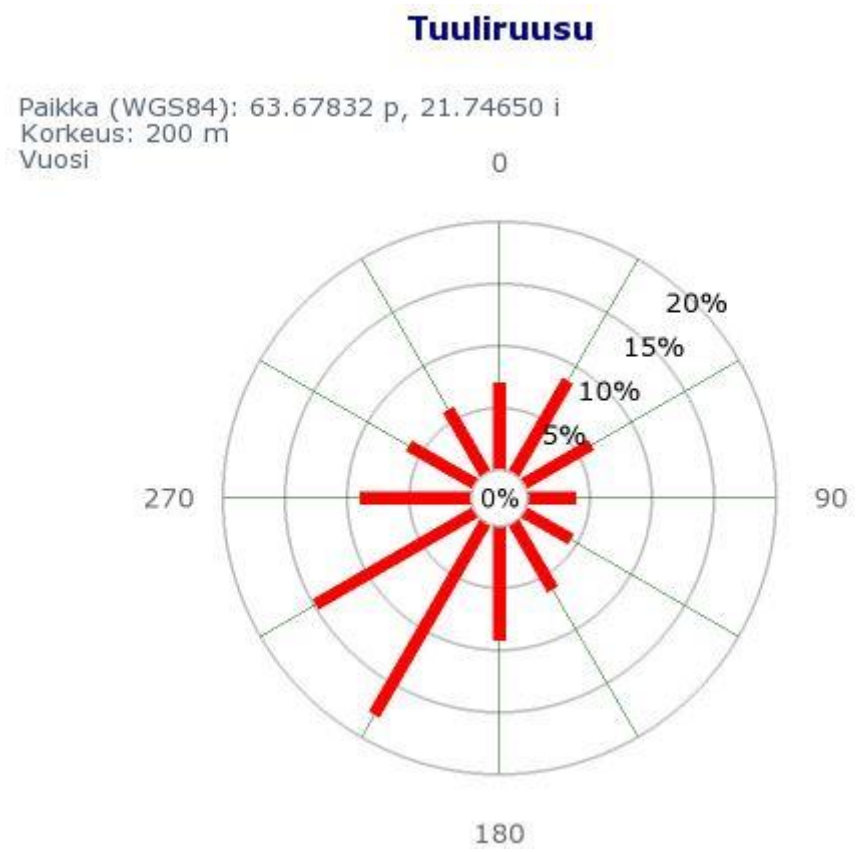
13.2 Nykytila

13.2.1 Ilmasto

Laineen merituulivoimapuiston hankealue sijaitsee keskiboreaalisella ilmastovyöhykkeellä (*Ilmatieteen laitos 2022*). Vuoden 2022 keskilämpötila oli Pietarsaaressa noin 4,6 °C, joka on 0,5 °C vertailukauden 1991–2020 keskiarvoa korkeampi. Vuotuinen sademäärä oli samana vuonna 558 mm ja siten noin kolme prosenttia vertailukauden keskiarvoa alhaisempi. (*Ilmatieteen laitos 2023c*)

Vallitseva tuulensuunta hankealueella on lounaasta (Kuva 13-3). Keskimääräinen tuulen nopeus on 100 metrin korkeudella noin 9,1 m/s ja 200 metrin korkeudella noin 9,8 m/s. (*Tuuliatlas 2023*)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 13-3. Tuulen suhteelliset osuudet eri suunnista hankealueella 200 metrin korkeudella (Tuuliatlas 2023).

13.2.2 Kansainväliset, kansalliset ja alueelliset tavoitteet

EU:n ilmastopolitiikalla ohjataan EU-alueen yhteisiä ja jäsenmaiden poliittisia toimia ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi ja siihen sopeutumiseksi. EU on sitoutunut vähentämään kasvihuonepäästöjä vähintään 55 % vuoden 1990 tasosta vuoteen 2030 ja EU:n tavoitteena on olla ilmastoneutraali vuoteen 2050 mennessä. Uusiutuvalle energialle EU tavoittelee 32 prosentin osuutta kulutetusta energiasta vuoteen 2030 mennessä. (*Ympäristöministeriö 2023a*)

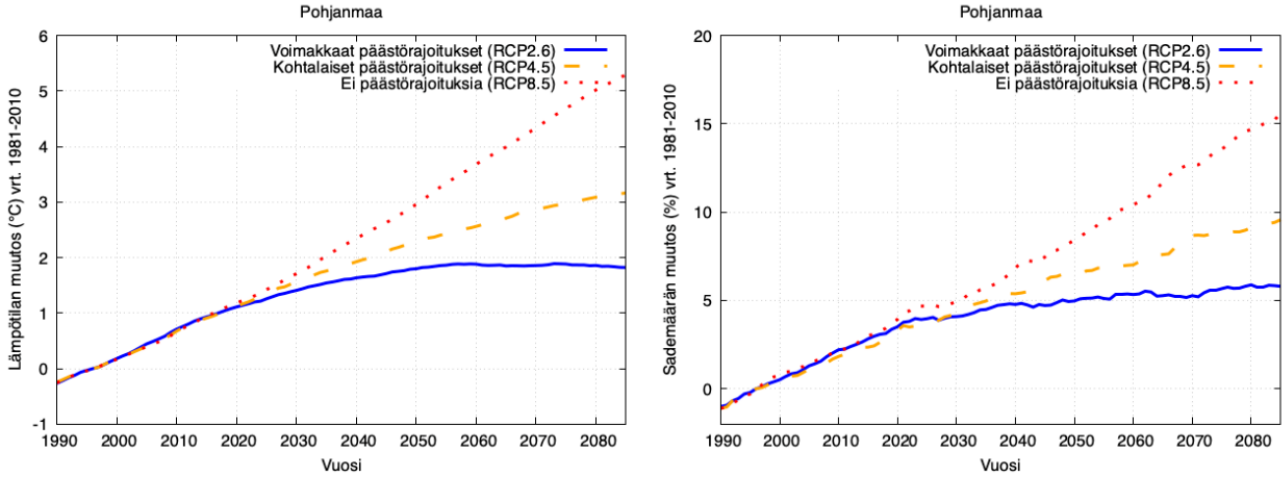
Kansallinen uudistettu ilmastolaki (423/2022) astui voimaan 1.7.2022. Uuden ilmastolain mukaan vuoteen 2030 mennessä kasvihuonekaasupäästöjä on vähennettävä vähintään 60 prosenttia, vuoteen 2040 mennessä vähintään 80 prosenttia ja vuoteen 2050 mennessä vähintään 90 prosenttia verrattuna vuoteen 1990. Lisäksi Suomen tavoitteena on lain mukaan olla hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä ja hiilinegatiivinen pian sen jälkeen. Laki laajeni koskemaan myös maankäyttösektoria ja siihen on lisätty nielujen vahvistamista koskeva tavoite. (*Ympäristöministeriö 2023b*)

Pohjanmaan maakunnan vuoden 2016 ilmastostrategiaan sisältyvässä Energiarannikko 2040 -visiossa on asetettu tavoitteiksi kestävä energiajärjestelmä, optimoitu yhdyskuntarakenne, jätteettömyys, osaaminen, yhteistyö ja kunnioitus sekä ilmastoälykäs maaseutu. Toimenpiteinä kestävän energiajärjestelmän luomiseksi mainitaan lisääntynyt energiatehokkuus ja vähentynyt energiankulutus, älykkäät sähköverkot hajautetun sähköntuotannon mahdollistamiseksi sekä biopolttoaineasemien verkosto. Visioon sisältyy kokonaan uusiutuviin energianlähteisiin perustuva energiaomavaraisuus. (*Pohjanmaan liitto 2016*)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

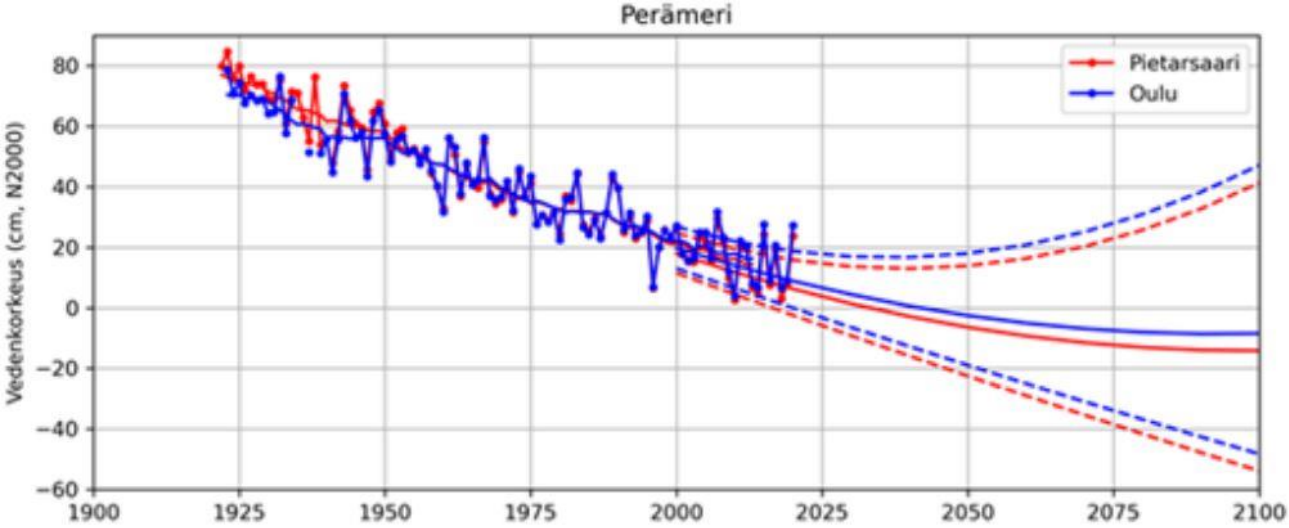
13.2.3 Yleiset ennusteet ilmastonmuutoksen aiheuttamista vaikutuksista

Ennusteiden mukaan Pohjanmaan ilmasto lämpenee noin 1,9–5,2 °C ja sademäärä kasvaa 6–15 % kuluvana vuosisatana verrattuna ajanjaksoon 1981–2010 (Kuva 13-4). Lämpeneminen riippuu maailmanlaajuisesta kasvihuonekaasupäästöjen kehityksestä, jota on ennustettu RCP-skenaarioiden avulla. RPC2.6-skenaariossa päästöt kääntyvät jyrkkään laskuun jo vuoden 2020 jälkeen ja ovat vuosisatamme lopulla lähellä nollatasoa. RCP4.5-skenaariossa päästöt kasvavat aluksi hieman mutta kääntyvät laskuun vuoden 2040 tienoilla. RCP8.5-skenaariossa kasvihuonekaasupäästöjen kasvu jatkuu nopeana tulevaisuudessakin. (*Ilmasto-opas 2022*) Merellä vaikutukset voivat olla erilaisia verrattuna mantereeseen.



Kuva 13-4. Vuotuisen keskimääräisen lämpötilan ja sademäärän arvioidut muutokset Pohjanmaan erilaisten kasvihuonekaasupäästöjen kehityskulkujen mukaan vuoteen 2085 asti. Muutos on verrattu ajanjaksoon 1981–2010. (Ilmasto-opas 2022)

Merenpinnan korkeus on laskenut Perämerellä maankohoamisen vuoksi noin 70 cm viime vuosisadalla, mutta lasku on hidastunut globaalin merenpinnan nousun vaikutuksesta (Kuva 13-5). Noin RPC2.6- ja RPC4.5-tasoisissa skenaarioissa lasku jatkuisi vuosisadan loppuun asti, jolloin korkeus olisi noin 20–60 cm nykyistä alempi. Korkeimmassa RPC8.5-skenaariossa merenpinta taas nousisi noin 30 cm nykyisestä. (*Gregow ym. 2021*)



Kuva 13-5. Perämeren merenpinnan korkeus ja arvio korkeuden muutoksesta eri ilmastoskenaarioilla. (Gregow ym. 2021)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

13.3 Vaikutusten arviointi

13.3.1 Merituulivoimapuisto

Merituulivoimapuiston päästöihin kuuluvat vahvasti tuulivoimaloiden ja sen lähialueelle sijoittuvien toimintojen, kuten alueen kaapeleiden ja perustuksien päästöt (pl. sähkönsiirto rakenteet merituulivoimapuistolta mantereen voimajohtoreiteille). Molemmissa hankevaihtoehdoissa on tarkoituksena tuottaa sähköä 11 000 GWh vuodessa. Päästölaskennan pohjautuessa tuotantomääräperusteiseen laskentaan voidaan todeta rakentamisen aikaisten ilmastovaikutusten olevan yhtä suuret hankevaihtoehdoissa VE1 ja VE2. Merituulivoimapuiston eri osa-alueiden päästöt on esitetty oheisessa taulukossa (Taulukko 13-13).

Taulukko 13-13. Merituulivoimapuiston päästöt

Elinkaaren osio	Merituulivoimapuiston päästöt VE1/VE2 [tCO_2e]
Rakentamisen aikaiset päästöt	3 248 800
Toiminnan aikaiset päästöt	311 100
Käytöstä poiston aikaiset päästöt	33 800
Yhteensä	**3 593 700**

Rakentamisen aikaiset vaikutukset kattavat merituulivoimaloiden rakentamisesta, kuten materiaalien ja osien valmistamisesta syntyvät päästöt. Rakentamisen aikaisten kasvihuonekaasupäästöjen on arvioitu elinkaarilaskennan perusteella kattavan noin 96 % merituulivoimaloiden kokonaiselinkaaripäästöistä. Päästöjä arvioitiin syntyvän rakentamisvaiheessa noin 8,44 tCO_2e/GWh.

Toiminnan aikaiset vaikutukset kuvaavat tuulivoimapuiston huollosta ja ylläpidosta aiheutuvia päästöjä. Niitä syntyy esimerkiksi tarkastuskäynneistä sekä osien vaihtoihin liittyvistä materiaalien kulutuksesta, kuljetuksista ja jätehuollosta. Toiminta aiheuttaa tuulivoiman elinkaaren aikaisista päästöistä noin 3 %. Päästöjä arvioitiin syntyvän toiminnan aikana 0,81 tCO_2e/GWh.

Toiminnan päättyessä tuulivoimalat puretaan ja suurin osa komponenteista kuljetetaan pois ja kierrätetään. Toiminnan jälkeisiin vaikutuksiin laskettiin voimaloiden purkamisesta ja komponenttien kierrättämisestä syntyvät päästöt. Lasketut toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset ovat noin 1 % elinkaaren aikaisista vaikutuksista. Päästöjä arvioitiin syntyvän toiminnan päättymisen jälkeen 0,09 tCO_2e/GWh.

13.3.2 Sähkönsiirto merellä ja merisähköasemat

Sähkönsiirto merellä kattaa merikaapelit ja merellä olevat merisähköasemat. Kokonaistuloksiin laskettiin minimi- ja maksimikombinaatioiden päästöt, kun toteutetaan 10 merikaapelin rakentaminen kahdella sähkönsiirtoreitillä. Minimi- ja maksimilaskennan tavoitteena on saada selville päästöjen vaihteluväli. Molemmissa kombinaatiossa on mukana sama määrä sähköasemia (6 kpl).

Eri reittivaihtoehtojen päästöerot syntyvät sähkönsiirron materiaalitarpeesta, johon vaikuttaa sähkönsiirtoreitin pituus. Mitä pidempi sähkönsiirron reitti on, sitä enemmän materiaalia sen rakentamiseen tarvitaan. Minimi- ja maksimipäästöjen eroavaisuuksiin vaikuttavat ennen kaikkea erot käytön aikaisissa sähkönsiirtohäviöistä syntyvissä päästöissä. Sähkönsiirtohäviöiden päästöt ovat teoreettisia ja ne jaetaan koko sähkönsiirtoinfran (merikaapeli + maakaapeli + voimajohto) kesken pituuden perusteella. Lisäksi kombinaatioiden vuoksi on otettu huomioon se, että sähköä siirretään kahta reittiä pitkin. Tällöin sähkönsiirtohäviö on jaettu tasan eri reittien kesken.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merikaapelien päästöt on esitetty oheisessa taulukossa (Taulukko 13-14). Minimikombinaatioon sisältyvien vaihtoehtojen MVE2b ja MVE5b elinkaaren kasvihuonekaasupäästöt ovat noin 94 100 ja 75 500 tCO_2e. Yhteensä vaihtoehtojen päästöt ovat noin 169 600 tCO_2e. Maksimikombinaatioon sisältyvien vaihtoehtojen MVE1a ja MVE3 kokonaispäästöt ovat noin 108 600 ja 61 200 tCO_2e ja niiden yhteenlasketut päästöt ovat noin 169 800 tCO_2e.

Taulukko 13-14. Merikaapeleiden päästöt.

Hankevaihtoehto	MVE2b (sis. minimikombinaatioon)	MVE5b (sis. minimikombinaatioon)	MVE1a (sis. maksimikombinaatioon)	MVE3 (sis. maksimikombinaatioon)
Rakentamisen aikaiset päästöt	30 000	31 200	33 200	30 100
Toiminnan aikaiset päästöt	61 600	41 600	72 300	28 500
Käytöstä poiston aikaiset päästöt	2 600	2 800	3 100	2 600
Yhteensä	**94 100**	**75 500**	**108 600**	**61 200**
Kombinaatio yhteensä	**169 600**		**169 800**	

Rakentamisen päästöt, eli päästöt materiaalien valmistuksesta, kuljetuksesta ja rakentamisen polttoainekulutuksesta, ovat laskennallisesti 31–49 % merikaapeleiden kokonaispäästöistä eri reittivaihtoehdoissa. Toiminnan aikaiset päästöt, eli päästöt sähkönsiirtohäviöistä ja huollon polttoainekulutuksista, ovat laskennallisesti 47–67 % kokonaispäästöistä. Käytöstä poiston päästöt, eli päästöt purkamisen polttoainekulutuksista, kierrätyksestä ja kuljetuksista kierrätykseen, ovat laskennallisesti 3–4 % kokonaispäästöistä.

Merisähköasemien päästöt ovat jokaisessa hankevaihtoehdossa samat kombinaatiosta riippumatta (Taulukko 13-15).

Taulukko 13-15. Merisähköasemien päästöt.

Elinkaaren osio	Merisähköasemien päästöt [tCO_2e]
Rakentamisen aikaiset päästöt	64 200
Toiminnan aikaiset päästöt	8 800
Käytöstä poiston aikaiset päästöt	1 300
Yhteensä	**74 300**

Merisähköasemien päästöt koostuvat enimmäkseen rakentamisesta. Rakentamisen päästöt ovat noin 86 % merisähköasemien kokonaispäästöistä ja ne sisältävät materiaalien valmistamisen ja kuljetuksen päästöt. Toiminnan ajan päästöt ovat noin 12 % ja ne koostuvat rikkiheksafluoridin

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

(SF6) suorista päästöistä. Käytöstä poiston aikaiset päästöt ovat noin 2 % kokonaispäästöistä ja ne koostuvat purkamisen, kierrätyksen ja kierrätykseen kuljettamisen päästöistä.

13.3.3 Vedyn tuotanto

Vedyn tuotannon päästöt ovat samat jokaisessa hankevaihtoehdossa, joten ne esitellään samassa taulukossa (Taulukko 13-16).

Taulukko 13-16. Vedyn tuotannon päästöt.

Elinkaaren osio	Vedyn tuotannon päästöt [tCO_2e]
Rakentamisen aikaiset päästöt	64 200
Toiminnan aikaiset päästöt	4 800
Käytöstä poiston aikaiset päästöt	1 300
Yhteensä	**70 400**

Rakentamisen aikaiset vaikutukset kattavat vedyntuotantoasemien rakentamisesta syntyvät päästöt materiaalien valmistuksesta (teräkset ja betoni), materiaalien kuljetuksen sekä rakentamisen polttoainekulutuksen. Rakentamisen aikaiset kasvihuonekaasupäästöjen on arvioitu elinkaarilaskennan perusteella kattavan 91 % vedyntuotantoasemien elinkaaripäästöistä.

Toiminnan aikaiset vaikutukset kuvaavat vedyn tuotantoalueella operoivien huoltoalusten polttoainekulutuksesta syntyviä päästöjä. Toiminta aiheuttaa vedyntuotantoasemien elinkaaren aikaisista päästöistä 7 %.

Toiminnan päättyessä vedyntuotantoasemien puretaan ja niissä käytetyt materiaalit kierrätetään. Toiminnan jälkeisiin vaikutuksiin laskettiin purkamisen polttoainekulutus ja purettujen materiaalienkierrätys ja kuljetukset lähimpään jätekeskukseen. Lasketut toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset ovat 2 % vedyn tuotannon elinkaaren aikaisista vaikutuksista.

13.3.4 Vedynsiirto merellä

Vedynsiirron päästöt koostuvat vetyputken rakentamisen, huollon, purkamisen sekä kierrätyksen päästöistä, jotka on esitetty oheisessa taulukossa (Taulukko 13-17).

Taulukko 13-17. Vedynsiirron päästöt.

Elinkaaren osio	Vedynsiirron päästöt, VVE2/VVE3, minimi [tCO_2e]	Vedynsiirron päästöt, VVE1, maksimi [tCO_2e]
Rakentamisen aikaiset päästöt	88 800	108 000
Toiminnan aikaiset päästöt	1 000	1 200
Käytöstä poiston aikaiset päästöt	13 900	16 900
Yhteensä	**103 700**	**126 100**

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Rakentamisen päästöt koostuvat materiaalien valmistamisesta ja kuljetuksesta sekä rakentamisen polttoaineiden päästöistä. Rakentamisen päästöt ovat laskennallisesti noin 86 % vedynsiirron kokonaispäästöistä. Vetyputkien peittoon käytetään lisäksi kiviainesta, jota ei ole otettu laskennoissa huomioon. Vetyputkiin käytettävä kiviainesmäärä on pienempi kuin esimerkiksi merikaapeleiden peittoon käytettävän kiviaineksen määrä.

Toiminnan aikaiset päästöt kuvaavat huollon polttoainepäästöjä. Käytetty sähkö oletettiin olevan itse tuotettua sähköä. Toiminnan ajan päästöt olivat laskennallisesti noin 1 % vedynsiirron kokonaispäästöistä.

Käytöstä poiston päästöihin kuuluvat purkamisen polttoainepäästöt sekä kierrätyksen ja jätekuljetuksen päästöt merellä ja maalla. Käytöstä poiston päästöt olivat laskennallisesti noin 13 % vedynsiirron kokonaispäästöistä.

13.3.5 Vetyvarastot

Vetysäiliöt ovat maalle sijoittuvia vedyn varastoja ja niiden päästöt on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 13-18).

Taulukko 13-18. Vetyvaraston päästöt.

Elinkaaren osio	Vetyvaraston päästöt [tCO_2e]
Rakentamisen aikaiset päästöt	5 300
Toiminnan aikaiset päästöt	-
Käytöstä poiston aikaiset päästöt	5
Yhteensä	**noin 5 300**

Rakentamisen päästöt koostuvat materiaalien valmistuksesta ja niiden kuljetuksista (lähes 100 % vetysäiliöiden kokonaispäästöistä). Toiminnan aikaisia päästöjä ei tässä laskennassa määritetty. Ne eivät todennäköisesti kuitenkaan ole kokonaispäästöissä määrällisesti kovin merkittäviä. Purkamisen päästöt koostuvat materiaalien kierrätyksen ja kierrätykseen kuljetuksen päästöistä (<1 % vetysäiliöiden kokonaispäästöistä).

13.3.6 Mantereen sähköasema

Suurin osa mantereen sähköaseman päästöistä syntyy rakentamisen aikana. Tässä hankkeessa oletettiin rakennettavan kaksi mantereen sähköasemaa, joiden elinkaaren aikaiset päästöt ovat yhteensä noin 34 900 tCO_2e. Mantereen sähköaseman päästöt on jokaisessa hankevaihtoehdossa samat, joten ne esitellään yhdessä seuraavassa taulukossa (Taulukko 13-19)

Taulukko 13-19. Mantereen sähköasemien päästöt.

Elinkaaren osio	Mantereen sähköasemien päästöt [tCO_2e]
Rakentamisen aikaiset päästöt	32 600
Toiminnan aikaiset päästöt	1 300
Käytöstä poiston aikaiset päästöt	1 000

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Elinkaaren osio	Mantereen sähköasemien päästöt [tCO_2e]
Yhteensä	**34 900**

Mantereen sähköaseman rakentamisen aikaiset päästöt koostuvat käytetyistä materiaaleista, (kuten teräksestä, betonista, kuparista, muuntajaöljystä ja muovista), niiden kuljetuksesta ja rakentamiseen käytetystä polttoaineesta. Rakentamisen päästöt ovat noin 95 % mantereen sähköasemien kokonaispäästöistä.

Toiminnan aikaisissa päästöissä on mukana arvioitu 35 vuoden aikana haihtuvan rikkiheksafluoridin (SF6) määrä. Siitä aiheutuvat päästöt ovat 4 % mantereen sähköaseman kokonaispäästöistä.

Käytöstä poiston päästöihin kuuluu purkamisen polttoainekulutus sekä purettujen materiaalien kierrätys ja kuljetus lähimpään jätekeskukseen. Käytöstä poiston päästöjen osuus on noin 2 % mantereen sähköasemien kokonaispäästöistä.

13.3.7 Sähkönsiirto mantereella

Sähkönsiirto mantereella kattaa maakaapelit ja voimajohdot. Päästöarvioinnissa laskettiin eri sähkönsiirtokombinaatioiden minimi- ja maksimivaikutukset tilanteessa, jossa toteutetaan kaksi sähkönsiirtoreittiä. Minimi- ja maksimilaskennan tavoitteena on saada selville päästöjen vaihteluväli. Mantereen sähkönsiirtovaihtoehdoista SVE2b ja SVE4 kuuluvat minimikombinaatioon ja SVE1a ja SVE3a maksimikombinaatioon, joten tulokset esitetään vain niiden osalta.

Kuten meren sähkönsiirron osalta, myös mantereen sähkönsiirron päästöt riippuvat materiaalitarpeesta, johon vaikuttaa sähkönsiirtoreitin pituus. Lisäksi päästöjen määrään vaikuttavat sähkönsiirtohäviöiden päästöt, jotka on jaettu teoreettisesti sähkönsiirron osa-alueen (merikaapeli + maakaapeli + voimajohto) pituuden mukaisesti. Lisäksi sähkönsiirtohäviöt on jaettu tasan siirtoreittien kesken, jos sähköä siirretään kahta reittiä pitkin.

Sähkönsiirron päästöt on esitetty taulukossa (Taulukko 13-20). Minimikombinaatioon sisältyvien vaihtojen SVE2b ja SVE4 kokonaispäästöt ovat noin 34 700 ja 60 900 tCO_2e sisältäen sekä maakaapelin että voimajohdon vaikutukset. Yhteensä minimivaihtoehdon päästöt ovat noin 95 600 tCO_2e. Maksimikombinaatioon sisältyvien vaihtoehtojen SVE1a ja SVE3a kokonaispäästöt ovat noin 23 800 ja 77 300 tCO_2e ja niiden yhteenlasketut päästöt ovat noin 101 100 tCO_2e.

Taulukko 13-20. Mantereen sähkönsiirron päästöt.

Hankevaihtoehto	SVE2b (sis. minimikombinaatioon)	SVE4 (sis. minimikombinaatioon)	SVE1a (sis. maksimikombinaatioon)	SVE3a (sis. maksimikombinaatioon)
	Minimikombinaatio		**Maksimikombinaatio**	
Maakaapelin rakentamisen aikaiset päästöt	600	2 800	600	700
Maakaapelin toiminnan aikaiset päästöt	4 000	11 800	3 400	2 400

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Hankevaihtoehto	SVE2b (sis. minimikombinaatioon)	SVE4 (sis. minimikombinaatioon)	SVE1a (sis. maksimikombinaatioon)	SVE3a (sis. maksimikombinaatioon)
Maakaapelin käytöstä poiston aikaiset päästöt	10	50	10	10
Maakaapelit yhteensä	**4 600**	**14 600**	**4 000**	**3 200**
Voimajohdon rakentamisen aikaiset päästöt	1 700	4 400	1 300	8 800
Voimajohdon toiminnan aikaiset päästöt	28 300	41 800	18 500	65 200
Voimajohdon käytöstä poiston aikaiset päästöt	30	70	20	100
Voimajohdot yhteensä	**30 100**	**46 300**	**19 800**	**74 100**
Mantereen sähkönsiirto yhteensä	**34 700**	**60 900**	**23 800**	**77 300**
Kombinaatio yhteensä	**95 600**		**101 100**	

Mantereen sähkönsiirron päästöistä rakentamisen päästöt, eli päästöt materiaalien valmistuksesta, kuljetuksesta ja rakentamisen polttoainekulutuksesta, ovat laskennallisesti noin 7–12 % mantereen sähkönsiirron kokonaispäästöistä. Toiminnan aikaiset päästöt, eli päästöt sähkönsiirtohäviöistä ja huollon polttoaine- ja materiaalikulutuksista, ovat laskennallisesti noin 87–93 % merikaapeleiden kokonaispäästöistä. Käytöstä poiston päästöt, eli päästöt purkamisen polttoainekulutuksista, kierrätyksestä ja kuljetuksista kierrätykseen, ovat laskennallisesti noin 0,1–0,2 % merikaapelien kokonaispäästöistä.

13.3.8 Hiilinielujen- ja varastojen menetys

Vaihtoehtoisten sähkönsiirtoreittien, vetyvaraston sekä mantereen sähköasemien rakentaminen edellyttää puuston poistoa ja raivausta. Sähkönsiirron osalta maakaapeli- ja voimajohtoaukean puusto raivataan. Voimajohtoaukealla kasvillisuus pääsee kasvamaan, mutta se raivataan keskimäärin 8 vuoden välein, eli kasvava kasvillisuus on keskimäärin noin 4-vuotiasta. Kasvava aluskasvillisuus on otettu huomioon hiilinielun menetyksessä. Hakattavan puuston hehtaari- ja kuutiomäärät on esitetty taulukossa 13-21.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 13-21. Raivattavat metsäalat yhteensä.

Toteutusvaihtoehto	Metsäala	
SVE1a voimajohto (sis. maksimi-kombinaatioon)	50	ha
	7 800	m^3
SVE3a voimajohto (sis. maksimi-kombinaatioon)	400	ha
	58 100	m^3
SVE2b voimajohto (sis. minimi-kombinaatioon)	70	ha
	10 600	m^3
SVE4 voimajohto (sis. minimi-kombinaatioon)	200	ha
	28 800	m^3
SVE1a maakaapelit (sis. maksimi-kombinaatioon)	20	ha
	2 200	m^3
SVE3a maakaapelit (sis. maksimi-kombinaatioon)	20	ha
	2 800	m^3
SVE2b maakaapelit (sis. minimi-kombinaatioon)	20	ha
	2 200	m^3
SVE4 maakaapelit (sis. minimi-kombinaatioon)	80	ha
	10 800	m^3
Mantereen sähköasema	30	ha
	4 300	m^3
Vetyvarasto	1	ha
	100	m^3

Hankkeen arvioitujen hiilinielujen ja -varastojen menetys on esitetty taulukossa 13-22.

Puuston hiilinielu kuvaa puuston hiilen määrää, joka ei pääse kasvamaan hankkeen elinkaaren aikana. Puuston hiilivaraston menetys riippuu puolestaan siitä, mihin käyttötarkoitukseen hakattavaa puustoa käytetään. Jos puu käytetään tuotteeseen, hiili on sitoutuneena niin pitkään kuin tuote on käytössä eikä sitä polteta. Kun tuote poltetaan, se vapauttaa hiilen ilmakehään eikä toimi enää hiilivarastona. Kansainvälisen ilmastopaneelin raportin mukaan puutuotteiden puoliintumisajat ovat kaksi vuotta paperille, 25 vuotta puupaneeleille ja 35 vuotta sahatavaralle (*Hiraishi ym. 2014*). Puoliintumisaika kuvaa aikaa, jossa puolet materiaalista menetetään.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Metsän maaperän hiilinielun menetys on puolestaan laskettu kappaleessa 13.1.1.7 esitettyjen laskenta menetelmien mukaisesti ja se kuvaa tilannetta, jossa maaperän hiilensitomiskyky menetetään kokonaisuudessaan hankkeen elinkaaren aikana. Maaperän arvioidun menetetyn hiilinielumäärän todenmukaisuus riippuu hakatun alueen käytöstä, eikä hiilinielua todennäköisesti menetetä kokonaan. Maaperän arviona on käytetty kivennäismaan vuosittaista kasvua, joka on huomattavasti pienempi verrattuna esimerkiksi turvepohjaisen maan hiilinieluun.

Lisäksi voimajohtoaukeiden alueella hiilitaseeseen vaikuttavat tekijät kuten puuston poisto, uudelleen kasvava aluskasvillisuus, karikkeen määrä ja vesitase. Nämä tekijät monimutkaistavat maaperän hiilitaseen arviointia.

Taulukko 13-22. Hankkeen aiheuttama hiilinielujen ja -varastojen menetys hankkeen elinkaaren aikana.

Hankevaihtoehto	Puuston hiilivaraston menetys, tCO_2	Puuston hiilinielun menetys, tCO_2	Metsän maaperän hiilinielun menetys, tCO_2
SVE1a voimajohto	10 800	17 300	2 500
SVE3a voimajohto	80 800	132 300	18 800
SVE2b voimajohto	14 800	23 600	3 400
SVE4 voimajohto	39 900	65 400	9 300
SVE1a maakaapeli	3 000	4 800	700
SVE2b maakaapeli	3 000	4 800	700
SVE3a maakaapeli	3 900	6 300	900
SVE4 maakaapeli	14 900	24 100	3 500
Mantereen sähköasema	6 000	9 800	1 400
Vetyvarasto	200	300	50

13.3.9 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

Vaihtoehdon VE0 päästöt on määritetty skenaarioille, joissa tuotetaan sähköä tai vetyä. Vaihtoehdossa, jossa tuotetaan sähköä, VE0 laskettiin perustuen SYKE:n energiaskenaarioon (*Suomen ympäristökeskus 2020*) ja se on arvioitu vuosille 2030–2064. Vaihtoehdossa, jossa tuotetaan vetyä, VE0 verrataan tilanteisiin, joissa vedyllä korvataan tavanomaisesti tuotettua vetyä ja LNG:tä meriliikenteen polttoaineena 35 vuoden ajan. Vaihtoehdon VE0 päästöt on esitetty oheisessa taulukossa 13-23.

Taulukko 13-23. Vaihtoehdon VE0 arvioidut päästöt hankkeen elinkaaren ajalle.

Hankevaihtoehto		
Sähkön tuotanto VE1 ja VE2	Tuotettu sähkömäärä	11 000 GWh/vuosi
	VE0, ennuste SYKE	20 246 000 tCO_2e
	Tuotetun vedyn energiamäärä	6 600 GWh/vuosi

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Hankevaihtoehto		
Vedyn tuotanto VE1 ja VE2	VE0, jos vety on tuotettu tavanomaisilla tuotantomenetelmillä	89 600 000 tCO_2e
	VE0, jos vety on tuotettu verkkosähköllä (=VE0, ennuste SYKE)	20 246 000 tCO_2e
	VE0, jos laivoissa käytetään polttoaineena LNG:tä	57 637 000 tCO_2e

13.3.10 Lisävaikutus meriliikenteen päästöihin

Merituulivoimapuisto vaikuttaa meriliikenteeseen matkoja pidentävästi. Vuodessa merituulivoimapuiston kiertoon menevä matka on arviolta noin 3 000 kilometriä ja polttoaineen kulutuksen lisäys on noin 70 m^3 vuodessa. Päästöjä tällä polttoainemäärältä muodostuu noin 230 tCO_2e vuodessa, eli noin 20 suomalaisen vuosipäästön verran. Vaikutus muuhun meriliikenteeseen on noin 0,2 % hankkeen aiheuttamista kokonaispäästöistä.

Vaikutusta meriliikenteeseen ei ole laskettu mukaan kokonaispäästöihin.

13.4 Yhteisvaikutukset

Laineen hanketta lähin merituulivoimahanke on Ruotsin talousvyöhykkeellä noin kilometrin etäisyydellä sijaitseva Kappa merituulivoimahanke (*Njordr Offshore Wind AB 2022*) (Kappan hankealuetta on muutettu siten, että se on kiinni talousvyöhykkeen rajassa, *Statkraft Offshore Wind AB 2024*, mutta muutos ei vaikuta vaikutusarviontiin). Kappan hankkeen voimaloiden rakentaminen voi ajoittua osin samaan aikaan Laineen hankkeen rakentamisen kanssa. Toteutuessaan hankkeet ovat toiminnassa yhtä aikaa. Lisäksi Laineen läheisyydessä on myös muita suunnittelun alussa olevia hankkeita (ks. luku 21). Jos merituulivoimapuistot aiheuttavat yhdessä laivaliikenteen reittien pidentymistä, ovat yhteisvaikutukset ilmaston osalta negatiiviset. Kasvihuonekaasupäästöjen vaikutukset ovat kuitenkin globaaleja ja niille on vaikea määrittää tarkkaa yhteisvaikutusta. Myönteisiä yhteisvaikutuksia voidaan em. hankkeiden arvioida aiheuttavan, mikäli molemmilla korvataan kohdemaansa nykyisiä fossiilisia energiamuotoja.

Kasvihuonekaasupäästöt aiheuttavat ilmaston lämpenemistä ja sen aiheuttamien riskien vuoksi etsitään globaalilla tasolla päästövähennysratkaisuja. Esimerkiksi EU:n ilmastolaissa on asetettu kasvihuonekaasupäästöille vähennystavoitteet. Päästövähennystoimena tässä tapauksessa samaan aikaan rakennettavien hankkeiden on teoriassa mahdollista pienentää logistiikan päästöjä yhteiskuljetuksien avulla.

Ilmastonmuutoksen aiheuttamissa riskeissä ei arvioida olevan kovin todennäköisiä yhteisvaikutuksia, mutta pahimpana skenaariona laajat metsäpalot voivat vaikuttaa useaan hankealueeseen.

Mantereella sijaitsevien hankkeiden ilmastoon liittyvät yhteisvaikutukset Laineen hankkeen kanssa on esitetty YVA-selostuksen osassa B.

13.5 Kokonaistulokset - Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys

Seuraavassa on käsitelty hankkeen kokonaistulokset elinkaaren ajalta. Rakentamisen ja toiminnan ajan sekä käytöstä poiston tulokset ovat osa-alueittain luvussa 13.3.

Hankkeen avulla voidaan tuottaa sähköä tai vetyä. Tuote vaikuttaa hankkeen kokonaispäästöihin rakennettavan infrastruktuurin kautta ja tuote vaikuttaa päästöjen vähentämismahdollisuuksien suuruuteen.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Päästölaskennassa havaittiin, että suurin päästövähenemä saavutetaan todennäköisimmin vetyä tuotettaessa. Ehdottomasti suurimmat päästöt syntyvät tuulivoimaloiden elinkaaresta, joiden osuus kokonaispäästöistä on vaihtoehdosta riippuen noin 84–95 %.

Kokonaistulosten vaihteluväli tuotettua sähköä kohden on noin 9,8–11,1 tCO_2e/GWh (vertailtaessa hankkeen ääripäiden tuloksia). Ilman tuotteen huomiointia hankkeen kokonaispäästöt ovat vaihtoehdosta riippuen vaihteluväliltään noin 3 774 000–4 273 000 tCO_2e. **Merellä muodostuvat päästöt ovat kokonaispäästöjen määrästä noin 90–99,8 %, eli ne ovat osuudeltaan hyvin merkittävät.**

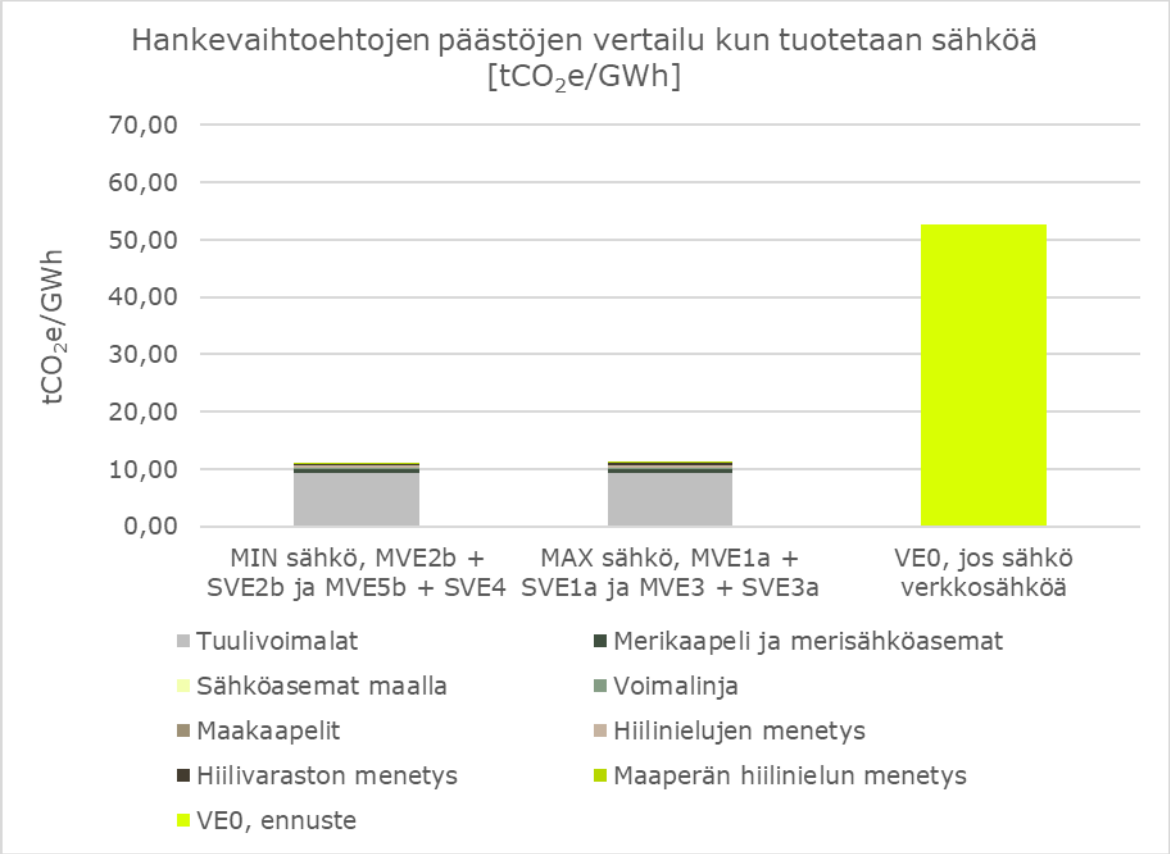
13.5.1 Sähkön tuotanto

Tulokset on käsitelty hankkeen kokonaistuloksina ottaen huomioon päästöt sekä merellä että maalla. Tuotettaessa 100 % sähköä, eriteltyjen merelle sijoittuvien toimintojen päästöjen osuus kokonaispäästöistä on minimivaihtoehdossa 92 % ja maksimivaihtoehdossa 90 %. Merelle sijoittuvien toimintojen päästöjen vaihteluväli on kokonaisuudessaan noin 3 837 700–3 837 800 tCO_2e ja tuotettua sähköä kohden noin 10,0 tCO_2e/GWh.

Sähköntuotannon päästöt on laskettu maksimi- ja minimitilanteissa päästöjen vaihteluvälin määrittämiseksi. Laskenta perustuu oletukseen, että merellä sähköä siirretään yhteensä kymmenellä merikaapelilla kahta reittiä pitkin. Maksimitilanteessa sähköä siirretään kahta reittiä, vaihtoehtoja MVE1a ja MVE3 pitkin ja maalla vaihtoehtoja SVE1a ja SVE3a pitkin. Minimitilanteessa sähköä siirretään myös kahta reittiä, vaihtoehtoja MVE2b ja MVE5b pitkin ja maalla vaihtoehtoja SVE2b ja SVE4 pitkin. Kokonaisuudessaan minimireitin päästöt ovat pienemmät siksi, koska se on myös lyhyin mahdollinen reittikombinaatio ja tarvitsee siksi vähiten rakennusmateriaaleja, joista aiheutuu päästöjä. Vastaavasti maksimireitin päästöt ovat suurimmat, koska se on pisin reittikombinaatio ja sen materiantarve on suurin.

Seuraavassa kuvaajassa (Kuva 13-6) ja taulukossa (Taulukko 13-24) on esitetty yhteenveto hankevaihtoehtojen päästöistä per tuotettua GWh kohden. Lasketut arvot ovat keskiarvoja elinkaaren ajalta. Päästöjä verrataan vaihtoehtoon VE0, joka kuvastaa tässä tilannetta, jossa tuotettu sähkö on yleisen ennustetun verkkosähkön mukaista.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 13-6. Hankevaihtoehtojen hiilijalanjäljen ja hiilinielujen ja -varastojen menetyksen vertailu yksikössä tCO_2e/GWh. Kun sähkönsiirtoinfran pituus on lyhimmillään, on päästöt pienimmillään ja vastaavasti kun sähkönsiirtoinfran pituus on pisimmillään, on päästöt suurimmillaan. Suurin päästölähde, tuulivoimalat, on jokaisessa hankevaihtoehdossa samansuuruinen.

Seuraavassa taulukossa (Taulukko 13-24) on esitetty hankevaihtoehtojen päästöt numeerisesti per tuotettua GWh:ta kohden ja päästövähenemä prosentteina. Mitä lyhyempi voimajohto on, sitä enemmän päästövähennystä hankkeen sähkön tuotannosta saadaan. Päästövähenemän määrä ei ole kuitenkaan hankevaihtoehtojen välillä merkittävä, sillä lyhyimmän sähkönsiirron tapauksessa se on -79,3 % ja pisimmän sähkönsiirron tapauksessa noin -78,9 %. Päästövähennys tulisi olemaan noin 16 000–16 100 $ktCO_2e$, joka on noin 1 600 000–1 610 000 suomalaisen vuosipäästön verran.

Taulukko 13-24. Hankevaihtoehtojen elinkaaren päästöt per tuotettua GWh:a kohden. ***Merelle sijoittuvien toimintojen päästöt ovat keltaisella pohjalla. Yhteistulos on summa koko hankeen toiminnoista.***

tCO_2e/GWh	MIN sähkö, min, MVE2b + SVE2b ja MVE5b + SVE4	MAX sähkö, max, MVE1a + SVE1a ja MVE3 + SVE3a
Tuulivoimalat	9,33	9,33
Merikaapelit ja merisähköasemat	0,63	0,63
Vety	-	-

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

tCO_2e/GWh	MIN sähkö, min, MVE2b + SVE2b ja MVE5b + SVE4	MAX sähkö, max, MVE1a + SVE1a ja MVE3 + SVE3a
Vetyputket	-	-
Vetyvarastot	-	-
Sähköasemat maalla	0,09	0,09
Maakaapelit	0,05	0,02
Voimalinja	0,20	0,24
Hiilinielujen menetys	0,33	0,44
Hiilivarastojen menetys	0,20	0,27
Maaperän hiilinielun menetys	0,05	0,06
Yhteensä	**10,9**	**11,1**
VE0, sähköverkon ennuste (2030–2064)	**53**	**53**
Päästövähenemä	**-79 %**	**-79 %**

13.5.2 Vedyn tuotanto

Tulokset on käsitelty hankkeen kokonaistuloksina ottaen huomioon päästöt sekä merellä ja maalla. Eriteltyjen merelle sijoittuvien toimintojen päästöjen osuus kokonaispäästöistä on vetyä tuotettaessa 99,8 %. Merelle sijoittuvien toimintojen päästöt 100 % vetyä tuotettaessa ovat vaihteluväliltään noin 3 768 000–3 790 000 tCO_2e ja tuotettua sähköä kohden noin 9,79–9,84 tCO_2e/GWh.

Kuten sähkön tapauksessa, myös 100 % vedyn tapauksessa päästöt on määritelty maksimi- ja minimitilanteille päästöjen vaihteluvälin selvittämiseksi. Laskenta perustuu oletukseen, että vetyä siirretään yhtä vetyputkea pitkin mantereelle. Maksimitilanteessa vetyä siirretään VVE1 pitkin, joka on pisin. Päästöt ovat siinä suurimmat, koska mitä pidempi siirtoputki on, sitä enemmän sen rakentamiseen tarvitaan materiaaleja, ja vastaavasti sitä enemmän syntyy päästöjä. Minimitilanteeksi on arvioitu VVE2/VVE3 vaihtoehdot, joista toinen toteutetaan. VVE2 ja VVE3 ovat lähes samanpituiset, joten niiden päästöt on arvioitu yhtä suuriksi. Minimitilanteen toteutuksessa vain toinen vaihtoehdoista toteutetaan.

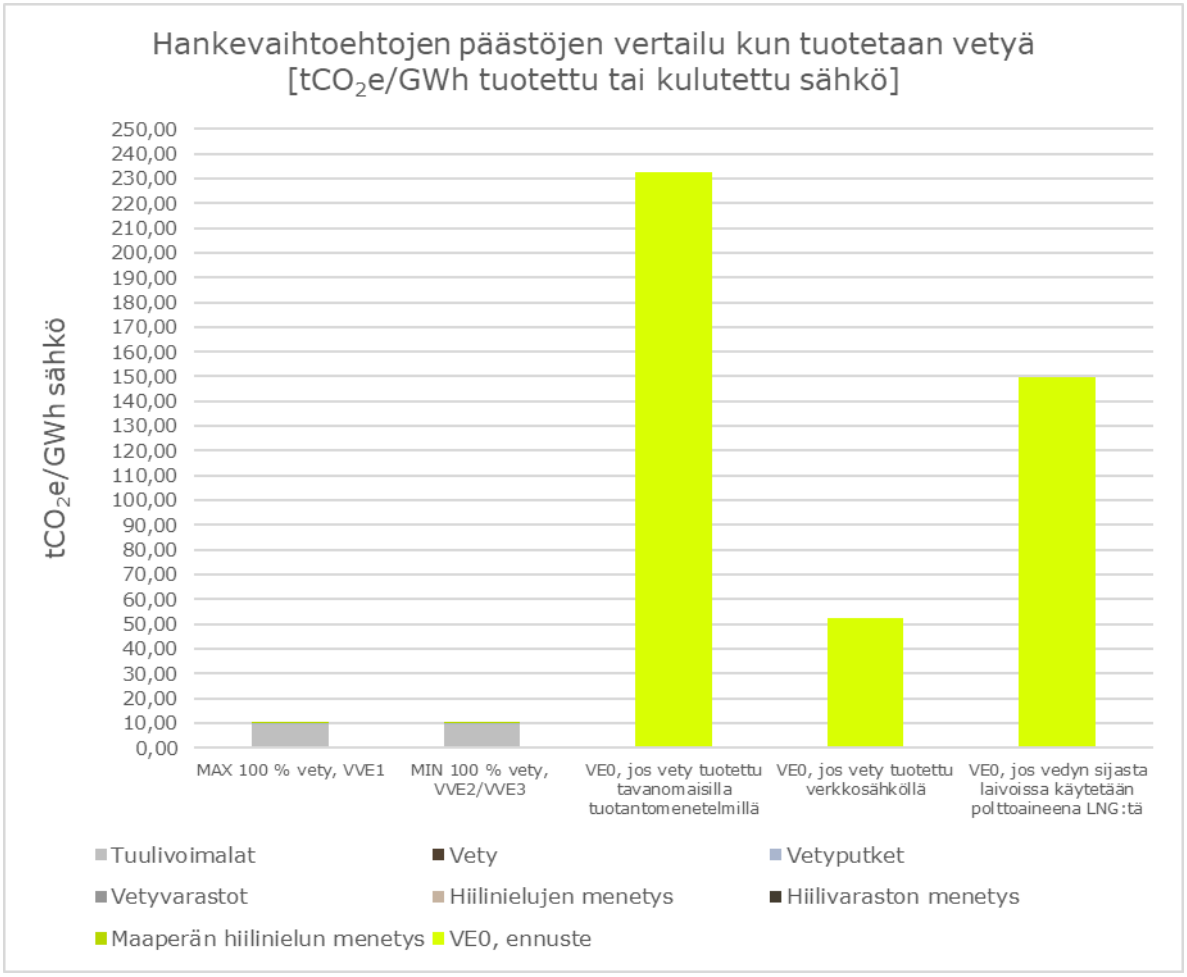
Seuraavassa kuvaajassa (Kuva 13-7) ja taulukossa (Taulukko 13-25) on esitetty yhteenveto hankevaihtoehtojen päästöistä per tuotantoon kulutettua GWh:ta kohden.

Vaihtoehdon VE0 tapauksessa vedyn tuotannon vähähiilistymistä ja laivojen polttoaineiden vähähiilistymistä ei voitu ottaa tarkasti huomioon. Vedyn tuotannon tapauksessa päästötaso tulevaisuudessa kuitenkin tulee olemaan sen mukainen, millä energiatyypillä vetyä tullaan tuottamaan. Jos vety tuotetaan uusiutuvilla energialähteillä, on sähkönkulutuksen elinkaaren aikaiset päästöt tuulisähköä käytettäessä keskimäärin luokkaa 11 tCO_2e/GWh kulutettua sähköä ja aurinkosähköä käytettäessä noin 27–48 tCO_2e/GWh kulutettua sähköä (*Schlömer ym. 2014*). Tässä arvioinnissa

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

oletettiin, että jos vety tuotettaisiin Suomen keskimääräisellä verkkosähköllä, olisivat päästöt lähellä samaa kuin vaihtoehdon VE0 ennusteessa sähkölle, eli 53 tCO_2e/GWh. Lisäksi tehtiin arvio tilanteesta, jossa vety tuotetaan tavanomaisella tuotantomenetelmällä. Tavanomainen tuotantomenetelmä perustuu keskiarvoisesti maakaasun höyryreformointiin ja silloin päästöt ovat noin 230 tCO_2e/GWh kulutettua sähköä (*IEA 2023*).

Laivaliikenteen tapauksessa LNG luetellaan vaihtoehtoisiin polttoaineisiin, joka on vähäpäästöisempi kuin esimerkiksi nykyään meriliikenteessä käytetyt polttoaineet. Muita mahdollisia polttoaineita ovat synteettiset vähähiiliset polttoaineet, biopolttoaineet, ammoniakki ja LPG. Vetyä voidaan käyttää laivoissa polttoaineena sellaisenaan tai jalostettuna synteettisiksi polttoaineiksi. LNG:n, LPG:n ja metanolin käyttö vähentää päästöjä verrattuna tavanomaisiin meriliikenteen polttoaineisiin, mutta on arvioitu, etteivät ne mahdollista liikenteen hiilineutraliteettitavoitteiden saavuttamista. (*Takala ym. 2022)* LNG valittiin tähän tarkasteluun sen käytön potentiaalin vuoksi. Laskennassa on huomioitu sähkön energiasisällön häviöt, kun vetyä tuotetaan sähköstä. 11 000 GWh:sta sähköä on oletettu saavan noin 200 000 tonnia vetyä. Tämän vedyn energiasisältö on noin 6 600 GWh.



Kuva 13-7. Hankevaihtoehtojen hiilijalanjäljen ja hiilinielujen ja -varastojen menetyksen vertailu yksikössä tCO_2e/GWh sähköä. Toteutusvaihtoehdoissa kyseinen sähkömäärä tuotetaan ja muunnetaan vedyksi. Käytännössä se kuvaa vedyn päästöä per siihen kulutettua sähköä kohden. VE0:n tapauksissa verrannollinen vetymäärä käytettäisiin korvaamaan tavanomaisia tuotetta (keskimääräinen tuotantotapa, pääosin muuntaminen maakaasusta) ja jos vety tuotetaan suomalaisen sähköverkon sähköllä, sekä mahdollista fossiilista käyttökohdetta (LNG:tä). 11 000 GWh:stä sähköä oletetaan tuotettavan 200 000 tonnia vetyä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Seuraavassa taulukossa (Taulukko 13-25) on esitetty hankevaihtoehtojen päästöt numeerisesti per tuotettua GWh:a kohden ja päästövähenemä prosentteina. Tuotteen käyttökohde vaikuttaa merkittävästi saavutettavaan päästövähenemään. Päästövähennys tulisi olemaan noin 16 000–86 000 $ktCO_2e$, riippuen vedyn käyttökohteesta. Päästövähennys on noin 1 600 000–8 600 000 suomalaisen vuosipäästön verran.

Taulukko 13-25. Hankevaihtoehtojen elinkaaren päästöt per kulutettua GWh:a kohden. ***Merelle sijoittuvien toimintojen päästöt ovat keltaisella pohjalla. Yhteistulos on summa koko hankkeen toiminnoista.***

tCO_2e/GWh	MIN vety, min, VVE2/VVE3	MAX vety, max, VVE1
Tuulivoimalat	9,33	9,33
Merikaapelit ja merisähköasemat	-	-
Vety	0,18	0,18
Vetyputket	0,27	0,33
Vetyvarastot	0,01	0,01
Sähköasemat maalla	-	-
Maakaapelit	-	-
Voimalinja	-	-
Hiilinielujen menetys	<0,01	<0,01
Hiilivarastojen menetys	<0,01	<0,01
Maaperän hiilinielun menetys	<0,01	<0,01
Yhteensä	**9,8**	**9,9**
VE0, korvattaessa nykyistä vedyn tuotantoa	**233**	**233**
Päästövähenemä	**-96 %**	**-96 %**
VE0, jos vedyn tuotanto on ennustetun sähköverkon päästöjen mukaista	**53**	**53**
Päästövähenemä	**-81 %**	**-81 %**
VE0, korvattaessa laivojen LNG:tä	**150**	**150**
Päästövähenemä	**-93 %**	**-93 %**

13.5.3 Vaikutusten arviointi

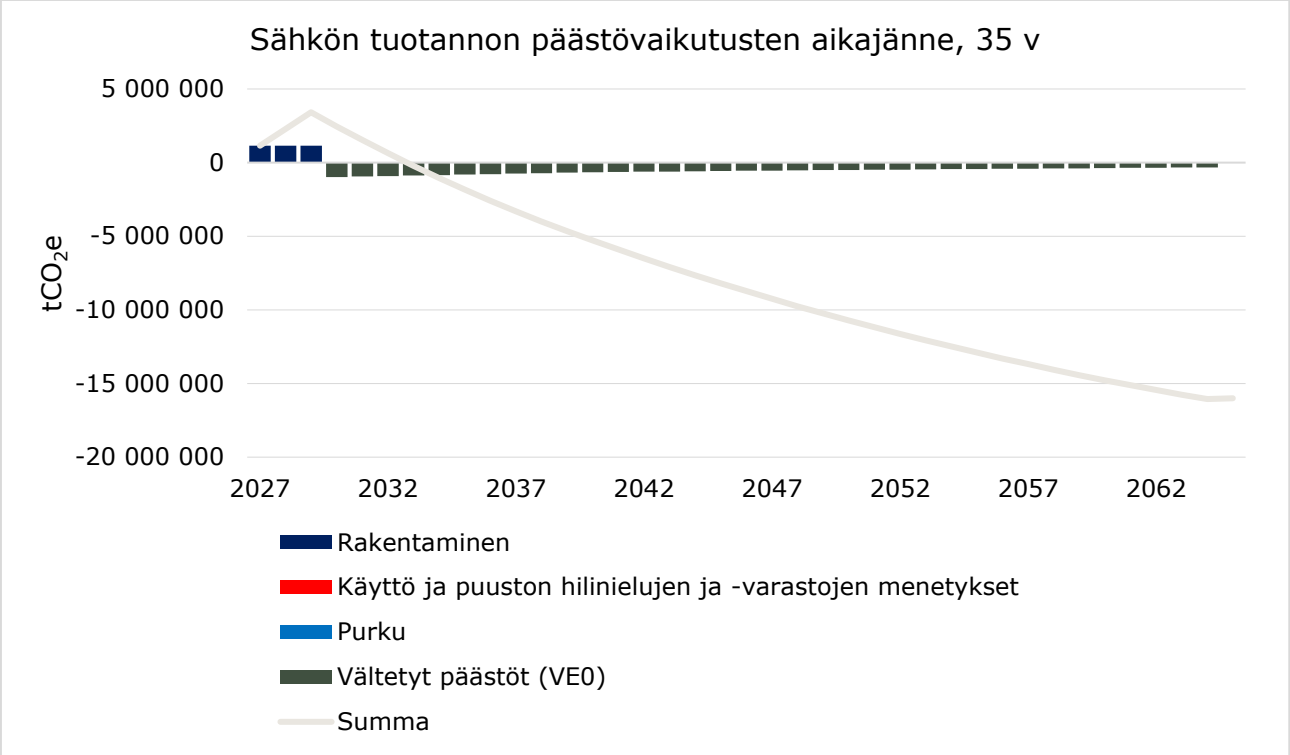
Kaikkien hankevaihtoehtokombinaatioiden päästöt tuotettua sähkön määrää kohden ovat huomattavasti pienemmät kuin hankkeen toteuttamatta jättämisen vaihtoehdon VE0 päästöt.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kokonaistulosten vaihteluväli on noin 9,8–11,1 tCO_2e/GWh (vertailtaessa hankkeen ääripäiden tuloksia). **Merelle sijoittuvien toimintojen päästöt ovat kokonaiselinkaaripäästöjen määrästä 90–99,8 %, eli ne ovat osuudeltaan hyvin merkittävät.**

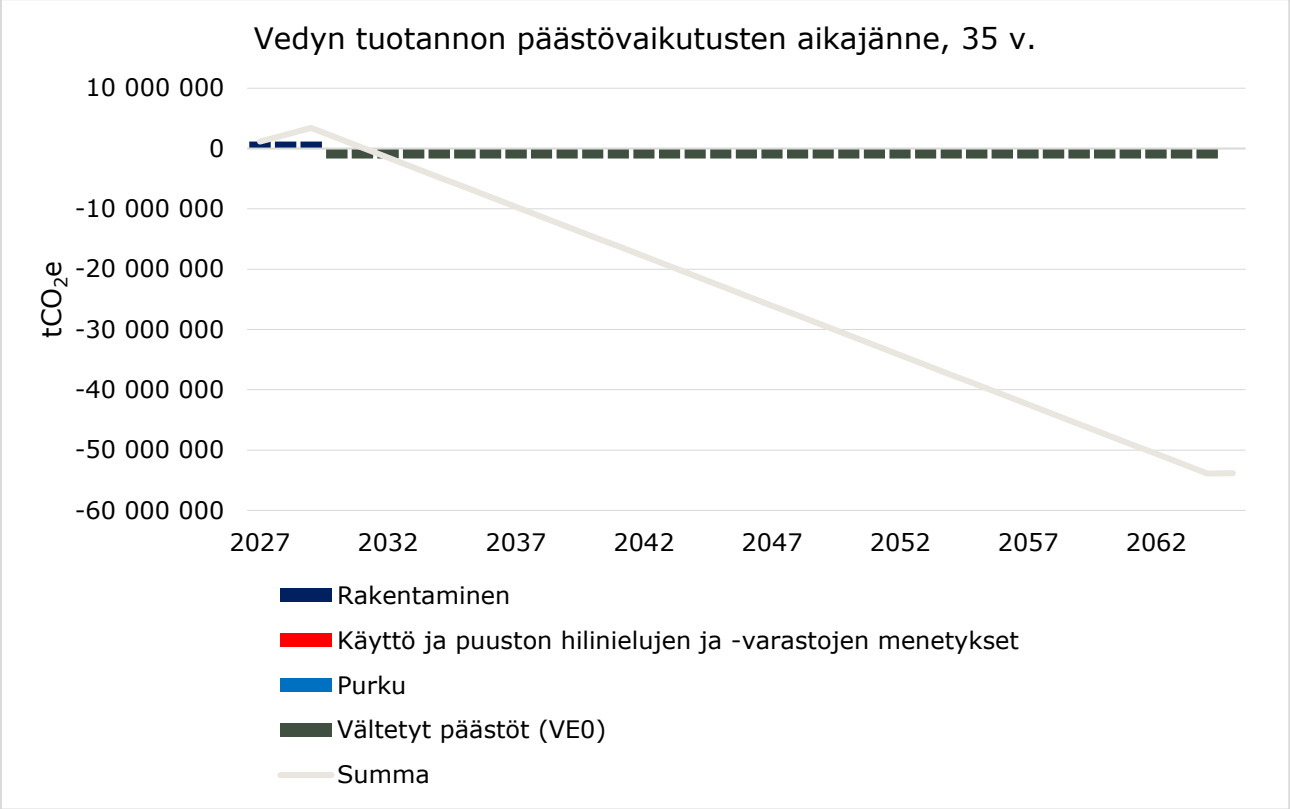
Laskenta toteutettiin laskemalla sähkön- ja vedyntuotantoskenaarioista minimi- ja maksimivaihtoehdot. Korkeimmat päästöt aiheutuvat hankevaihtoehdosta, jossa tuotetaan 100 % sähköä ja sähkönsiirtoinfrastruktuuri on kokonaisuudessaan pisin. Pienimmät päästöt aiheutuvat hankevaihtoehdosta, jossa tuotetaan 100 % vetyä ja vedynsiirtoputki on lyhyin. Merkittävin ero toteutusvaihtoehtojen välillä on energiasiirtoreittien pituudessa ja niihin liittyvässä materiaalien käytössä. Voimajohtolinjan alueelta pitää myös kaataa metsää, joka lisää menetetyn hiilinielun ja -varaston määrää.

Mikäli tuulisähköllä verrataan ennusteen mukaiseen verkkosähköön Suomessa, positiiviset vaikutukset ylittävät negatiiviset vaikutukset noin kolmannen tuotantovuoden jälkeen (Kuva 13-8). Verrattaessa vedyn käyttöä LNG:hen laivojen polttoaineena, positiiviset vaikutukset ylittävät negatiiviset vaikutukset toisen tuotantovuoden jälkeen (Kuva 13-9). Hankkeen ensimmäisinä vuosina toiminnasta syntyy vain päästöjä. Kun tuulivoimalat tuottavat sähköä, kääntyy toiminta muutaman ensimmäisen toimintavuoden jälkeen päästöhyötyjä tuottavaksi toiminnaksi.



Kuva 13-8. Sähkön tuotannon päästövaikutuksien aikajänne 35 vuoden ajalle, kun sähköä verrataan tulevaisuuden ennustettuun verkkosähköön.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 13-9. Vedyn tuotannon päästövaikutuksien aikajänne 35 vuoden ajalle, kun vedyllä korvataan LNG:tä.

Vaikutusten merkittävyyden arvioinnissa muutoksen suuruutena arvioitiin päästöjen suuruutta vaihtoehtoon VE0 verraten. Kohteen herkkyyttä arvioitiin sen perusteella, miten vahvasti hanke on ilmastotavoitteiden mukainen. Rakentamisen aikaiset merkittävyydet on arvioitu taulukossa 13-26 ja käytön aikaiset merkittävyydet taulukossa 13-27.

Hankkeen rakentaminen ei ole suoraan ilmastotavoitteiden mukaista, mutta sen avulla saavutetaan tavoitteiden mukainen energiainfrastruktuuri. Huomioitavaa on, että toiminnan ajan hyödyt ylittävät rakentamisen haitat jo hankkeen elinkaaren alkuvaiheessa. Näin ollen hankkeen arvioitiin kokonaisuutena olevan ilmastotavoitteiden mukainen.

Rakentamisen aikana merituulivoiman herkkyys arvioitiin suureksi ja toiminnan aikana erittäin suureksi molempien vaihtoehtojen VE1 ja VE2 osalta, koska valtakunnallisena tavoitteena on irtautua fossiilisista polttoaineista ja siirtyä uusiutuviin energianlähteisiin. Rakentamisen herkkyys arvioitiin suureksi, koska se auttaa välillisesti tavoitteiden saavuttamisessa, kun taas toiminnan aika on suoraan tavoitteiden toteuttamista ja herkkyys arvioitiin siksi erittäin suureksi. Energiansiirtoreittien osalta herkkyys arvioitiin kohtalaiseksi.

Merituulivoimaloiden rakentamisen aikaiset vaikutukset (VE1 ja VE2) arvioitiin olevan suuresti negatiiviset rakentamisen laajuudesta ja suuresta materiaalitarpeesta johtuen. Energiansiirron (sähkö: MVE1a/b, MVE2a/b, MVE3, MVE4, MVE5a/b ja SVE1a/b-SVE3a/b, SVE4; vedynsiirto: VVE1, VVE2, VVE3a/b) ja vedyn tuotannon rakentamisen aikaiset vaikutukset arvioitiin olevan suuruudeltaan kohtalaiset.

Valtakunnallisesti sähköntarve kasvaa ja ilmaston kannalta on positiivista, että sähköä tuotetaan uusiutuvilla energiamuodoilla. Tällöin vältytään enempien kasvihuonekaasupäästöjen synnyltä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 13-26. Ilmastoon kohdistuvien vaikutusten merkittävyys eri hankevaihtoehdoissa rakentamisen aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus					Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohta-lainen	Vähäi-nen	Ei muutosta	Vähäi-nen	Kohta-lainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäi-nen									
	Kohta-lainen			MVE1a/b MVE2a/b MVE3 MVE4 MVE5a/b SVE1a/b-SVE3a/b SVE4 VVE1 VVE2 VVE3a/b						
	Suuri		VE1 VE2			VE0				
	Erittäin suuri									

Merituulivoimaloiden toiminnan aikaiset (VE1 ja VE2) vaikutukset arvioitiin ilmaston kannalta positiivisesti hyvin merkittäviksi – toiminnan aikana hankkeella arvioitiin olevan sähköä tuotettaessa suuri myönteinen vaikutus ja yhdessä vedyn tuotannon (vety) kanssa erittäin suuri vaikutus. Energiansiirto (sähkö: MVE1a/b, MVE2a/b, MVE3, MVE4, MVE5a/b ja SVE1a/b-SVE3a/b, SVE4; vedynsiirto: VVE1, VVE2, VVE3a/b) arvioitiin välillisen vaikutuksensa vuoksi positiivisesti kohtalaisiksi. Uusiutuvan energian tuotanto on erittäin suuresti ilmastotavoitteiden mukaista, joten sen herkkyys arvioitiin toiminnan aikana merituulivoimaloissa erittäin suureksi ja energiansiirrossa suureksi.

Energiasiirron toteutus on keskeinen osa uusiutuvan energian hankkeita, sillä ne edistävät välillisesti uusiutuvan energian käyttöä. Toiminnan aikana merkittävyys arvioitiin olevan suuresti myönteinen. Jos uusiutuvaa energiaa ei tuoteta (VE0), arvioitiin sillä olevan haitalliset vaikutukset ilmastolle. Haitallinen vaikutus ei oikeasti suoraan kohdistu tähän hankkeeseen ilmastovaikutuksien ollessa globaaleja, mutta jos yleisesti energian tuotannossa ei siirrytä tehokkaisiin vihreisiin tuotantotapoihin, edistää se ilmastonmuutosta.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 13-27. Ilmastoon kohdistuvien vaikutusten merkittävyys eri hankevaihtoehdoissa käytön aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus				Positiivinen	
		Erittäin suuri	Suuri	Kohta-lainen	Vähäi-nen	Ei muutosta	Vähäi-nen	Kohta-lainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäi-nen									
	Kohta-lainen									
	Suuri							MVE1a/b MVE2a/b MVE3 MVE4 MVE5a/b SVE1a/b-SVE3a/b SVE4 VVE1 VVE2 VVE3a/b		
	Erittäin suuri		VE0 vety	VE0 sähkö					VE1 - VE2 sähkö	VE1-VE2 vety

Ruoppausta ja sedimenttien läjitystä ei otettu erikseen huomioon ilmastovaikutusten arvioinnissa. Merituulivoimaloiden osalta sen päästöt luotetaan sisältyvän laskennassa hyödynnettyyn LCA:han. LCA-raportti sisältää koneiden käytön päästöt pohjatöistä tuulivoimala-alueella, mutta siinä ei erikseen sanallisesti eritellä esimerkiksi täsmällisesti ruoppauksen tai sedimenttien osuutta. Koska tuulivoimaloiden elinkaareen verrattuna ruoppauksen päästöt eivät todennäköisesti ole merkittävät, on ruoppauksen päästöt ja sedimenttien läjitys rajattu kaksoislaskennan välttämiseksi pois.

13.6 Ilmastonmuutoksen vaikutukset hankkeeseen ja niihin sopeutuminen merellä

Ilmastonmuutokseen sopeutumisella tarkoitetaan toimia, joilla voidaan vähentää, varautua ja sopeutua ilmastonmuutoksen aiheuttamiin vaikutuksiin ja riskeihin.

Ilmastonmuutos voi vaikuttaa hankkeeseen muun muassa seuraavasti:

- Meriveden muutoksen riskit
- Tulva- ja myrskyriskit: herkkyys mm. vesistö- ja rankkasadetulville.
    - Merenpinnan nousu yhdessä voimakkaampien myrskyjen kanssa voi aiheuttaa aiempia korkeampia meritulvia
- Keskilämpötilan ja maksimilämpötilan nousu: Vaikutukset vedyntuotannon jäähdytystarpeeseen

Toiminta on toteutettavissa fyysisistä ilmastoriskeistä huolimatta, mutta muuttuvan ilmaston aiheuttamat muutokset säähän ja fyysisiin riskeihin tulee tunnistaa jo tässä vaiheessa hanketta ja huomioida suunnittelussa ja toteutuksessa.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Arvio ilmastonmuutokseen sopeutumisesta tehtiin pitkän aikavälin ilmastoskenaarioiden avulla noin vuosille 2041–2100. Tuulivoimaloiden käyttöikä on noin 35 vuotta, mutta niiden käyttöikää on mahdollista pidentää.

13.6.1 Meriveteen liittyvät muutokset

Kuten luvussa 13.2.3 on esitetty, ilmastonmuutoksen keskiskenaariossa merenpinnan ennustetaan laskevan Perämerellä noin 10–20 cm 2050-lukuun mennessä ja noin 20–30 cm 2100-lukuun mennessä maankohoamisen vuoksi. Puolestaan ilmastonmuutoksen korkeimman skenaarion mukaan Perämeren merivesi voi pysyä samalla tasolla 2050-lukuun asti, jonka jälkeen merivesi nousee noin 30 cm vuosisadan loppuun mennessä. *(Pellikka ym. 2018)*

Merivesitulvien riski korreloi meriveden pinnan muutosten kanssa. Merivesitulvien riskin arvioidaan pysyvän ennallaan tai pienenevän vuoteen 2050 asti. 2100-lukuun mennessä merivesitulvariski pysyy ennallaan tai kasvaa meriveden korkeuden nousun vaikutuksesta. (*Gregow ym. 2021*)

Itämeren ennustetaan happamoituvan 0,2 (positiivisempi ilmastonmuutoksen skenaario, noin 550 ppm CO_2:sta ilmakehässä) – 0,4 (pahin ilmastonmuutoksen skenaario, noin 850 ppm CO_2:sta ilmakehässä) pH-yksikköä 2100-lukuun mennessä. *(Schneider ym. 2015)* Perämeren pH on keskimäärin noin 7,7 (*HELCOM 2023d*).

Meren jään paksuuden arvioidaan pienenevän noin 6–7 cm vuosikymmenessä. Tyypillisesti maksimipaksuus on nykyisin 40–75 cm, joten 2050-luvulla maksimipaksuus saattaa olla noin 19–48 cm ja 2100-luvulla noin 0–19 cm. Jään vähenemisen arvioidaan voimistavan aalto-olosuhteita talvella ja alkukeväästä (*Gregow ym. 2021*). Lisäksi liikkuvat jäälautat saattavat aiheuttaa eroosiota rakenteissa (*EPA 2023b*).

Merivedenpinnan lämpötila tulee nousemaan ilmastonmuutoksen seurauksena. Merivedenpinnan lämpötilannousu on esitetty oheisessa taulukossa (Taulukko 13-28).

Taulukko 13-28. Merivedenpinnan lämpötilan muutokset eri ilmastoskenaarioissa CMIP6-mallissa (suluissa vuoden keskiarvot) (IPCC 2023)

Merenpinnan lämpötilannousu	**Keskipitkä aikaväli 2041–2060**		**Pitkä aikaväli 2081–2100**	
Verrattuna vuosiin 1981–2010	RCP4.3	RCP8.5	RCP4.3	RCP8.5
Kesä-elokuu	+2 °C (=+7 °C)	+2,5 °C (=+7,5 °C)	+3 °C (=+8 °C)	+5 °C (=+10 °C)
Tammi-helmikuu	+1,8 °C (=+3 °C)	+1,8 °C (=+3 °C)	+2 °C (=+3 °C)	+3 °C (=+4 °C)

Sopeutuminen

Varautuminen meriveden pinnannousun riskiin on hyvä ottaa huomioon suunnittelu- ja rakennusvaiheessa tekemällä rakenteista riittävän korkeita.

Mikäli meriveden pH:n muutos vaikuttaa betonirakenteiden kestävyyteen, tulee aiempaa alempi pH-taso myös ottaa huomioon suunnittelussa ja käytössä.

Mahdollinen meren jään ohentuminen pidentää avovedellä liikkumisaikaa ja vähentää jäänmurtajan käyttöä, mikä voi tuoda polttoaineiden säästöä. Toisaalta jäätä pitkin kulkeminen vaikeutuu eikä kulkemista voi laskea sen varaan. Jäälauttojen tiheämpi muodostuminen (lämpötilan

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

sahatessa jäätymispisteen molemmin puolin), kulkeutuminen ja kasautuminen voi aiheuttaa eroosioriskin, joka voi olla hyvä huomioida rakenteiden suunnittelussa.

Merivedenpinnan lämpötilan muutoksien riskiä on tarkasteltava käytettävien rakenteiden materiaalien kannalta, jotta ne voidaan suunnitella mahdollisimman kestäväksi.

13.6.2 Tuulisuus

Tuulisuus vaikuttaa voimaloiden tapauksessa energian tuotantoon, mutta myös maksimituulet haastavat isojen rakenteiden kestävyyttä. Keskimääräistä tuulta ennustavien mallien tarkkuutta ei ole arvioitu kovin hyväksi ja muutoksiin liittyy suuria epävarmuuksia, mutta arvioiden mukaan Suomessa tuulisuus voivat lisääntyä hieman ilmastonmuutoksen vaikutuksesta. Keskimääräisissä myrskyjen määrässä ja voimakkuudessa ei todennäköisesti tule olemaan suuria muutoksia (*Gregow ym. 2021*).

Sopeutuminen

Myrskytuuliin sopeutumiseksi voimalat ja muut rakenteet on suunniteltava ja rakennettava myrskytuulien kestäväksi.

Erityisesti mereltä puhaltavien länsituulten on ennustettu yleistyvän ja voimistuvan ilmastonmuutoksen myötä, mikä voi hyödyttää Suomen läntisten rannikkoalueiden tuulivoimatuotantoa (*Ruosteenoja ym. 2019*).

13.6.3 Keskilämpötilan ja maksimilämpötilan nousu

Keskilämpötilat tulevat nousemaan hankealueella keskipitkällä aikavälillä RCP4.3-RCP8.5 skenaariossa 2,7–3,2 astetta ja pitkällä aikavälillä +3,8–6,5 astetta. Alla olevassa taulukossa (*Taulukko 13-29*) on esitetty arvioidut keski- ja maksimilämpötilojen muutokset hankealueella.

Taulukko 13-29. Lämpötilojen muutokset (ja tulevat keskiarvot) eri ilmastoskenaarioissa CMIP6-mallissa (IPCC 2023).

Lämpötilannousun muutokset	**Keskipitkä aikaväli 2041–2060**		**Pitkä aikaväli 2081–2100**	
Verrattuna vuosiin 1981–2010	RCP4.3	RCP8.5	RCP4.3	RCP8.5
Keskilämpötila Koko vuosi	+2,7 °C (=+4,0 °C)	+3,2 °C (=+4,7 °C)	+3,8 °C (=+5,1 °C)	+6,5 °C (=+7,9 °C)
Keskilämpötila Kesä-elokuu	+2,5 °C (=+13,7 °C)	+3,2 °C (=+14,4 °C)	+3,6 °C (=+14,9 °C)	+6,1 °C (=+17,5 °C)
Keskilämpötila Tammi-helmikuu	+3,4 °C (=-4,7 °C)	+4,2 °C (=-3,9 °C)	+4,6 °C (=-3,6 °C)	+7,8 °C (=-0,3 °C)
Maksimilämpötila Kesä-elokuu	+2,5 °C (=+16,2 °C)	+3,1 °C (=+16,8 °C)	+3,5 °C (=+17,2 °C)	+6,1 °C (=+19,7 °C)
Maksimilämpötila Tammi-helmikuu	+3,0 °C (=-3,1 °C)	+3,7 °C (=-2,2 °C)	+3,9 °C (=-2,1 °C)	+6,9 °C (=+0,9 °C)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Sivuavana ilmaston lämpenemisen riskinä on jäätymis- ja sulamisjaksojen tiheys kylminä aikoina. Peräkkäiset jäätymis- ja sulamisjaksot voivat aiheuttaa rakenteiden kulumista aiempaa enemmän.

Sopeutuminen

Keski- ja maksimilämpötilojen nousu tulee ottaa huomioon vetyprosessissa jäähdytystarpeen lisääntymisen vuoksi. Teknisissä laitteistoissa on hyvä huomioida tulevaisuuden lämpimämmät olosuhteet, mikäli niiden hyötysuhde muuttuu lämpötilan vaikutuksesta ja laitteiden käytölle asetettu maksimilämpötiloja.

Toisaalta lämmön sahatessa talvella jäätymispisteen molemmin puolin on otettava huomioon rakenteiden kestävyydessä. Lapojen mahdollinen jäätyminen tullaan huomioimaan ja sille mietitään ehkäisemis- ja varautumiskeinot. Tähän on varauduttu OX2:n riskienhallinnassa.

Vedyn tuotantolaitteistoa monitoroidaan ja säädetään tarvittaessa mm. ulkoisten vaikutusten seurauksista.

13.7 Arvioinnin epävarmuudet

Arviointi on pyritty toteuttamaan yliarviona ja kaksoislaskentaa on vältetty. Päästölaskennan tulokset ovat laskennallisia tuloksia, jotka on arvioitu saatavilla olleiden lähtötietojen ja soveltuviksi arvioitujen päästökertoimien perusteella eikä niitä pidä käsitellä absoluuttisina totuuksina.

Verifioituja LCA:ta on pyritty löytämään ja hyödyntämään niiden tarkkuuden vuoksi, mutta usein sellaisia ei ole ollut saatavilla. Muuten laskenta on tehty materiaaliperusteisesti perustuen suurimpiin materiaalimääriin, kuljetuksiin ja muihin merkittäviin päästölähteisiin. Tällöin laskenta on suppeampi ja siihen liittyy enemmän epävarmuutta.

Ruoppausta ja sedimenttien läjitystä ei otettu erikseen huomioon ilmastovaikutusten arvioinnissa. Merituulivoimaloiden osalta sen päästöt luotetaan sisältyvän laskennassa hyödynnettyyn LCA:han (Siemens Gamesan tekemä EPD (Environmental Product Declaration) SG 14-236 -merituulivoimalla tuotetulle sähkölle). LCA-raportti sisältää koneiden käytön päästöt maatöistä tuulivoimala-alueella, mutta siinä ei erikseen sanallisesti eritellä esimerkiksi ruoppauksen tai sedimenttien osuutta. Koska tuulivoimaloiden elinkaareen verrattuna ruoppauksen päästöt eivät todennäköisesti ole merkittävät, on ruoppauksen päästöt ja sedimenttien läjitys rajattu kaksoislaskennan välttämiseksi pois. Lisäksi mahdollista ruoppauksen yhteydessä tapahtuvaa vedenalaisen hiilivaraston menetystä ei ole otettu huomioon. Laskelma ei siten vastaa täydellisesti tulevaa toteutusta. Tässä työssä käytetty merituulivoiman elinkaarilaskennan päästö valikoitui päästökertoimeksi, koska kyseessä on suurin merituulivoimala, josta oli saatavilla arvioinnin toteutusaikaan päästökerroin. Kooltaan referenssipäästökerroin on kuitenkin pienemmälle tuulivoimalle kuin tähän hankkeeseen suunniteltu voimalakoko 25 MW. Aiempiin vastaaviin töihin pohjaten, tuulivoimaloiden päästökertoimien päästöt pysyvät pääasiassa samalla tasolla tuotettua sähköä kohden riippumatta voimalan koosta. Tapauskohtaisia eroja voi kuitenkin olla (esimerkiksi tässä vaiheessa ei tiedetä muuttuuko päästöjen ja sähköntuotannon suhde voimalakoon kasvaessa merkittävästi), mikä on myös tässä arvioinnissa epävarmuustekijä tuulivoimaloiden ollessa hankkeen suurin päästölähde.

Merkittävimmäksi epävarmuudeksi voidaan arvioida vaihtoehdon VE0 laskenta, sillä arvioinnin loppupäätelmät perustuvat vahvasti sen pohjalle. VE0 on pyritty arvioimaan realistisilla vertailuarvoilla, mutta todellisuudessa hankkeen päästövähennysvaikutus riippuu siitä, mihin suuntaan sähkön tuotantorakenne ja kulutus kehittyvät tulevaisuudessa.

Ilmastonmuutoksen vaikutuksien arvioinnissa epävarmuutta liittyy ennustettujen ilmastoskenaarioiden toteutumiseen tulevina vuosikymmeninä. Erityisesti tuulisuuden muutosten mallinnustuloksissa on suuret vaihteluvälit, jolloin luotettavia ennusteita on vaikea tehdä. Arvioinnissa on käytetty parhaimpiin saatavilla oleviin tutkimuksiin perustuvia tietoja.

Epävarmuutta liittyy myös puuston hiilivaraston ja maaperän hiilinielun menetyksiin. Puuston hiilivarasto on laskennassa oletettu menetettäväksi välittömästi hakkuuhetkellä, mutta

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

todellisuudessa menetyksen ajankohta on riippuvainen puun loppukäyttökohteesta. Maaperän hiilinielu taas on laskettu keskimääräisellä suomalaisen kivennäismaan metsän hiilinielun kertoimella, jolloin se ei huomioi erilaisten kasvupaikkatyyppien vaikutusta nielun suuruuteen. Lisäksi hakkuiden ja muun maanmuokkauksen vaikutusta nieluihin on vaikea arvioida laskennallisesti.

13.8 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen

Vaikka tuulivoima itsessään auttaa kokonaisvaikutusten lieventämisessä, on tulevaisuudessa kiinnitettävä huomiota entistä enemmän myös rakentamisessa ja tuulivoimalan materiaalien tuottamisessa syntyviin päästöihin.

Kasvihuonekaasupäästöihin voidaan vaikuttaa hankkeen tapauksessa rakentamisessa, huollossa ja purkamisessa käytettävillä polttoaineilla ja esimerkiksi logistiikan huolellisella suunnittelulla. Esimerkiksi hankkeen aikana käytettävien ajoneuvojen ja työkoneiden valinnassa yhtenä vaikuttavana tekijänä voisi olla vähäpäästöisyys kuten vähäpäästöisten polttoaineiden käyttö.

Materiaalien tehokkaalla käytöllä ehkäistään turhaa materiaalituotantoa ja logistiikkaa. Mikäli mahdollista, merkittävimmät vaikutusten lieventämiset saadaan käyttämällä vähähiilisiä ja kierrätettyjä materiaaleja, mutta ennen käyttöä on varmistuttava niiden soveltuvuudesta rakenteeseen, jotta rakenteista tulee turvalliset. Mahdollinen vähähiilinen materiaali voisi esimerkiksi olla vähäpäästöinen betoni. Hiilijalanjälkeä voidaan pienentää myös valitsemalla materiaalien valmistajia, jotka hyödyntävät toiminnassaan fossiilitonta energiaa. Lisäksi materiaalien kierrätyksellä ja uusiokäytöllä voidaan vähentää muualla neitseellisten materiaalien käyttöä sekä useimmiten kokonaiskuvassa myös päästöjä.

Hankkeen puustoon kohdistuvia ilmastovaikutuksia voidaan lieventää hakattavan puuston kestävällä käytöllä ja maaperän rikkoutumista estävillä toimintatavoilla. Puusto voidaan hyödyntää kohteissa, joissa siitä saadaan parhain arvo ilmastollisesti ja taloudellisesti. Sillä voidaan esimerkiksi korvata fossiilisia kemikaaleja tai hyödyntää pitkäikäisissä puun hiiltä sitovissa käyttökohteissa.

Voimajohdon käytön aikaista hiilijalanjälkeä voidaan pienentää tekemällä vaadittavat tarkastukset mahdollisuuksien mukaan dronella. Käytön jälkeistä hiilijalanjälkeä voidaan pienentää uusiokäyttämällä tai kierrättämällä purettavat materiaalit.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

14 LIIKENNE

YHTEENVETO

- Meriliikenteeseen kohdistuvien vaikutusten arvioinnin tueksi tehtiin konsulttiyhtiö Sweco AB:n toimesta erillinen meriliikenneselvitys ja navigoinnin riskinarviointi sekä erillinen tutkavaikutusten arviointi. Meriliikenteen analysoinnin perusteella arvioitiin millaisia muutoksia Laineen merituulivoimapuisto aiheuttaisi tulevaisuudessa meriliikenteen käyttämiin reitteihin ja millaisia vaikutuksia näillä muutoksilla tulisi olemaan merenkulun toiminnan ja turvallisuuden kannalta.
- Merituulivoimapuiston rakentaminen aiheuttaa tilapäisen merkittävän meriliikenteen määrien kasvun hankealueen lähiseuduilla, joka lisää meriliikenteen onnettomuuksien riskiä. Rakennustöiden edetessä meriliikennekelpoisia alueita ja meriliikenteen käyttämiä reittejä poistuu käytöstä, mikä lisää onnettomuusriskiä, kasvattaa vähäisessä määrin meriliikenteen kustannuksia ja lisää päästöjä hieman. Hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 välillä eroavaisuutta syntyy rakennusaikaisen liikenteen määrässä, joka on VE1 kohdalla suurempi suuremman voimalamäärän takia. Liikennevaikutusten merkittävyydeksi rakentamisen aikana arvioitiin molempien hankevaihtoehtojen tapauksessa suuri negatiivinen. Vaikutusten lieventämiseksi hanketoimijan tulee jatkaa toimintojen yhteensovittamista merenkulun viranomaisten kanssa. Ennen rakentamisen aloittamista, hankkeen on saatava mm. vesilupa ja sen saamiseksi mm. merenkulun viranomaisten hyväksyntä.
- Merikaapelien ja vetyputkien rakentamisesta aiheutuu tilapäinen vaikutus meriliikenteelle niiden asentamisen aikana. Meriliikennettä voidaan joutua ajoittain säätelemään ja ohjaamaan kiertoreiteille. Rakentamisen aikaisiksi liikennevaikutuksiksi arvioitiin merikaapelireittien MVE1a, MVE1b, MVE2a, MVE2b ja MVE3 sekä vetyputkireitin VVE1 tapauksessa vähäinen negatiivinen. Merikaapelireittien MVE4, MVE5a ja MVE5b sekä vetyputkireittien VVE2, VVE3a ja VVE3b tapauksessa rakentamisen aikaiseksi vaikutukseksi arvioitiin kohtalainen negatiivinen, sillä rantautumispisteet sijaitsevat kauppamerenkululle tärkeän Pietarsaaren sataman edustalla.
- Merituulivoimapuiston toiminta aiheuttaa käyttöikänsä aikaisen muutoksen pohjoisen Merenkurkun alueen meriliikenteelle. Osa nykyisistä meriliikenteen käyttämistä reiteistä poistuu käytöstä ja liikenteen on siirryttävä puiston kaakkois- tai luoteispuolilta kulkeville kiertoreitille. Kiertävillä reiteillä meriliikenne siirtyy tiiviimmille alueille ja liikennetiheys tulee näillä alueilla kasvamaan. Yhdessä tuulivoimaloiden muodostamien kiinteiden esteiden kanssa tämä lisää riskiä meriliikenteen onnettomuuksille. Meriliikenteen kulkemien matkojen kasvu lisää meriliikenteen kustannuksia ja päästöjä vähäisessä määrin. Merituulivoimapuistolla on mahdollisesti vaikutuksia myös merijään muodostumiselle vuosittain jäätyvällä pohjoisen Merenkurkun alueella, mikä voi vaihtoehtoisesti lisätä tai vähentää talviaikaisen merenkulun riskejä ja kustannuksia. Merituulivoimapuistolla on vaikutusta myös merenkulun käyttämiin tutka- ja paikannusjärjestelmiin sekä langattomiin viestintäverkkoihin, joiden toiminnassa voi esiintyä häiriöitä tuulivoimapuiston lähialueilla. Swecon arvion mukaan nämä häiriöt ovat kuitenkin tunnettuja ja hallittavissa olevia. Lisäksi merenkulun avustus- ja pelastustoiminta vaikeutuu tuulivoimapuiston perustamisen seurauksena. Hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 välillä ei ole merkittäviä eroja liikennevaikutuksien osalta, joskin VE1 suurempi voimalamäärä lisää riskejä suhteellisesti enemmän. Molempien hankevaihtoehtojen toiminnan aikaisten liikennevaikutusten merkittävyydeksi arvioitiin suuri negatiivinen.
- Merikaapelien ei arvioida aiheuttavan toiminnan aikana merkittäviä vaikutuksia meriliikenteelle. Merikaapeleilla on hyvin suunnitellussa sijainnissa vaikutuksia lähinnä meriliikenteen ankkurointimahdollisuuksiin, eikä mahdollisesta ankkuroitumisesta aiheudu todennäköisesti vaaraa itse alukselle. Merikaapelien kaikkien hankevaihtoehtojen

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

MVE1a, MVE1b, MVE2a, MVE2b, MVE3, MVE4, MVE5a ja MVE5b toiminnan aikaiset liikennevaikutusten merkittävyydeksi arvioitiin vähäinen negatiivinen.

- Vetyputkien toiminnan aikaiset vaikutukset meriliikenteelle ovat samankaltaiset merikaapelien kanssa. Vetyputkien mahdollisen rikkoutumisen vaikutukset ovat kuitenkin merkittävämmät. Vetyputkien kaikkien hankevaihtoehtojen VVE1, VVE2, VVE3a ja VVE3b toiminnan aikaisten liikennevaikutusten merkittävyydeksi arvioitiin kohtalainen negatiivinen. Laivojen käyttämillä alueilla putki tullaan upottamaan syvälle merenpohjaan ja suojaamaan, jos ankkureista arvioidaan aiheutuvan merkittävä putken rikkoutumisen riski. Aktiivisella riskienhallinnalla, hyvällä suunnittelulla ja toimintojen yhteensovittamisella voidaan kielteisiä vaikutuksia lieventää. Riskienhallintakeinot sovitaan yhdessä merenkulun viranomaisten kanssa.
- Pohjoisen Merenkurkun alueelle on suunnitteilla useita merituulivoimapuistoja. Erityisesti läheisten Ruotsin talousvyöhykkeelle ja aluevesille suunniteltujen merituulivoimapuistojen (Bothnia Offshore Kappa ja Aurum) toteutuminen aiheuttaa meriliikenteelle vieläkin merkittävämpiä yhteisvaikutuksia.
- Merituulivoimapuiston meriliikenteelle aiheuttamia haittoja voidaan pyrkiä lieventämään monin eri keinoin. Ensimmäinen lähtökohta on luoda selkeät ja noudatettavat turvaetäisyydet tuulivoimapuiston ja meriliikenteen välillä esimerkiksi riskiarvion perusteella yhdessä viranomaisten kanssa. Swecon toteuttamassa riskinarvioinnissa ja siitä laaditussa raportissa todetaan, että Laineen merituulivoimapuiston aiheuttama riskit ovat hyväksyttävällä tasolla, jos riskienarvioinnissa tunnistetut riskienhallintatoimenpiteet toteutetaan.

14.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Merituulivoimapuiston rakentamisen aikana meriliikenteen määrät lisääntyvät huomattavasti pohjoisen Merenkurkun alueella nykytilanteesta, kun komponentteja kuljettava ja rakennusvaiheen laivasto liikkuu hankealueella sekä tukisatamaan. Lisääntyvä meriliikenne lisää riskiä meriliikenteen onnettomuuksille. Rakentamistöiden edetessä meriliikennekelpoiset alueet vähenevät pohjoisen Merenkurkun alueella ja meriliikenne joutuukin valitsemaan hieman pidempiä reittejä kohteisiinsa. Tämä lisää hieman meriliikenteen kustannuksia sekä päästöjä. Rakennusvaihe lisää myös tilapäisesti maalla tapahtuvia kuljetuksia ja henkilöliikennettä tukisatamaan (Kokkola, Pietarsaari tai Vaasa). Merkittävä osa komponenteista tuodaan kuitenkin merikuljetuksina tukisatamaan.

Merituulivoimapuiston toiminnalla on käyttöikänsä ajan vaikutus pohjoisen Merenkurkun alueen meriliikenteelle. Osa nykyisistä meriliikenteen käyttämistä reiteistä poistuu käytöstä ja liikenteen on siirryttävä kiertoreitille, jotka kulkevat puiston kaakkois- tai luoteispuolelta. Meriliikenteen ohjautuessa merituulivoimapuistoa ja sen edellyttämiä turva-alueita kiertäville reiteille liikennetiheys tulee kiertoreiteillä kasvamaan. Yhdessä tuulivoimaloiden muodostamien kiinteiden esteiden kanssa tämä lisää riskiä meriliikenteen onnettomuuksille. Meriliikenteen kulkemien matkojen kasvu hieman lisää meriliikenteen kustannuksia ja päästöjä. Merituulivoimapuiston ja sen läheisen meriliikenteen reittien välillä on oltava riittävät turvaetäisyydet, joka voi edellyttää pieniä muutoksia nykyisiin meriliikenteen reitteihin.

Pohjoisen Merenkurkun alueella esiintyy tyypillisesti vuosittain merijäätä, ja merituulivoimapuistolla on todennäköisesti vaikutusta merijään muodostumiseen. Hankalien jääolosuhteiden määrät alueella saattavat lisääntyä ja tällä on vaikutusta niin meriliikenteen turvallisuuteen, kuin jäänmurron tehokkaisiin toimintaedellytyksiin. Talvimerenkulun kustannukset saattavatkin nousta merituulivoimapuiston takia, kun mahdollisesti optimaalisimmat reitit poistuvat käytöstä ja jäätä joudutaan murtamaan vaikeammissa olosuhteissa. Toisaalta liikenteen keskittyminen samoille reiteille tai alueille voi myös tuoda etua jäänmurrolle ja liikenteen toimivuudelle.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merituulivoimapuisto aiheuttaa vaikutuksia myös merenkulun käyttämiin tutka- ja paikannusjärjestelmiin sekä langattomiin viestintäverkkoihin. Merituulivoimapuisto voi aiheuttaa lähialueilleen esimerkiksi katvealueita ja virheellisiä heijastussignaaleja, jotka vaikeuttavat järjestelmien toimintaa.

Myös etsintä- ja pelastustoiminta vaikeutuu merituulivoimapuiston perustamisen seurauksena, osittain tutka- ja viestintähäiriöiden vuoksi ja osittain siksi, että ne muodostavat fyysisiä esteitä. Merikaapeleilla ja vetyputkilla voi olla merituulivoimapuiston toiminnan aikana vaikutusta meriliikenteen ankkuroitumismahdollisuuksiin. Merituulivoimapuiston toiminnan aikana tuulivoimaloille kohdistuu säännöllistä huoltoliikennettä.

Konsulttiyhtiö Sweco AB tuotti analyysin merituulivoimapuiston liikennevaikutusten arviointia varten Laineen hankealueen läheisten alueiden meriliikenteestä. Raportti liitteineen on YVA-selostuksen liitteenä 15 (*Sweco 2023a*). Raportissa tutkittiin hankealueen lähistöllä vuonna 2022 tapahtunutta meriliikennettä alusten automaattisesta tunnistusjärjestelmästä (AIS) saatavan datan avulla. AIS-datan perusteella saatiin selville, kuinka paljon alueella oli meriliikennettä, miten ne sijoittuivat kyseisenä vuotena alueelle ja millaisia aluksia alueella liikkui. Vuoden 2022 meriliikenteen analysoinnin perusteella arvioitiin millaisia muutoksia Laineen merituulivoimapuisto voisi aiheuttaa tulevaisuudessa meriliikenteen käyttämiin reitteihin ja millaisia vaikutuksia näillä muutoksilla voisi olla merenkulun toiminnan ja turvallisuuden kannalta.

Konsulttiyhtiö Sweco laati liikennevaikutusten arviointityön tueksi myös merenkulun riskiarviointiraportit erikseen hankevaihtoehdoista VE1 ja VE2 (liite 16, 17 ja 18 *Sweco 2023a, 2023b, 2023d*). Riskinarvioinnin tarkoituksena oli analysoida, miten Laineen merituulivoimapuiston perustaminen voisi vaikuttaa meriliikenteen navigointiturvallisuuteen ympäristön ja ihmisten turvallisuus huomioiden. Raportin avulla pystyttiin arvioimaan millaisia riskitekijöitä merituulivoimapuiston perustaminen voisi aiheuttaa meriliikenteen turvallisuudelle. Arvioinnin kohteina olivat esimerkiksi alusten erityyppiset törmäysriskit, vaikutukset merijään muodostumiseen, merenkulun tutkavaikutukset sekä vaikutukset etsintä- ja pelastustöihin. Tämän lisäksi tarkasteltiin keinoja ja toimenpiteitä riskien lieventämiseen. Merituulivoimapuiston vaikutuksista tutkiin ja langattomiin verkkoihin laadittiin myös erillinen selvitys (*Sweco 2024*, vain viranomaiskäyttöön).

Laineen merituulivoimapuisto sijoittuu keskeiselle merenkulun alueelle, minkä vuoksi hankevastaava on perustanut työryhmän alan keskeisten toimijoiden kanssa (ml. Väylävirasto, Traficom, Fintraffic VTS, Finnpilot ja Rajavartiolaitos). Työryhmässä on käsitelty hankkeen vaikutuksia merenkulun kannalta eri näkökulmista ja mietitty yhteistyössä keinoja, kuinka merenkulku ja merituulivoima voidaan yhteensovittaa. Tätä työryhmätyöskentelyä on syytä jatkaa hankkeen suunnitelmien tarkentuessa ja seuraavissa lupavaiheissa. YVA-selostuksessa on esitetty selvitys merenkulun käyttämistä reiteistä tuulivoimapuiston alueella ja sen ympäristössä sekä jäänmurtajien liikennöintitiedot mallinnuksessa käytettynä jäätalvena. Edellä mainittua aineistoa hyödyntäen on arvioitu hankkeen vaikutukset merenkululle huomioiden myös talvimerenkulku. Merikaapeleiden ja vedyn siirtoputkiston osalta vaikutusarvioinnissa on huomioitu mm. väylästö ja merenkulun turvalaitteet. Swecon tekemät selvitykset on toimitettu merenkulun viranomaisille luonnoksena ja keskustelu tähän liittyen on koostettu liitteeksi 19.

Vaikutusten arvioinneissa käytettiin hyväksi soveltuvin osin kansainvälisiä tutkimuksia, selvityksiä ja suosituksia merituulivoimapuistojen sekä meriliikenteen yhteensovittamisesta. On kuitenkin huomioitava, että arktisella alueella ei ole toistaiseksi ainuttakaan laajempaa merituulivoimapuistoa yhtä kaukana rannikkoalueesta. Kansainväliset suositukset eivät huomioi merijään vaikutusta ja eivät ole tämän vuoksi suoraan sellaisenaan sovellettavissa Laineen olosuhteisiin. Vaikutusten arvioinnissa on huomioitu kokeneiden merenkulun asiantuntijoiden lausuntoja meriliikenteen toiminnasta. Lisäksi vaikutusten arvioinnissa on huomioitu mahdollisuuksien mukaan Traficomin ja Väyläviraston laatima ohje merituulivoiman ja merenkulun sekä merenkulun infrastruktuurin yhteensovittamisesta.

Laineen merituulivoimapuiston liikennevaikutusten arviointia tarkasteltiin rakentamisen, toiminnan ja toiminnan päättymisen osalta. Arviointia suoritettiin kaikkien liikennemuotojen osalta,

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

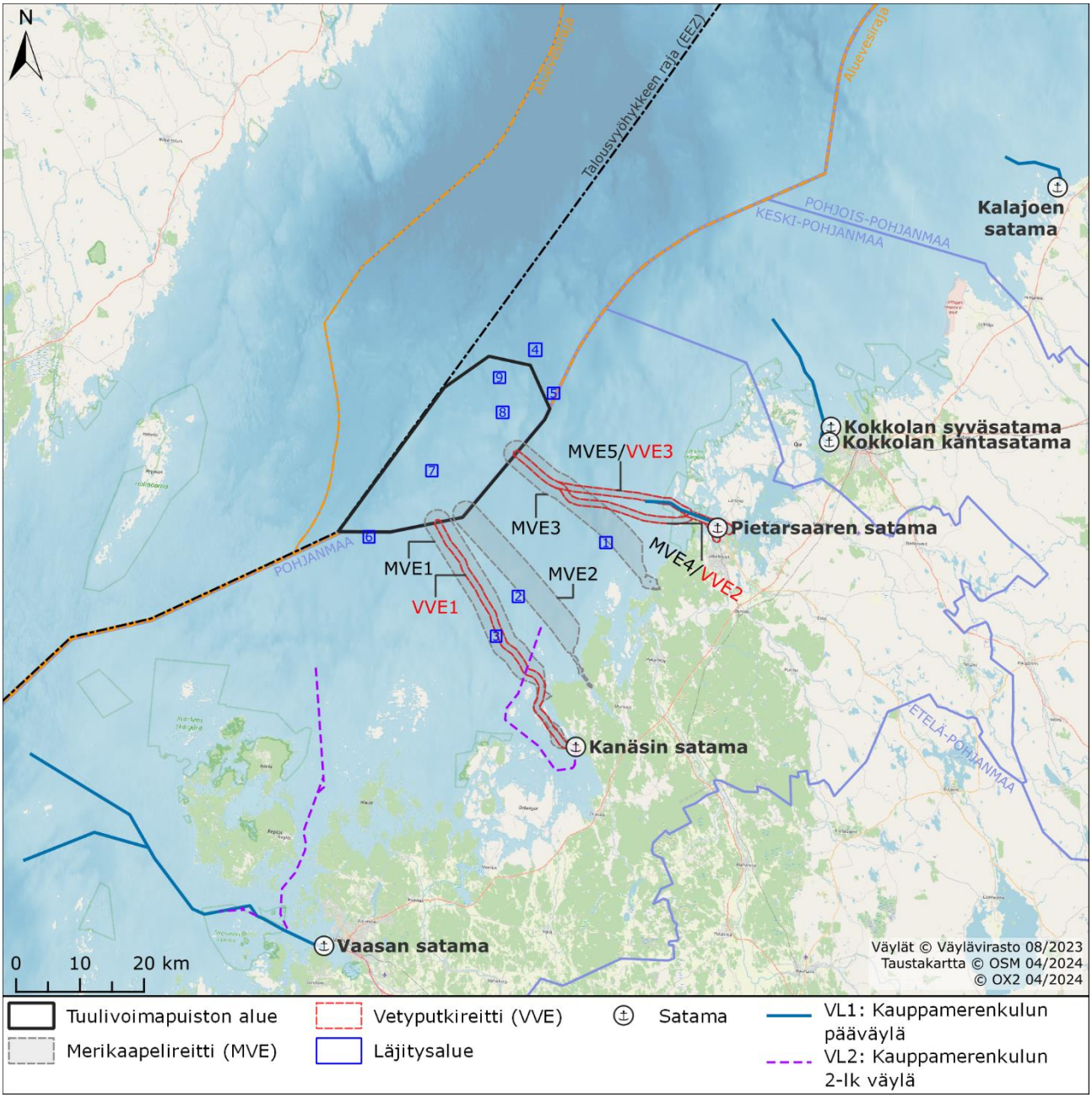
mutta pääpaino on vaikutuksiltaan merkittävimmässä eli meriliikenteessä. Arvioinnista vastasivat liikenteeseen sekä meriliikenteeseen erikoistuneet asiantuntijat.

14.2 Nykytila

14.2.1 Satamat

Meriliikenteellä on tärkeä rooli Suomen ulkomaankaupan ja -tavaraliikenteen kannalta, sillä yli 90 % ulkomaankaupasta tapahtuu meritse (*Traficom & Väylävirasto 2023*). Suomen merialuesuunnitelma 2030 mukaan Merenkurkun alueella on keskeinen merkitys merenkulun kannalta. Meriliikenteellä on keskeinen merkitys alueen teollisuuden kuljetusten, saavutettavuuden ja kilpailukyvyn kannalta. Alueelle sijoittuu merkittävää metalli-, metsä- ja kemianteollisuutta, joiden kuljetuksia meriyhteydet palvelevat. Rannikkovesien mataluuden vuoksi satamiin johtavat meriväylät ovat ratkaisevan tärkeitä. (*Pohjanmaan liitto ym. 2020*) Hankkeen keskeisellä vaikutusalueella sijaitsee kaksi Euroopan Unionin TEN-T (Trans European Transport Network) kattavan verkon kansainvälisesti merkittävää satamaa: Kokkola ja Pietarsaari. Etäämmällä Vaasassa ja Kalajoella sijaitsee myös merkittävät satamat. Satamien sijainnit on esitetty kuvassa (Kuva 14-1).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 14-1. Hankkeen vaikutusalueen merkittävimpien satamien sijainnit ja niihin johtavat laivaväylät.

Pietarsaaren satama on erikoistunut puunjalostusteollisuuteen ja biomassapohjaiseen energiatuotantoon liittyvien tavaroiden käsittelyyn. Sataman kautta kulkevat tärkeimmät tuotteet ovat selluloosa, sahatavara, paperi, sementti ja lipeä. Pääasialliset tuontitavarat ovat sementti, kemikaalit, öljyt, hake ja massapuu. Satamassa on käynyt viime vuosina noin 300 alusta vuosittain. (*Pietarsaaren Satama Oy 2023*)

Kokkolan satama koostuu kolmesta osasta: Kantasatamasta, Syväsatamasta ja Hopeakiven satamasta. Vuosittain Kokkolan satamassa käy noin 600 alusta. Syväsatama on erikoistunut irtotavaraliikenteeseen ja käsitellään esimerkiksi rautapellettejä, rikasteita, hiiltä, turvetta, pyriittiä sekä rautaoksidia. Kantasatamassa käsitellään kontteja, kappaletavaraa sekä vaaleaa bulkkia (esimerkiksi kalkkikiveä, alumiinisavea ja lannoiteraaka-aineita), jota käsitellään myös

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Hopeakiven satamassa konttien ohella. Satamassa suoritetaan myös suurten kappaleiden projektinostoja (*Kokkolan Satama Oy 2023*).

Vaasan satamassa Vaskiluodossa käy vuosittain noin 650 alusta. Satamassa käsitellään polttoaineita, maataloustuotteita, projektilasteja sekä seudun energia-, konepaja- ja metalliteollisuuden kuljetuksia. Vaasan ja Uumajan välillä liikennöi päivittäin autolauttayhteys, joka kuljettaa matkustajia ja rahtia. (*Kvarken Ports Ltd 2023)*

Kalajoen satamassa käy vuosittain noin 150 alusta. Satama on erikoistunut puutavarasatamaksi ja päävientiartikkeli on sahattu puutavara. Sataman kautta tuodaan muun muassa massa- ja paperiteollisuuden käyttämiä mineraaleja sekä projektikuljetuksia. (*Kalajoen Satama Oy 2023*)

Kanäsin satamassa sijaitsee vanha käytöstä poistunut öljyvarasto, jossa on tilaa 90 miljoonalle litralle. Alusliikenne satamaan on nykytilanteessa hyvin vähäistä.

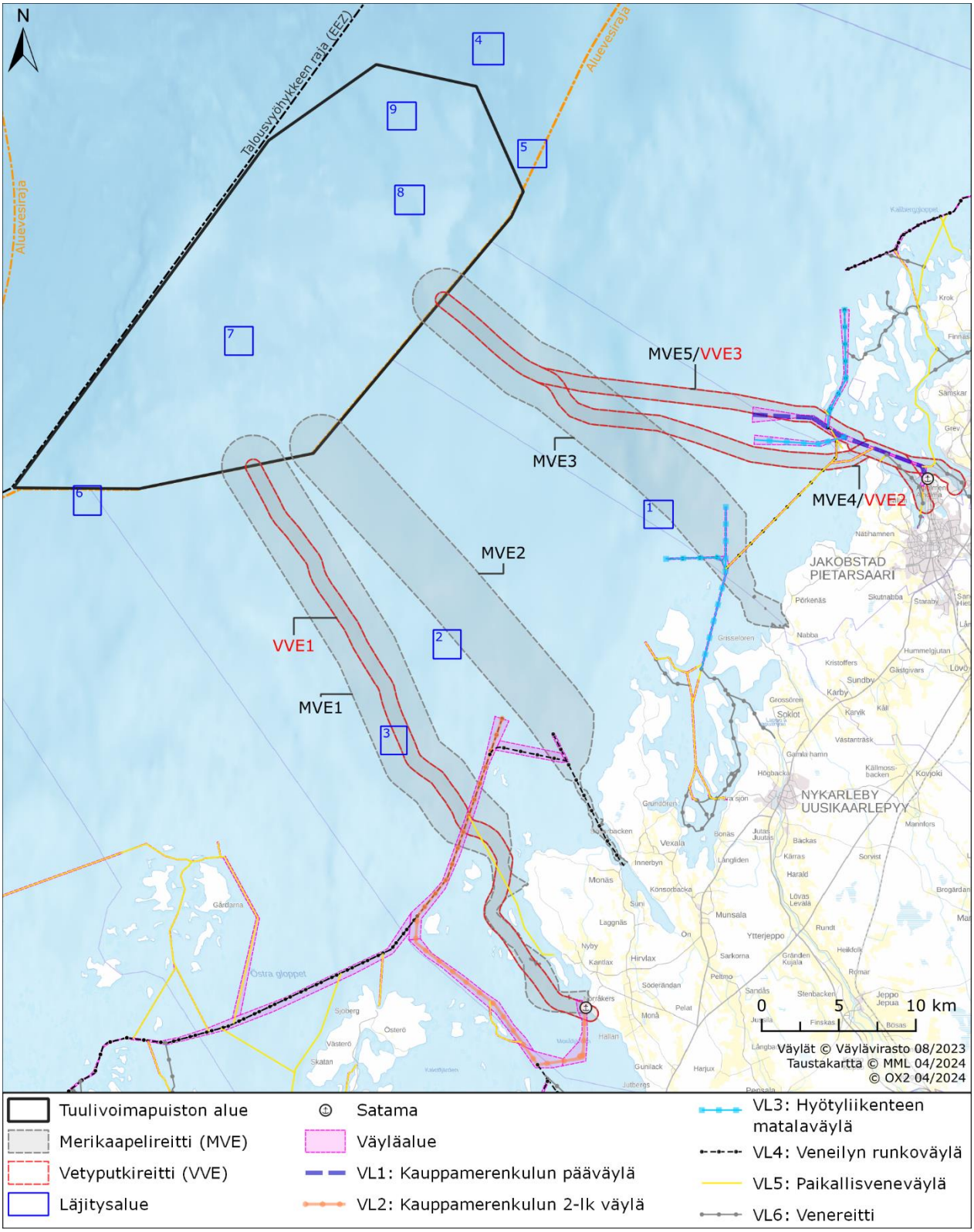
14.2.2 Meriväylät ja merenkulun liikennöintialueet

Meriväylät ovat päätepisteidensä välille maastoon tai kartalle merkittyjä ja ylläpidettyjä yhtenäisiä kulkureittejä vesialueella. Meriväylistä puhuttaessa tarkoitetaan yleensä koko väyläaluetta, joka on väylän reunalinjojen rajaama alue. (*Traficom 2021a*) Meriväylät on jaettu kuuteen eri väyläluokkaan niiden käyttötarkoituksen mukaan. Väyläluokat 1 ja 2 ovat kauppamerenkulun väyliä. Väyläluokka 3 tarkoittaa hyötyliikenteen matalaväylää, jotka on rakennettu ensisijaisesti muuta hyötyliikennettä kuin kauppamerenkulkua varten. Väyläluokat 4–6 ovat veneilylle tarkoitettuja väyliä. (*Traficom 2021b*)

Meriliikennettä on myös virallisten väyläalueiden ulkopuolella. Meriliikenteen liikkeitä seuraavan AIS-datan avulla voidaan erottaa väylien ulkopuolisia paljon liikennöityjä ja tärkeitä merenkulun liikennöintialueita (jatkossa ”meriliikennereitti”). (*Traficom & Väylävirasto 2023*) Tällaisia merkittäviä meriliikennereittejä on esitetty esimerkiksi Suomen merialuesuunnitelmassa merenkulun alueina (*Pohjanmaan liitto ym. 2020*).

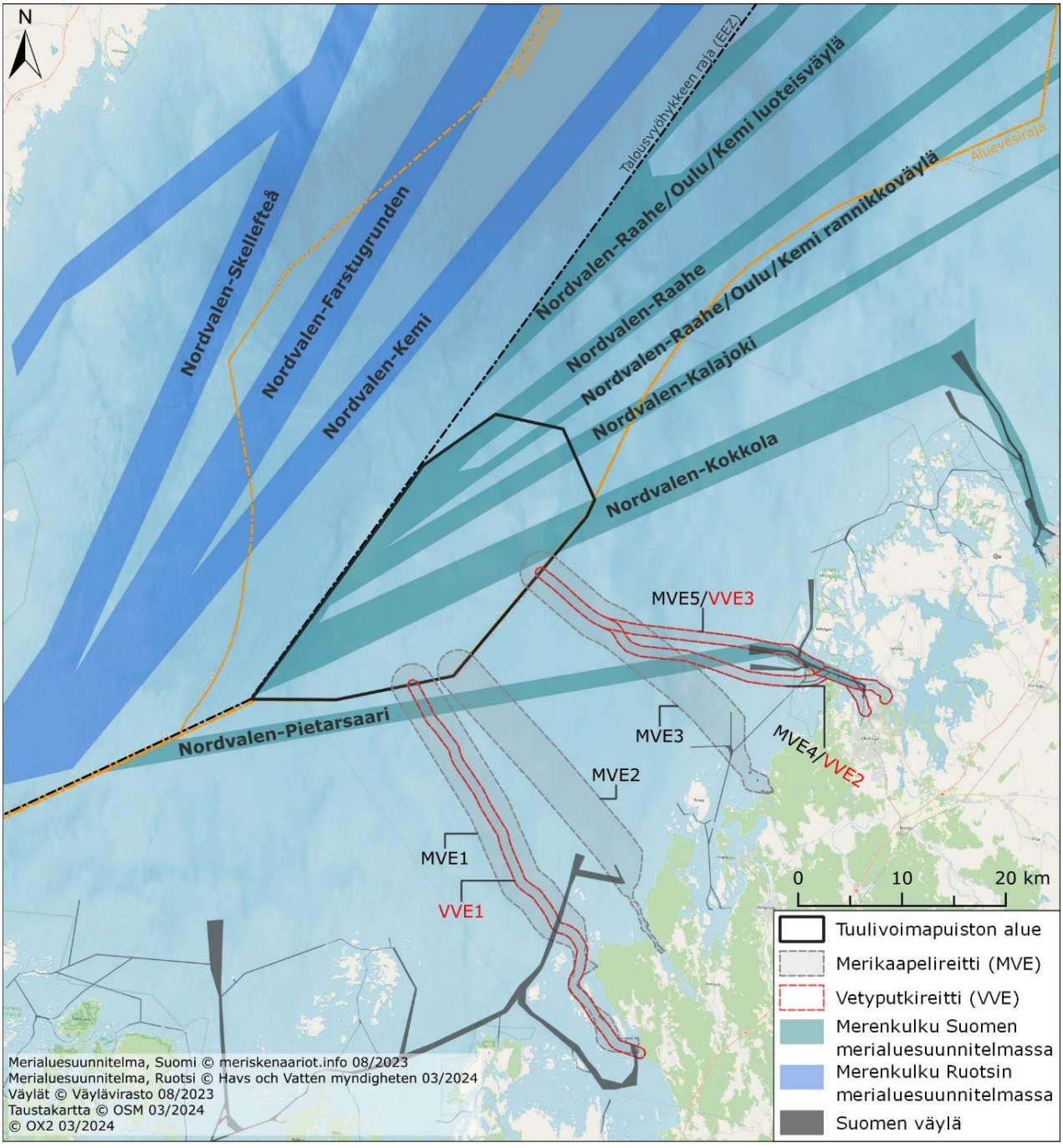
Hankealueen läheisyydessä sijaitsevat meriliikenneväylät ja meriliikennereitit ovat esitettynä kuvissa (Kuva 14-2 ja Kuva 14-3).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 14-2. Laineen hankealueen läheiset viralliset meriliikenneväylät.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 14-3. Laineen hankealueen läheiset meriliikennereitit.

Väyläviraston meriväylät sijaitsevat aluevesillä, tarkastelualueella rannikon läheisyydessä ja niiltä on reilu etäisyys avomerellä sijaitsevaan Laineen merituulivoimapuistoon. Merikaapeli- ja vetyputkireitit sen sijaan risteävät useiden meriväylien kanssa.

Pietarsaaren satamaan johtaa Pietarsaaren väylä (VL 1, syvyys 11 m) ja sen väyläalue sijoittuu lähimmillään noin 20 km etäisyydelle merituulivoimapuiston alueesta. Merikaapelireitit MVE4, MVE5a ja MVE5b sekä vetyputkireitit VVE2, VVE3a ja VVE3b rantautuvat Pietarsaaren sataman lähistölle ja risteävät Pietarsaaren väylän kanssa. Pietarsaaren sataman lähistöllä sijaitsee lisäksi useita matalampia matalaliikenteen ja veneilyn väyliä. Merikaapelireitti MVE4 ja vetyputkireitti VVE2 risteävät näistä Hällgrund-Mässkärin väylän (VL 5, syvyys 3 m), Ådön väylän (VL 5, syvyys

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

3 m), Ådöfjärdenin venereitin (VL 6, ei syvyystietoa) ja Pietarsaaren purjehdusseuran väylän (VL 5, syvyys 2 m) kanssa. Merikaapelireitit MVE5a ja MVE5b sekä vetyputkireitit VVE3a ja VVE3b risteävät puolestaan Pietarsaaren eteläisen sisääntulon väylän (VL 3, syvyys 4 m), Pietarsaaren pohjoisen sisääntulon väylän (VL 3, syvyys 3 m), Mässkärin väylän (VL 5, syvyys 2,8 m), Hällgrund-Mässkärin väylän, Ådön väylän, Ådöfjärdenin venereitin, Sonamon veneväylän (VL 5, syvyys 1,7 m) ja Luodonjärven venereitin (VL 6, ei syvyystietoa) kanssa (Kuva 14-7 ja Kuva 14-8). (*Väylävirasto 2024*)

Kokkolan satamaan johtaa Kokkolan väylä (VL 1, syvyys 14 m), jonka väyläalue sijoittuu lähimmillään noin 37 kilometrin etäisyydelle merituulivoimapuiston alueesta. (*Väylävirasto 2024*)

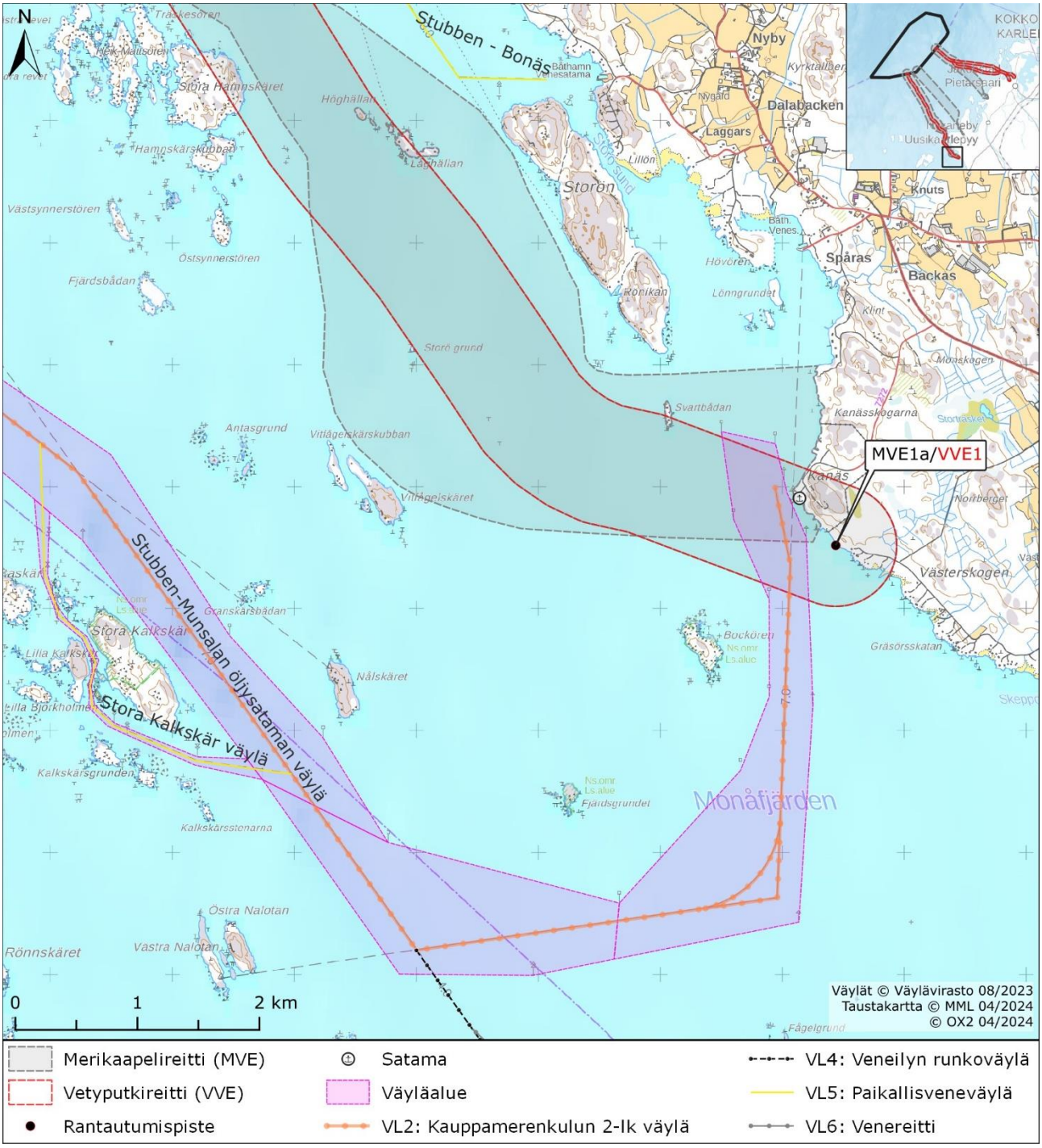
Merikaapelireitit MVE1a ja MVE1b sekä vetyputkireitti VVE1 risteävät Stubben-Munsalan öljysataman väylän (VL 2, syvyys 7 m) kanssa. Reitit risteävät myös Stubben - Bonäs -paikallisveneväylän (VL 5, syvyys 3 m) kanssa (Kuva 14-4 ja Kuva 14-5). Merikaapelireitti MVE1a ja vetyputkireitti VVE1 rantautuvat Kanäsin sataman läheisyyteen. (*Väylävirasto 2024*)

Merikaapelireittien MVE2a ja MVE2b loppuosa sijoittuu puolestaan Stubben-Monässundetin veneilyn runkoväylän (VL 4, syvyys 4 m) kanssa samaan linjaan (Kuva 14-5). (*Väylävirasto 2024*)

Merikaapelireitti MVE3 risteää Uudenkaarlepyyn redin väylän (VL 3, syvyys 4 m) sekä Hällgrund-Mässkärin väylän (VL 5, syvyys 3 m) kanssa (Kuva 14-6). (*Väylävirasto 2024*)

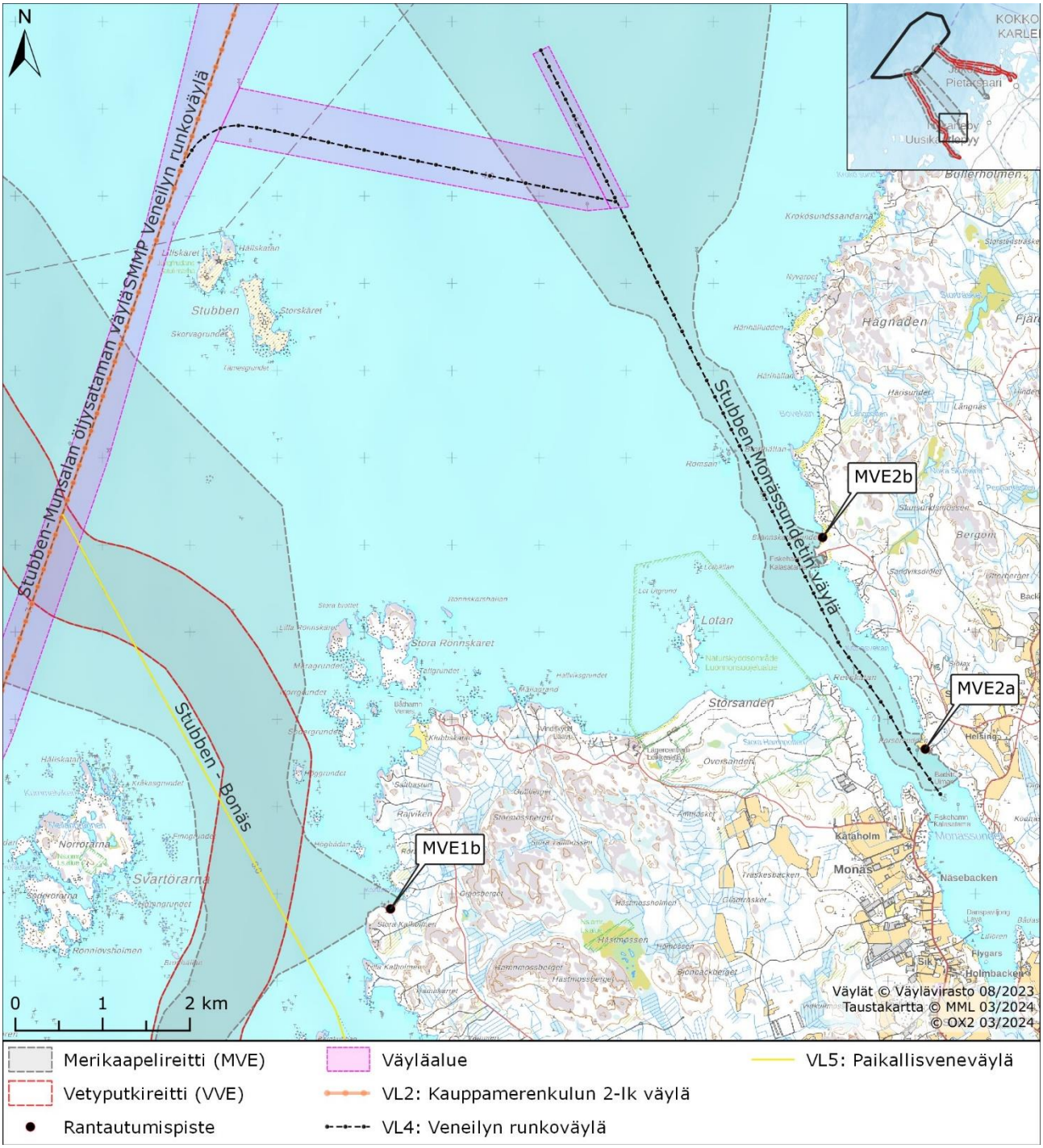
Laineen hankealueen läheisyydestä on tunnistettavissa useampia merkittäviä meriliikennereittejä, joita käytetään merenkulussa ja jotka toimivat usein Suomen aluevesillä sijaitsevien meriliikenneväylien jatkeina. Laineen merituulivoimapuiston sijainti on nykyisten meriliikennereittien kannalta haasteellinen, sillä suorimmat reitit Merenkurkun reittijakojärjestelmän (TSS) alueelta osaan Pohjanlahden satamiin johtaville väylille kulkevat merituulivoimapuiston läpi. Suomen merialuesuunnitelmasta tunnistettavia Laineen merituulivoimapuiston läpi kulkevia meriliikennereittejä ovat Nordvalen-Kokkola, Nordvalen-Kalajoki, Nordvalen-Raahe/Oulu/Kemi rannikkoväylä ja Nordvalen-Raahe. Lisäksi merituulivoimapuiston läheltä etelä-/kaakkoispuolelta kulkee Nordvalen-Pietarsaari ja länsi/luoteispuolelta Nordvalen-Raahe/Oulu/Kemi luoteisväylä meriliikennereitit (Kuva 14-3). (*Sweco 2023a: liite 15, Pohjanmaan liitto ym. 2020*)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



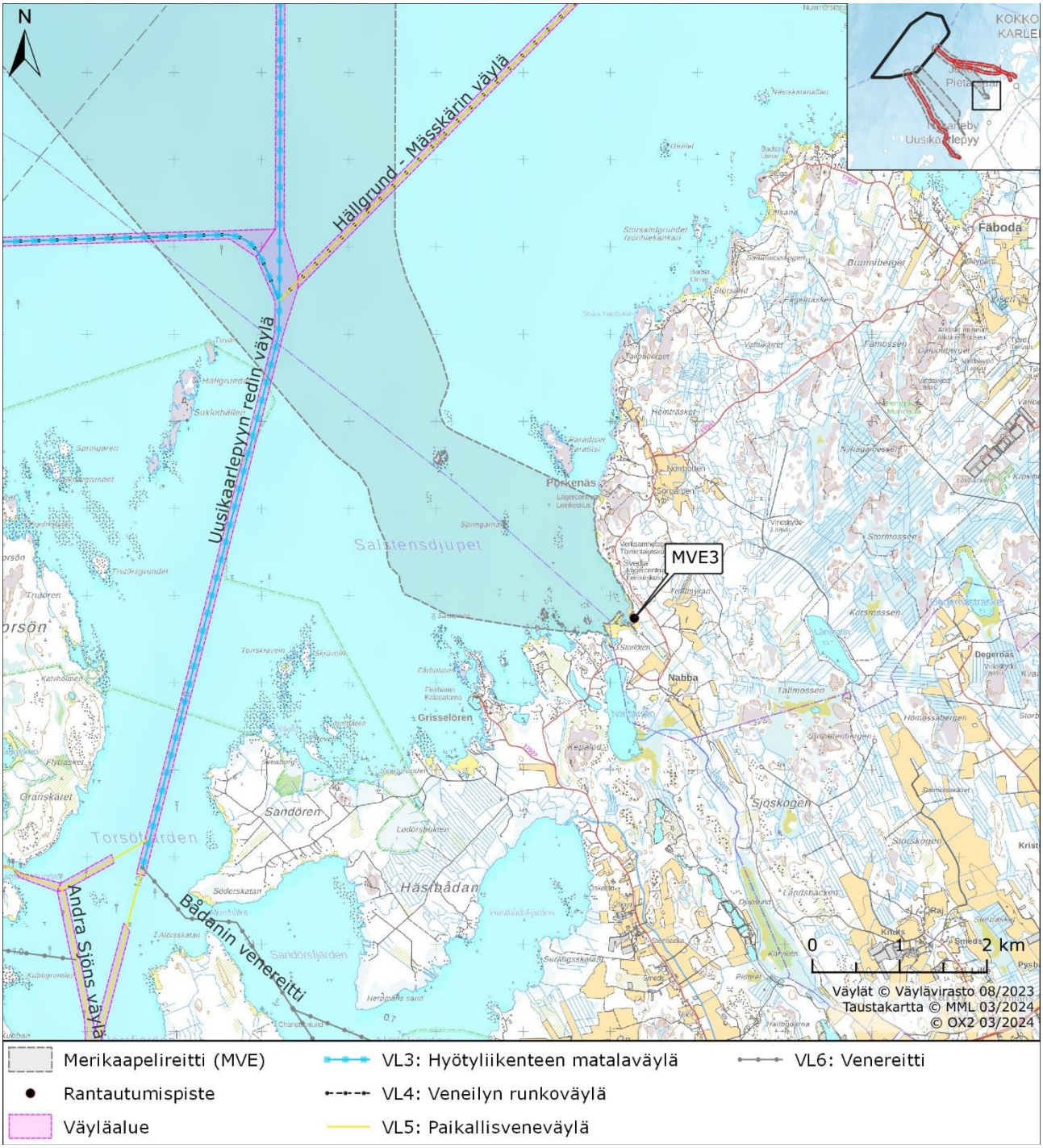
Kuva 14-4. Merikaapelireitin MVE1a ja vetyputkireitin VVE1 rantautumispisteen läheiset meriväylät.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



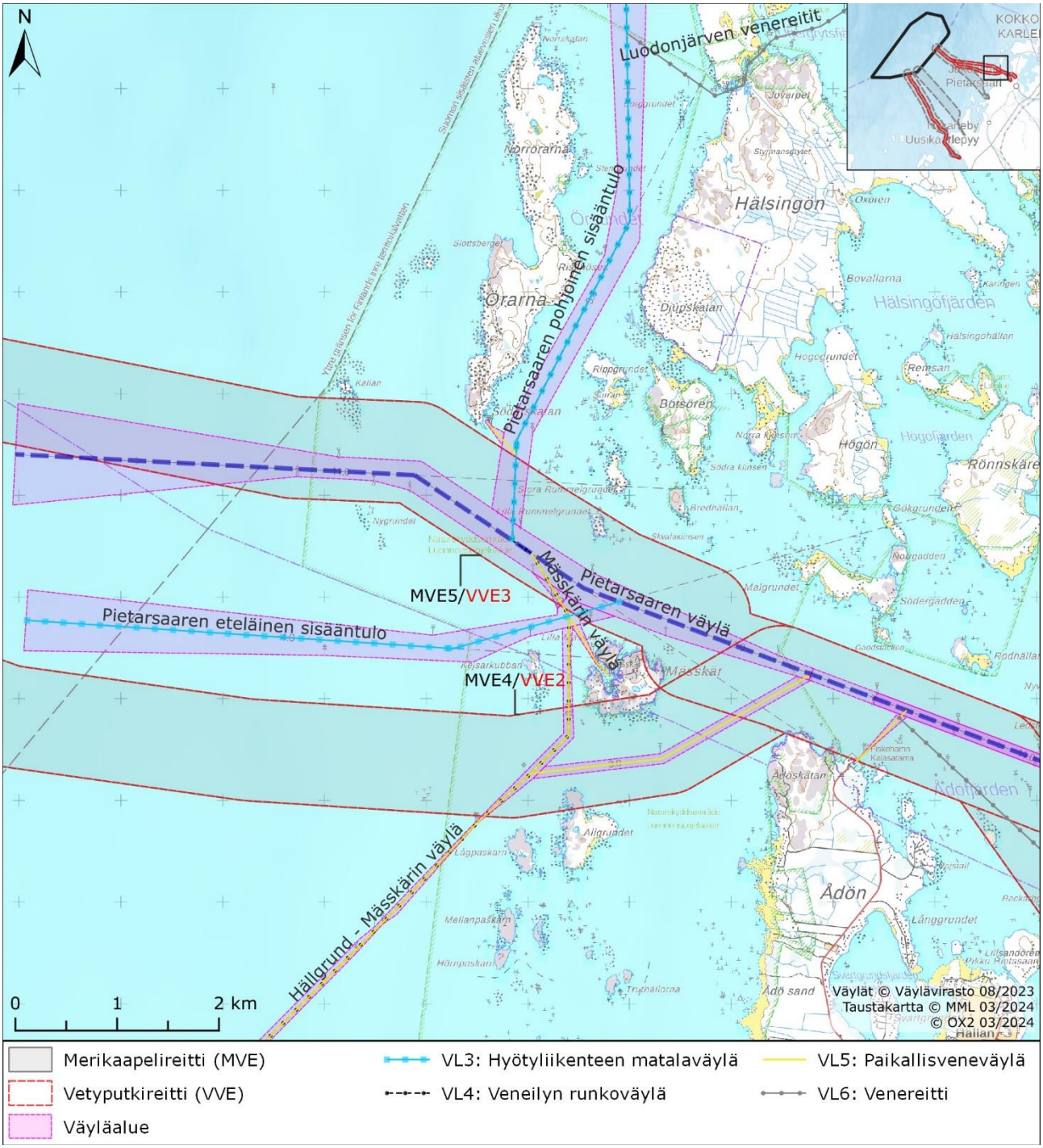
Kuva 14-5. Merikaapelireittien MVE1b, MVE2a ja MVE2b rantautumispisteiden läheiset meriväylät.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 14-6. Merikaapelireitin MVE3 rantautumispisteen läheiset meriväylät.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 14-7. Merikaapelireittien MVE4 ja MVE5 sekä vetyputkireittien VVE2, VVE3a ja VVE3b läheiset meriväylät.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

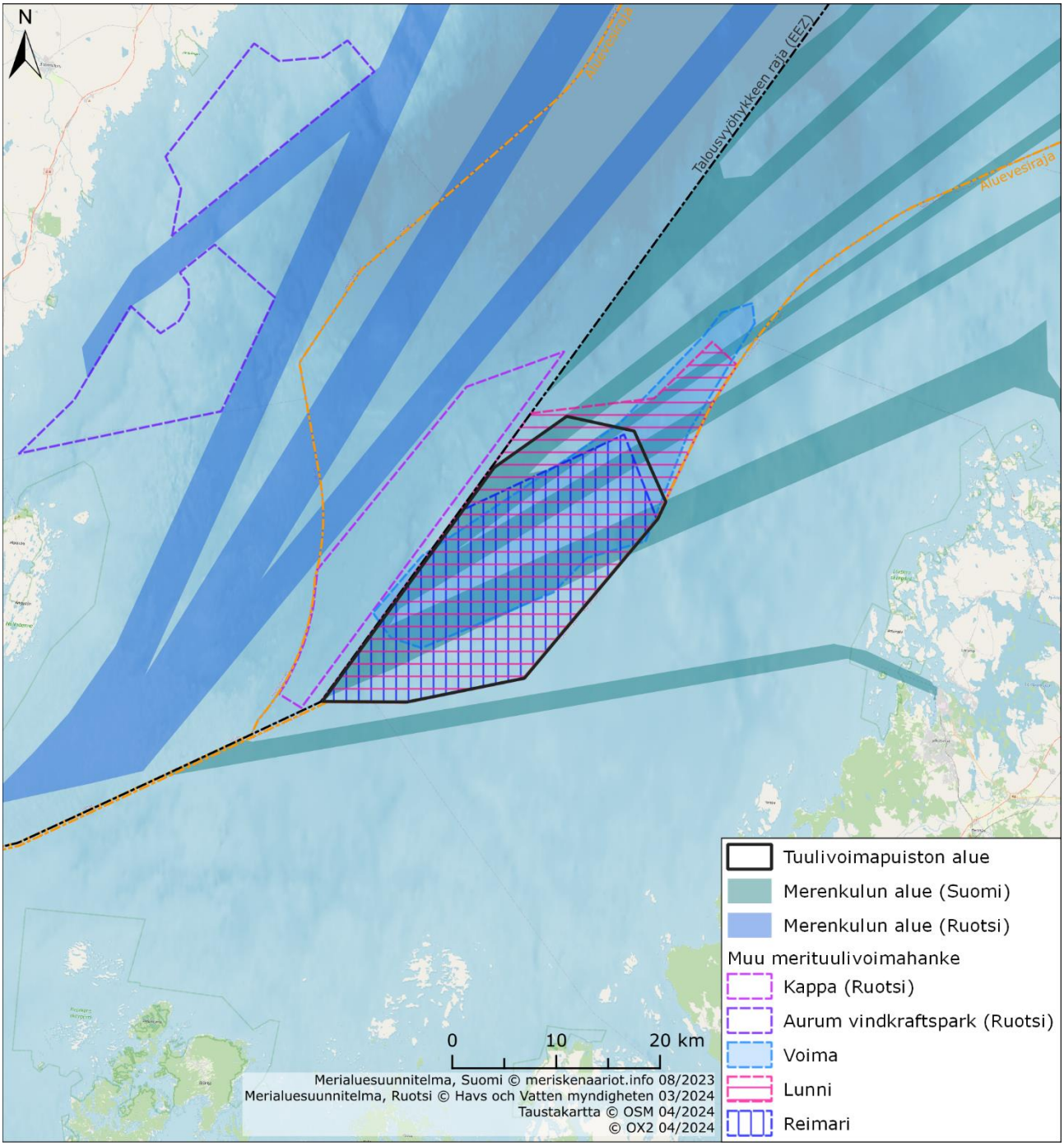


Kuva 14-8. Merikaapelireittien MVE4 ja MVE5 sekä vetyputkireittien VVE2, VVE3a ja VVE3b rantautumispisteiden läheiset meriväylät.

14.2.3 Muut läheiset merituulivoimahankkeet

Pohjoisen Merenkurkun alueelle Laineen merituulivoimapuiston läheisyyteen Ruotsin talousvyöhykkeelle ja aluevesille on suunnitteilla useita muitakin merituulivoimapuistoja. Ne ovat esiteltynä kuvassa (Kuva 14-9).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 14-9. Kartta Laineen hankkeen läheisistä suunnitelluista merituulivoimahankkeista ja niiden sijainneista. Lähde: Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2023a, Työ- ja elinkeinoministeriö 2024, Ruotsin puolen hankealueiden rajat saatu hankekehittäjiltä.

Laineen kanssa samalle alueelle Suomen talousvesivyöhykkeelle on suunnitteilla useita merituulivoimahankkeita: Ilmatar Offshore Ab:n Voima, Suomen Hyötytuuli Oy:n Lunni sekä Skyborn Renewables Oy:n Reimari. Hankkeet kilpailevat keskenään samasta sijainnista.

Laineen hankkeen kannalta merkittävin suunnitteilla oleva merituulivoimapuisto on Ruotsin talousvyöhykkeellä noin kilometrin päässä sijaitseva Kappa merituulivoimahanke (*Statkraft Offshore Wind AB 2022*). Viimeisimmän tiedon mukaan Kappan hankealuetta on muutettu siten, että se on kiinni talousvyöhykkeen rajassa ja sijaitsee näin ollen noin 100 metrin etäisyydellä Laineen

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

tuulivoima-alueesta länteen (*Statkraft Offshore Wind AB 2024*). Toisella Ruotsin puolelle aluevesille suunnitteilla olevalla hankkeella (Aurumilla) ei ole Laineen toiminnan kannalta yhtä merkittävää roolia. Aurumin merituulivoimapuisto sijaitsee lähimmillään noin 25 km Laineen merituulivoimapuistosta länteen.

Suojasatamia ei sijaitse hankealueella tai sen läheisyydessä. Kaapelireittejä tarkistetaan YVA:n jälkeisessä tarkemmassa suunnittelussa, jotta suojasatamat ja ankkurointialueet voidaan ottaa huomioon.

14.2.4 Merijää

Merituulivoimapuisto sijaitsee Pohjoisen Merenkurkun alueella, jossa esiintyy vuosittain merijäätä. Itämeren alueella merijäätä esiintyy kiintojäänä ja ajojäänä. Kiintojää on paikallaan pysyvää jäätä, joka on kiinnittynyt saariin, kareihin ja matalikkoihin. Tyypillisesti kiintojäätä esiintyy saaristossa ja rannikolla, missä veden syvyys usein on alle 20 metriä. Ulapoilla merijää on ajojäätä, joka liikkuu virtausten ja tuulen voimasta. Itämerellä ei ole pysyviä voimakkaita merivirtoja, joten jään liikkeet aiheutuvat pääosin tuulesta. Ajojään liike aiheuttaa jääkentän hajoamisen jäälautoiksi, joiden halkaisija voi olla useita kilometrejä. Ajojää aiheuttaa liikkeillään railoja ja ahtojäätä. Railoja syntyy, kun ajojää liikkuu kiintojään tai jäätyneen ajojääkentän reunasta ulospäin. Railon leveys voi kovalla tuulella kasvaa vuorokaudessa jopa 10–30 km. Ahtojäätä syntyy taas, kun liikkuva ajojää kohtaa esteen, kuten kiintojään reunan. Tällöin jää kasaantuu eli ahtoutuu. Matalikkojen kohdalla ahtaumat ankkuroituvat pohjaan ja voivat kasvaa näkyvältä, pinnan päälliseltä osalta jopa kymmenmetrisiksi. Ahtojäätä esiintyy myös keskisillä merialueilla, missä mutkittelevat ahtojäävallit syntyvät jäälauttojen puristuessa toisiaan vasten ja rikkoutuneiden palasten kasautuessa vedenpinnan ala- ja yläpuolelle. Kelluvien ahtojäävallien näkyvä osa on tyypillisesti 0,5–1,5 metriä korkea. (*Ilmatieteen laitos 2022*)

Laajojen merijääkenttien liikehdintä on tyypillinen ilmiö Itämerellä. Puristuva jääkenttä voi vaurioittaa merirakennelmia, kuten majakoita ja tuulivoimaloita, tai jäihin juuttuneita laivoja. Ahtautuma-alueet ja sohjovyöt vaikeuttavat Itämerellä eniten talvista meriliikennettä. Voimakkaat, jäävahvistetut alukset voivat murtaa yli puolimetristä tasaista jäätä, mutta ne eivät pysty liikkumaan paksuissa ahtojäissä tai sohjovöissä ilman jäänmurtajien avustusta. Myös jääkentässä esiintyvä puristus vaikeuttaa liikennettä. Jäiden voimakas puristus saattaa olla kauppa-aluksille jopa vaarallista, ja se voi myöhästyttää niitä jopa vuorokausia. (*Ilmatieteen laitos 2022*)

Merijää aiheuttaa vaikutuksia meriliikenteen käyttämissä reiteissä. Pohjanlahden talvimerenkulussa alusliikenne ohjataan Suomen ja Ruotsin yhteistoiminnassa kulkemaan pitkin helpompia alueita alusten lähtö- ja määräsatamasta riippumatta (*Traficom & Väylävirasto 2023*). Talvimerenkulussa ei pystytä noudattamaan suorinta mahdollista reittiä, vaan liikennöinnissä on etsittävä parasta reittiä liikkuvassa jäämassassa. Tämän vuoksi erilaisina talvina meriliikenteen reitit saattava poiketa toisistaan selvästi ja ne eroavat usein myös jäättömän ajan reiteistä. VTS eli meriliikenteen ohjauksen aluspalvelu yhteistyössä jäänmurtajien kanssa ohjaavat talviaikaista liikennettä Pohjoisen Merenkurkun alueella ja ne määrittelevät reitit, joita tulee noudattaa. Määritettyjen reittien ulkopuolelle lähteminen on riskialtista ja voi johtaa pitkään odotusaikaan jäihin juuttumisen tapauksessa. Optimaalisimpien kulkureittien käyttäminen jääolosuhteissa on keskeinen tekijä ylläpidettäessä sujuvaa ja vähäpäästöistä merenkulkua talviaikaan. Väyläviraston tehtävänä on tarjota jäänmurtaja-apua Suomen satamissa käyville aluksille tarvittaessa ja paikalliset jääolosuhteet määräävät tarpeen jäänmurrolle. Traficom määrittää jääluokan aluksille niiden jääluokkamerkinnän perusteella. Suomalaiset jäänmurtajat avustavat vain aluksia, jotka täyttävät riittävät vaatimukset talvimerenkululle jääluokkamerkinnän perusteella. (*Sweco 2023a,* liite 15)

14.2.5 Merituulivoimapuistojen turvaetäisyydet

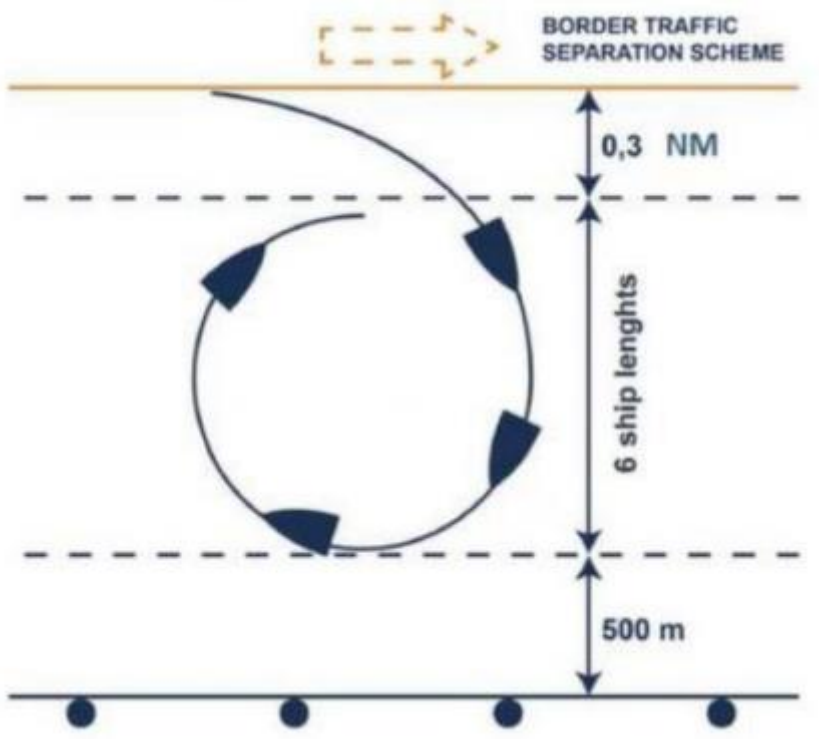
Lähtökohtaisesti merituulivoimaloiden ja meriliikenteen turvaetäisyys valitaan tapauskohtaisesti riippuen esimerkiksi tuulivoimapuiston sijainnista, maantieteellisistä näkökohdista ja alueen alusliikenteestä (*Sweco 2023b,* liite 16). Suomessa ei ole toistaiseksi esimerkiksi lainsäädäntöä, joka

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

määräisi minimietäisyyden tuulivoimaloiden ja meriliikenteen välille. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom on ohjeistanut, että tuulivoimaloita ei tule suunnitella 1,5 km lähemmäksi väylän reunalinjoja, ankkurointialueita tai merenkulun suojapaikkoja merenkulun turvallisuuden ja häiriöttömän liikennöinnin varmistamiseksi. Talousvyöhykkeellä reittijakojärjestelmien, ulkomerellä merenkulun liikennöintialueiden sekä väylien lähestymisalueiden ja merituulivoima-alueiden välinen etäisyys tulee olla tapauksesta riippuen 1–2 tai 1–3 merimailia (n. 1,9–5,6 km). Talvimerenkulun kannalta haasteellisiksi tiedetyillä alueilla suojaetäisyyksien tarve voi olla kuitenkin edellä mainittuja suosituksia suurempi. (*Traficom & Väylävirasto 2023*)

Merituulivoimapuistojen turvaetäisyyksille on maailmalla olemassa useita erilaisia kansallisia linjauksia ja myös suuri vesiväylä- ja satama-alan kansainvälinen järjestö PIANC (The World Association for Waterborne Transport Infrastructure) on luonut omat suosituksensa merituulivoiman turvaetäisyyksistä meriliikenteeseen. PIANC:n konseptisuunnitelma tarjoaa konservatiivisen turvallisuussuosituksen etäisyydestä tuulivoimaloiden ja alusten välille jäättömiin olosuhteisiin. Konseptisuunnittelun mukainen suositus on seuraava: etäisyys aluksesta tuulivoimapuistoon tulee olla sellainen, että alus pystyy suorittamaan täydellisen 360 asteen väistöliikkeen (käännöksen). Tällainen etäisyys on arvioitu saavutettavan 5 aluksen pituudella. Jotta häiriöille jää tilaa, niin ohjausetäisyydeksi on konservatiivisesti arvioitu noin 6 aluksen pituutta. Lisäksi tuulivoimapuistolle voidaan määrittää enintään 500 metrin pituinen turvavyöhyke, jolle alus ei saisi päätyä. Jotta voidaan varmistaa turvallinen väistöliike myös muiden lähellä olevien alusten yhteydessä, niin oikealle puolelle turvaetäisyyteen lisätään 0,3 merimailin (n. 550 metrin) matka. Aluksen vasemmalle puolelle vastaavaa lisäystä ei tarvita. Tätä turvaetäisyyttä suositellaan tuulivoimapuiston ja lähimmän reittijakojärjestelmän (TSS, Traffic Separation Scheme) välillä, jossa on selvää, mistä etäisyys voidaan mitata. (*Sweco 2023a,* liite 15)

Alla oleva kuva (Kuva 14-10) havainnollistaa PIANC:n konseptisuunnitelmaa reittijakojärjestelmän ja tuulivoimapuiston välisestä turvaetäisyydestä.



Kuva 14-10. Reittijakojärjestelmän ja merituulivoimapuiston välinen turvaetäisyys PIANC:n konseptisuunnitelman mukaan (360 asteen käännös oikealle puolelle). (Sweco 2023a, liite 15*)*

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

PIANC:n suositteleman yksityiskohtaisen suunnittelun avulla turvaetäisyyttä voidaan kuitenkin mahdollisesti muuttaa perusteellisen meririskianalyysin jälkeen pienemmäksi. Laineen hankealueella luotu navigaatioriskitarkastelu ja sen liitteet pyrkivät muodostamaan lähtökohdan tällaisen yksityiskohtaisen suunnitelman laatimiseksi. (*Sweco 2023b*, liite 16)

Kansainväliset merenkulun ja merituulivoiman turvaetäisyyssuositukset eivät sovellu Suomen sellaisenaan, sillä Suomen rannikko- ja talviolosuhteet poikkeavat merkittävästi alueista, joille merituulivoimapuistoja tyypillisesti rakennetaan maailmalla. Reittijakojärjestelmät voisivat olla turvallinen tapa järjestää merenkulun liikennöintiä alueilla, jossa merituulivoimapuistot rajaavat merenkulun käyttämiä reittejä tiiviille alueelle. Jääolosuhteet luovat kuitenkin haasteen reittijakojärjestelmien kannalta, sillä ne vaikuttavat suuresti merenkulun käyttökelpoisiin reitteihin. Suomen reittijakojärjestelmien alueella (esimerkiksi Merenkurkussa) on tyypillistä, että ne poistuvat jääolosuhteiden edellyttäessä viranomaismääräyksellä tilapäisesti pois käytöstä. (*Traficom & Väylävirasto 2023*)

14.2.6 Merenkulun tutka- ja paikannusjärjestelmät sekä langattomat viestintäverkot

Jokaisessa kauppa-aluksessa on tutkajärjestelmä, jota käytetään navigointiin ja aluksen ympärillä olevien kohteiden havainnointiin. Häiriöttömästi toimiva aluksen tutka varmistaa osaltaan merenkulun turvallisuutta. Väylän molemmille puolille sijoittuvat tuulivoimapuistot tai lähelle väylää sijoitetut tuulivoimalat voivat aiheuttaa ennalta arvaamattomia tutkaheijastuksia haitaten merenkulkututkien toimintaa. Lisäksi väylien tai merenkulun liikennöintialueiden risteysalueille sijoitetut tuulivoimalat voivat aiheuttaa varjostusvaikutuksia, joka heikentää alusten merenkulkututkien näkemää viereiselle väylälle tai liikennöintialueelle. (*Traficom & Väylävirasto 2023*)

Meriliikenteenohjauksen aluspalvelun (Vessel Traffic Service, VTS) tarkoituksena on valvoa ja ohjata meriliikennettä sekä varmistaa sen turvallisuus ja sujuvuus (*Fintraffic 2024*). Meriliikenteenohjauksen keskeisin havaintoväline on tutka ja sillä on oltava esteetön näkemä valvonta-alueelleen. Kaikki Suomen kauppamerenkulun väylät ovat liikenteenohjauksen piirissä. Tuulivoimala tai -puisto voivat aiheuttaa VTS-tutkalle katvealueen tai virheellisiä heijastussignaaleja, jotka haittaavat tutkavalvontaa sekä heikentävät alusten havaitsemista ja paikantamista. Lähtökohtaisesti olemassa olevia VTS-tutkia ja niiden rakenteita ei tule siirtää. Tutkanäkyvyyttä on tarvittaessa lisättävä tuulivoimalan tai -puiston rakentamisen vuoksi. Tällöin uusi tutka-asema on sijoitettava siten, että liikenteenohjauksella on käytössään häiriötön näkymä koko valvontasektorille. VTS-tutkia käytetään myös rannikon ja väylien lähestymisalueiden jäätilanteen ja jään liikkeen seurantaan. Tämä käyttömahdollisuus ei saa häiriintyä tuulivoimaloiden takia. Mikäli rakennettu tuulivoimapuisto vaikuttaisi alueen talvimerenkulkuun tai sen järjestämiseen alueella, jäätilanteen ja jäiden liikkumisen seurantaan soveltuvien kameroiden ja/tai tutkien lisäämisellä tuulivoimaloiden rakenteisiin voitaisiin parantaa jäätilanteen kokonaiskuvan seurantaa sekä jäänmurtoavustustarpeen oikea-aikaista kohdentamista alueelle. Merenkulun liikennöintialueiden läheisyyteen sijoittuvat tuulivoimapuistot lisäävät tutkavalvonnan ja -seurannan tarpeellisuutta, ja laajemmalla tutkaverkolla merenkulun turvallisuutta ja sujuvuutta on mahdollista parantaa merkittävästi. (*Traficom & Väylävirasto 2023*)

Tuulivoimalat voivat vaikuttaa myös alusten satelliittipaikannukseen, eli GNSS-järjestelmiin (Global Navigation Satellite System) siten, että satelliittien signaalit heijastuvat tuulivoimaloiden kautta aiheuttaen virheellisen paikannuksen järjestelmää käyttävälle alukselle. (*Traficom & Väylävirasto 2023*)

Kansainvälisten sopimusten mukaisesti jokaisella rantavaltiolla on oltava rannikkoradioasema, joka vastaa merenkulun turvallisuusradioliikenteestä. Turku Radio on Suomen kansallinen rannikkoradioasema, joka vastaa Suomessa rannikon turvallisuusradioliikenteestä käyttämillään VHF-kanavilla. Tuulivoimalan rakenteet voivat vaikuttaa VHF-aaltojen etenemiseen sekä aiheuttaa yhteyksien katkeamista. Mikäli rakennettu tuulivoimapuisto aiheuttaa häiriötä tai haittaa merenkulun langattomille viestintäverkoille, haitta on kompensoitava lisäämällä tukiasemia alueelle siten,

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

että tuulivoimapuiston aiheuttama häiriö tai haitta langattomille viestintäverkoille poistuu. (*Traficom & Väylävirasto 2023*)

14.2.7 Meriliikenteen nykytila ja muutosvoimat

Konsulttiyhtiö Sweco AB tutki Laineen hankealueella ja sen lähistöllä vuonna 2022 tapahtunutta meriliikennettä alusten automaattisesta tunnistusjärjestelmästä (AIS) saatavan datan avulla. AIS-datan avulla tarkasteltiin, kuinka paljon alueella oli meriliikennettä, miten ne sijoittuivat alueelle ja millaisia aluksia alueella liikkui. Tiedon visualisointi suoritettiin lämpökarttojen avulla. Merijääkuukausiksi määritettiin vuoden 2022 tammi-, helmi-, maalis-, huhti- ja toukokuu.

Vuoden 2022 AIS-dataa on tarkasteltu, koska se antaa tuoreen kuvan Pohjoisen Merenkurkun alueen meriliikenteestä. Merijäättömään aikaan meriliikenteen käyttämät reitit ovat kohtalaisen vakiintuneita väylien ja meriliikennereittien suhteen, mutta eri vuosien väleillä voidaan silti huomata pieniä eroja. Talviaikaisessa merenkulussa merijään esiintymisen aikaan sen sijaan eri vuosien välillä on hyvinkin suuria eroja meriliikenteen käyttämissä reiteissä jäätilanteen takia. AIS-datan tarkastelussa tulisikin kiinnittää huomiota erityisesti alusmääriin ja -tyyppeihin, joista yhden vuoden ajalta saa hyvän kuvan. Reittien suhteen sen sijaan ei voida tehdä yhtä johdonmukaisia päätelmiä etenkään merijään esiintymisen aikana. Meriliikenteen käyttämät reitit tulevat muuttumaan, jos merituulivoimapuistoja rakennetaan. Tästä syystä alusmäärät ja -tyypit on oleellinen tarkasteltava seikka, ei niinkään käytetyt reitit.

Alla olevaan taulukkoon (Taulukko 14-1) on koottu tilasto vuodelta 2022 Laineen tuulivoima-alueen läheisten meriliikennereittien alustyyppijakaumasta, alusten keskimääräisestä pituudesta ja maksimipituudesta (98,5 % luottamusväli) kuukausina ilman merijäätä ja merijääkuukausien aikana.

Taulukko 14-1. Alustyyppi- ja pituusjakauma tuulivoima-alueen läheisillä väylillä ja meriliikennereiteillä (Kuva 14-3) jäättöminä ja merijääkuukausina vuonna 2022. Alle 3 %:n osuuden muodostavat alukset eivät näy taulukossa. (Sweco 2023a, liite 15)

Meriliikennereitti	Alustyyppi	Keskiarvopituus (m)	Maksimipituus (m) (98,5 % luottamusväli)	Alustyyppi	Keskiarvopituus (m)	Maksimipituus (m) (98,5 % luottamusväli)
	Merijääkuukaudet (Tammikuu-Huhtikuu)			Jäättömät kuukaudet (Toukokuu-Joulukuu)		
Nordvalen-Pietarsaari meriliikennereitti	Rahti- ja ro-ro alukset (86,5 %)	127	196	Rahti- ja ro-ro alukset (81,5 %)	121	196
	Rahti- ja tankkerialukset, vaaralliset aineet (8,5 %)			Rahti- ja tankkerialukset, vaaralliset aineet (10,5 %)		
	Avustus- ja turvaalukset (5 %)			Avustus ja turvaalukset (3 %)		
Nordvalen-Kokkola meriliikennereitti	Rahti- ja ro-ro alukset (80 %)	121	197	Rahti- ja ro-ro alukset (76 %)	118	242
	Rahti- ja tankkerialukset, vaaralliset aineet (16 %)			Rahti- ja tankkerialukset, vaaralliset aineet (20 %)		
	Avustus- ja turvaalukset (3,5 %)					

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Meriliikenne-reitti	Alustyyppi	Keskiarvo-pituus (m)	Maksimipi-tuus (m) (98,5 % luottamus-väli)	Alustyyppi	Keskiarvo-pituus (m)	Maksimi-pituus (m) (98,5 % luotta-musväli)
Nordvalen-Kala-joki meriliikenne-reitti	Rahti- ja ro-ro alukset (86 %)	124	193	Rahti- ja ro-ro alukset (82,5 %)	116	225
	Rahti- ja tankke-rialukset, vaaralliset aineet (12 %)			Rahti- ja tankke-rialukset, vaaralliset aineet (7 %)		
Nordvalen-Raahe Meriliikennereitti	Rahti- ja ro-ro alukset (78 %)	124	193	Rahti- ja ro-ro alukset (88 %)	124	200
	Rahti- ja tankke-rialukset, vaaralliset aineet (14 %)			Rahti- ja tankke-rialukset, vaaralliset aineet (5 %)		
	Avustus- ja turva-alukset (7 %)			Avustus- ja turva-alukset (5 %)		
Nordvalen-Raahe/Oulu/Kemi rannikkoväylän meriliikennereitti	Rahti- ja ro-ro alukset (73 %)	120	156	Rahti- ja ro-ro alukset (87 %)	107	164
	Rahti- ja tankke-rialukset, vaaralliset aineet (27 %)			Rahti- ja tankke-rialukset, vaaralliset aineet (7 %)		
Nordvalen-Raahe/Oulu/Kemi luoteiväylän me-riliikennereitti	Rahti- ja ro-ro alukset (72 %)	125	193	Rahti- ja ro-ro alukset (63 %)	134	229
	Rahti- ja tankke-rialukset, vaaralliset aineet (19 %)			Rahti- ja tankke-rialukset, vaaralliset aineet (31 %)		
	Avustus- ja turva-alukset (8 %)			Avustus- ja turva-alukset (4 %)		
Nordvalen-Kemi meriliikennereitti	Rahti- ja ro-ro alukset (77 %)	121	190	Rahti- ja ro-ro alukset (77 %)	128	193
	Rahti- ja tankke-rialukset, vaaralliset aineet (17 %)			Rahti- ja tankke-rialukset, vaaralliset aineet (19,5 %)		
	Avustus- ja turva-alukset (5 %)					
Yhteensä kaikki meriliikennereitit		124	193		124	229

Hankealueen läheisillä väylillä alusliikenteestä suurimman osan muodostivat erilaiset rahti- ja roro-alukset, tankkerit sekä erilaiset avustus- ja turva-alukset (jäänmurtajat, luotsialukset ja hinaajat).

Meriliikenteen määrät Pohjoisen Merenkurkun alueella ovat pienempiä verrattuna esimerkiksi eteläisen Itämeren alueisiin. Alla olevaan taulukkoon (Taulukko 14-2) on koottu

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

merituulivoimapuiston läheisten meriliikennereittien kauttakulkujen määrä yhteensä vuoden 2022 aikana sekä keskimääräinen vuorokausiliikenteen määrä. Taulukossa on eritelty lukemat merijääkuukausien ja jäättömien kuukausien ajalle. Lukemat voivat hieman muuttua, jos meriliikenteen keskiarvo laskettaisiin toisesta poikkileikkauskohdasta. Yhteenvetona on esitetty myös meriliikenteen määrät kaikilla esitetyillä meriliikennereiteillä, 5 merimailin säteellä merituulivoimapuistosta sekä Merenkurkun reittijakojärjestelmän (TSS) alueella.

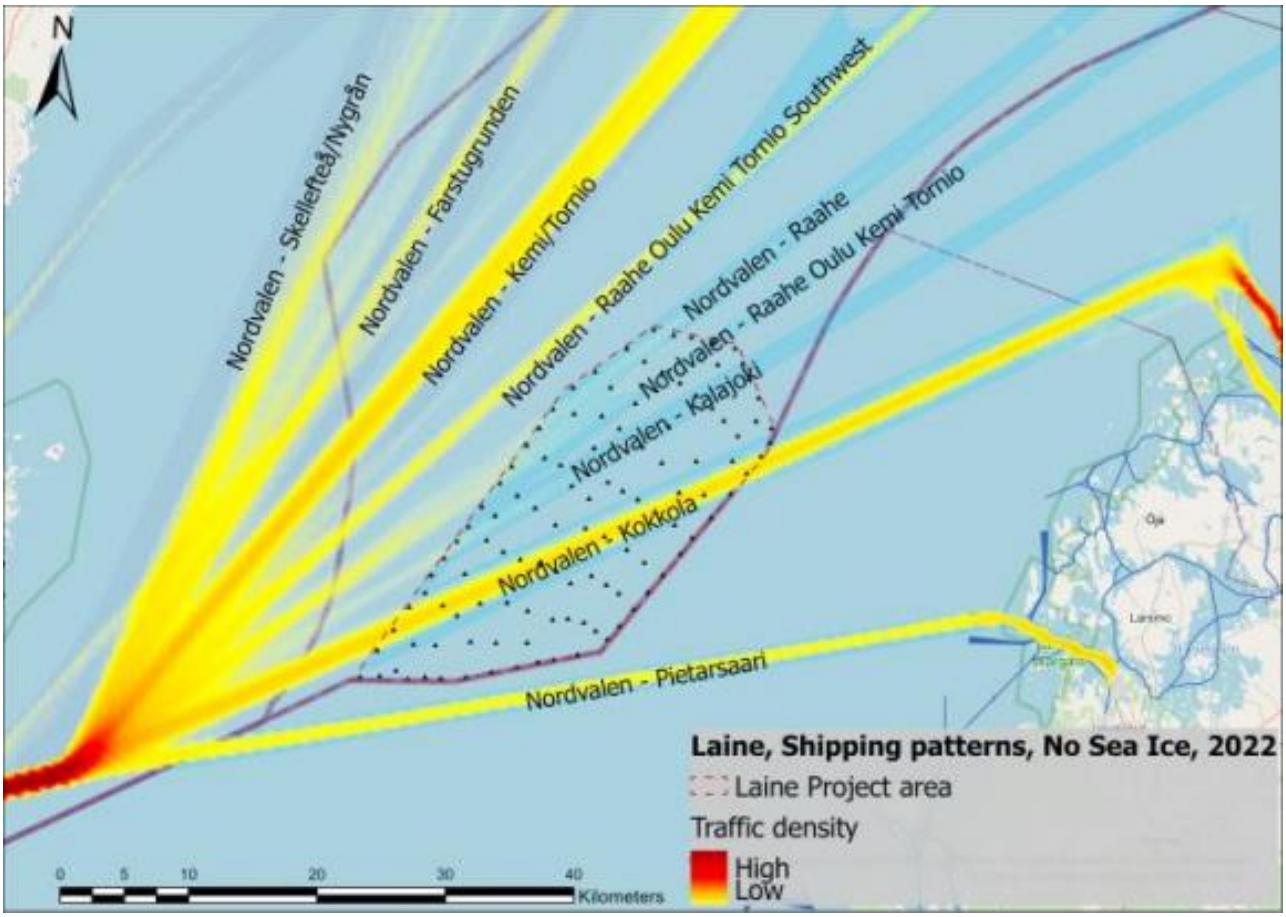
Taulukko 14-2. Meriliikenteen kauttakulkujen lukumäärä vuodessa ja keskimääräinen alusmäärä päivässä vuodelta 2022 hankealueen läheisillä alueilla. Päiväkohtaiset lukemat perustuvat keskimääräiseen liikenteeseen, eivätkä ole sen vuoksi tarkkoja. Lisäksi lukemat ovat yhdeltä poikkileikkaukselta/väylä. Lukumäärät saattaisivat siis vaihdella toisessa poikkileikkauksessa. (Sweco 2023a, liite 15)

Reitti	Kauttakulut yhteensä (2022)	Keskimääräinen alusmäärä päivässä (*120 päivää)	Kauttakulut yhteensä (2022)	Keskimääräinen alusmäärä päivässä (*245 päivää)
	Merijääkuukaudet		Jäättömät kuukaudet	
Nordvalen-Pietarsaari	148	1,2	193	0,8
Nordvalen-Kokkola	208	1,7	593	2,4
Nordvalen-Kalajoki	224	1,9	143	0,6
Nordvalen-Raahe	73	0,6	191	0,8
Nordvalen-Raahe/Oulu/Kemi rannikkoväylä	22	0,2	99	0,4
Nordavalen-Raahe/Oulu/Kemi luoteisväylä	222	1,9	434	1,8
Nordvalen-Kemi	162	1,4	734	3
Kaikki reitit	1059	9	2387	10
5 merimailin säteellä tuulivoima-alueesta	1081	9	1894	8
TSS Merenkurkku	1581	13	3414	14

Jäättöminä kuukausina (toukokuu-joulukuu) selkeästi vilkkaimmat alusliikenteen käyttämät meriliikennereitit olivat vuonna 2022 Nordvalen-Kokkola, Nordvalen-Raahe/Oulu/ Kemi luoteisväylä sekä Nordvalen-Kemi. Meriliikennereitit sijoittuvat kuitenkin Laineen hankealueen läheisyydessä

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

hyvin lähelle toisiaan, joten reitit eivät ole täysin yksiselitteisiä. Jäättömien kuukausien alusliikennettä alueella vuonna 2022 on havainnollistettu AIS-dataan perustuvalla lämpökartalla kuvassa (Kuva 14-11).

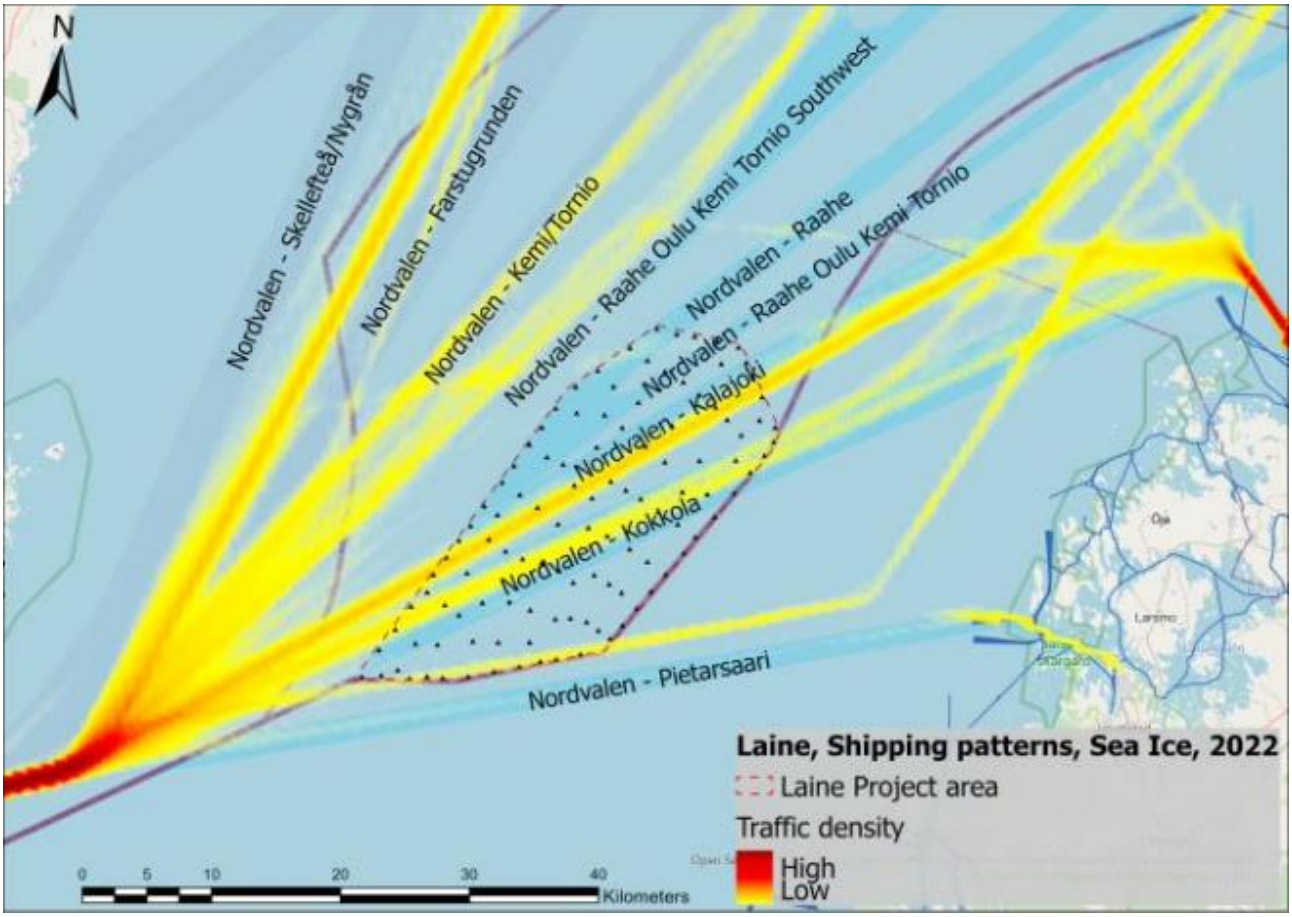


Kuva 14-11. Lämpökartta meriliikenteen käyttämistä reiteistä Laineen hankealueen ympäristössä merijäättömänä aikana vuonna 2022 (toukokuu-joulukuu). Suuri liikennetiheys kartassa punaisella ja pienemmät keltaisella. (Sweco 2023a, Liite 15).

Kuvasta (Kuva 14-11) voidaan huomata, että merijäättömänä aikana meriliikenne sijoittui suhteellisen hyvin Merialuesuunnitelma 2030:ssa tunnistetuille meriliikennereiteille. Jäättömänä aikana alusliikenne pystyy käyttämään lyhimpiä mahdollisia reittejä, mikä selittää suosittujen reittien suuremmat volyymit. Merkittävä määrä alusliikennettä kulki tuulivoima-alueen läpi meriliikennereitillä Nordvalen-Kokkola. Myös muilla alueen läpi kulkevilla meriliikennereiteillä on alusliikennettä, vaikka se on huomattavasti vähäisempää. Vilkas meriliikennereitti Nordvalen-Pietarsaari kulkee lähellä Laineen tuulivoima-alueen etelä/kaakkoisrajaa ja Nordvalen-Raahe/Oulu/Kemi luoteisväylä kulkee lähellä Laineen luoteisrajaa. Vilkas pääreitti Nordvalen-Kemi kulkee kauempana alueesta.

Merijäällä on huomattava vaikutus meriliikenteen käyttämiin reitteihin. Alusten on tällöin noudatettava Väyläviraston asettamia määräyksiä liikennöintirajoituksia ja reitityksistä, sillä muuten ne eivät ole oikeutettuja jäänmurtoapuun (hätätilanteita lukuun ottamatta). Vaikutus reitteihin on huomattavissa selkeästi myös tarkastelualueella merijääkuukausina (tammikuu-huhtikuu). Vuoden 2022 merijääkuukausien aikaista alusliikennettä alueella on havainnollistettu AIS-dataan perustuvalla lämpökartalla kuvassa (Kuva 14-12).

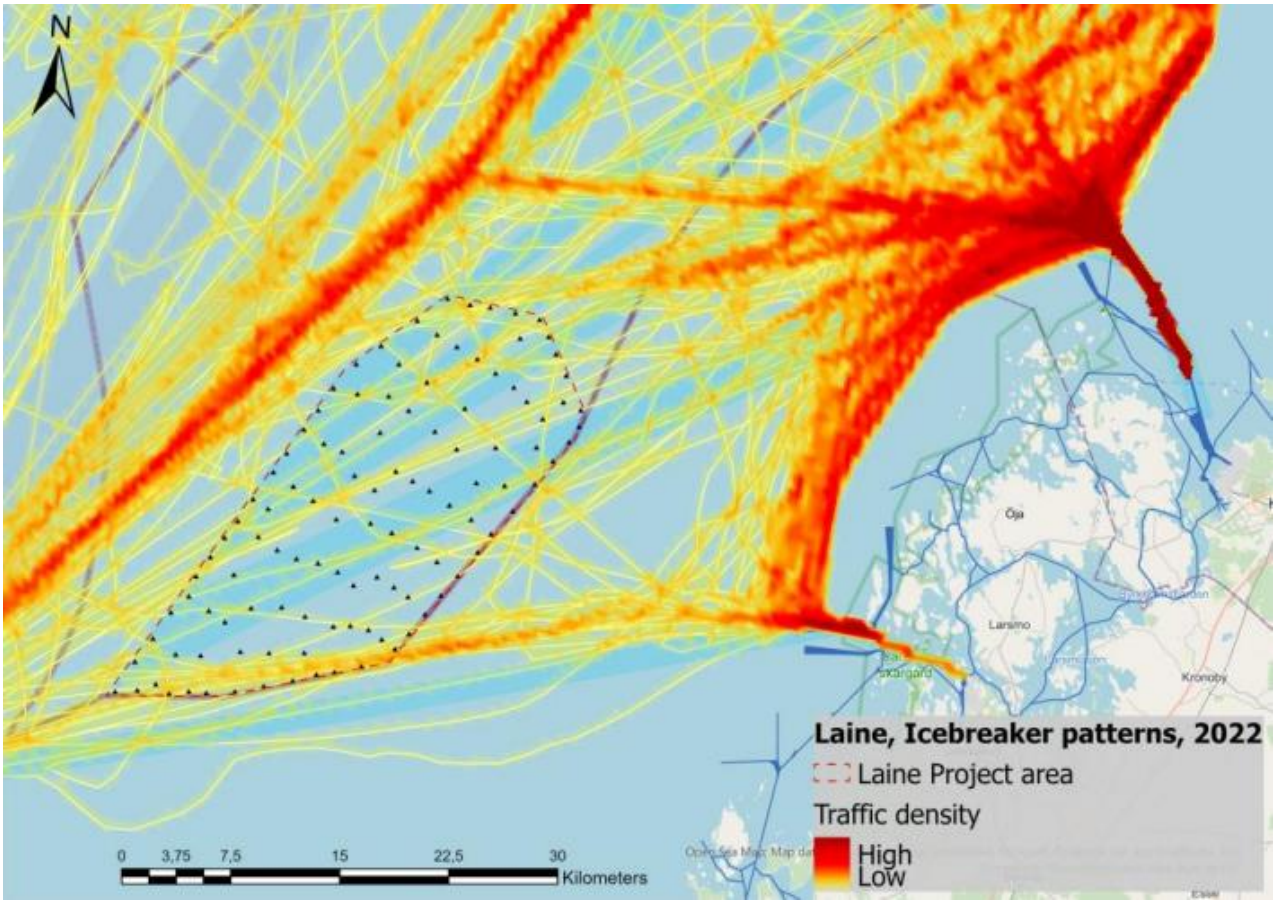
Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 14-12. Lämpökartta meriliikenteen käyttämistä reiteistä Laineen hankealueen ympäristössä merijään esiintymisen aikana vuonna 2022 (tammikuu-huhtikuu). Suuri liikennetiheys kartassa punaisella ja pienemmät keltaisella. (Sweco 2023a, liite 15).

Kuvasta (Kuva 14-12) voidaan huomata, että vuonna 2022 merijään esiintymisen aikana meriliikenne oli hieman hajautuneempaa, eikä noudattanut enää yhtä hyvin Merialuesuunnitelma 2030:ssa tunnistettuja meriliikennereittejä. Merijääkuukausina liikennetiheys Nordvalen-Kemi ja Nordvalen-Kokkola meriliikennereiteillä pieneni verrattuna merijäättömään aikaan. Erityisesti taas Nordvalen-Kalajoki meriliikennereitillä liikennetiheys kasvoi selvästi merijään esiintymisen aikana. Kokonaisuudessaan merijään esiintymisen aikana meriliikennettä siirtyi huomattavan paljon lähemmäs Suomen rannikkoa. Muutosta voidaan selittää tarkastelemalla jäänmurtajien liikkeitä alueella (Kuva 14-13). Alueella liikkui vuoden 2022 aikana yhteensä 11 erilaista jäänmurtajaa, jotka tekivät 137 läpikulkua. Laineen tuulivoima-alueen läpi jäänmurtajat tekivät yhteensä 21 kauttakulkua.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 14-13. Lämpökartta jäänmurtajien käyttämistä reiteistä Laineen tuulivoima-alueen ympäristössä vuonna 2022. Kartan selitteet: Icebreaker patterns = jäänmurtajien reitit, Project area = tuulivoimapuiston alue, Traffic density = liikennetiheys, High = korkea, Low = alhainen. (Sweco 2023a, liite 15)

AIS-datan perusteella on selvää, että osa meriliikenteestä joutuu etsimään hankkeen perustamisen jälkeen uuden reitin. Lähtökohtana on, että alusliikenne tuulivoimapuiston alueella ei ole sallittua kauppa-aluksille ja lisäksi tuulivoima-alueen reunaan sovelletaan valittua suojaetäisyyssuositusta (esimerkiksi PIANC). Vuoden 2022 AIS-datan perusteella tuulivoima-alueen rajojen sisäpuolella läpikulkuja oli merijään esiintymisen aikana 673 aluksella (n. 5,6 alusta/päivässä) ja merijäättömänä aikana 1 061 aluksella (n. 4,3 alusta päivässä). Kun otetaan huomioon yksilölliset suojaetäisyyssuositukset PIANC:n ohjeistuksen mukaisesti, niin kauttakulkuja oli merijään esiintymisen aikana 735 aluksella (n. 6,1 alusta päivässä) ja jäättömänä aikana 1 176 aluksella (n. 4,8 alusta päivässä). Vuonna 2022 näiden alusten olisi siis pitänyt valita eri reitti, mikäli Laine olisi ollut jo perustettu. (*Sweco 2023a*, liite 15)

Laineen merituulivoimapuiston perustaminen johtaisi muutoksiin meriliikenteessä ja liikennemallissa. Mahdollisia skenaarioita reittien uudelleensijoittumiselle ovat liikenteen siirtyminen Nordvalen-Pietarsaari meriliikennereitille eli kaakkoiselle kiertoreitille sekä luoteiselle kiertoreitille. Kaakkoista kiertoreittiä käyttäisivät todennäköisesti ainakin Nordvalenin ja Kokkolaan väliset alukset, koska siinä matkaetäisyys kasvaa vähiten. Kokkolasta pohjoiseen sijaitsevat satamat käyttäisivät taas todennäköisesti luoteista kiertoreittiä matkan pituuden kasvamisen minimoimiseksi. (*Sweco 2023a*, liite 15)

Nykyisen alusliikenteen siirtymisten lisäksi alueella on otettava huomioon tulevaisuuden meriliikenteen ennusteet. Traficom on tuottanut ennusteita meriliikenteestä vuoteen 2060 saakka. Ennusteen mukaan Suomen meriliikenteen kokonaisvienti on vuoteen 2060 mennessä

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

vetoisuudeltaan noin 9 % suurempi, kuin vuonna 2021. Kokonaistuonti tulee taas ennusteen mukaan olemaan noin 19 % suurempi. Liikenne-ennusteiden lähtökohtiin liittyy kuitenkin merkittäviä epävarmuustekijöitä suurten toimintaympäristön muutosten vuoksi. (*Traficom 2022*) Liikenteen osuuden kasvuun ja suurempiin aluksiin on useita syitä. Esimerkiksi uuden Oulun salmen syväys ja Kemin Ajoksen väylän syventäminen mahdollistavat suuremmat alukset. Merikuljetustarve Ajoksen satamaan lisääntyy merkittävästi Metsä Groupin uuden biotuotetehtaan valmistuttua. Muutos saattaa kuitenkin näkyä myös alusten koon kasvuna, eikä välttämättä alusten lukumäärän kasvuna. Tämä saattaa päteä myös Laineen merituulivoimapuiston ympäristössä. (*Sweco 2023a*, liite 15)

Myös muilla suunnitteilla olevilla Ruotsin puolella sijaitsevilla merituulivoimahankkeilla (Kuva 14-9) on mahdollisesti vaikutuksia Laineen lähialueen meriliikenteeseen. Hankkeista erityisesti Ruotsin puolella sijaitsevan Kappan ja Aurumin merituulivoimapuistojen odotetaan aiheuttavan vaikutuksia Laineen osalta. Kappan merituulivoimapuistoa on suunniteltu ainoastaan sadan metrin etäisyydelle Laineen länsirajasta Ruotsin talousvyöhykkeelle. Aurumia on suunniteltu taas kauemmas luoteeseen noin 16 kilometrin etäisyydelle Kappan länsirajasta. Kappan ja Aurumin perustaminen tarkoittaisi sitä, että merkittävä osa Pohjanlahden pohjoisempiin satamiin suuntautuvasta liikenteestä keskittyisi näiden väliselle alueelle Ruotsin talousvyöhykkeelle. (*Sweco 2023a*, liite 15)

14.2.8 Lentoliikenne

Merituulivoimapuiston alue sijaitsee lähimmillään noin 51 kilometrin etäisyydellä Kokkola-Pietarsaaren lentoasemasta. Merituulivoimapuistoalueen koillisosan kulma ulottuu aseman korkeusrajoitusalueelle (*Traficom 2023*). Vaasan lentoasemalle etäisyyttä on lähimmillään noin 67 kilometriä, eikä Laineen merituulivoimapuisto sijoitu sen korkeusrajoitusalueille.

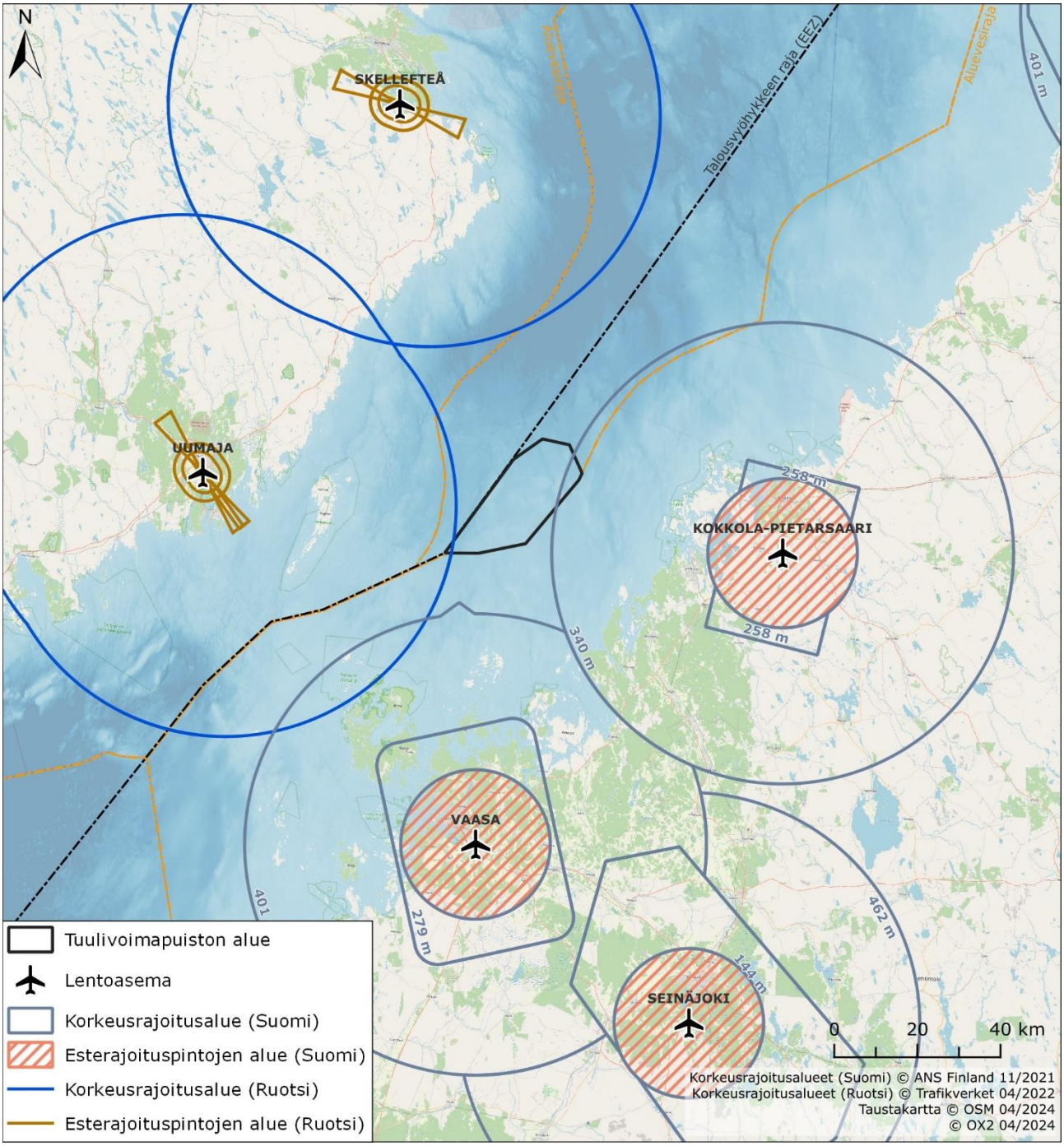
Ruotsin Uumajan lentoaseman korkeusrajoitusalue ulottuu Laineen tuulivoima-alueen lounaiskulmaan.

Lähin valvomaton lentopaikka sijaitsee Kauhavalla noin 85 kilometrin etäisyydellä tuulivoima-alueesta ja seuraavaksi lähin lentopaikka Kalajoki puolestaan noin 91 kilometrin etäisyydellä.

Ilmatilan rajoitusalueita ovat R-alue eli rajoitusalue (restricted area), P-alue eli ilmailulta kielletty alue (prohibited area), aluevalvontalain mukaiset ilmakuvauskieltoalueet, ja kieltävät tai rajoittavat UAS-ilmatilavyöhykkeet. R-alueet on perustettu puolustusvoimien toiminnan suojaamista varten, P-alueet on perustettu suojaamaan valtion tai teollisuuden tärkeitä alueita. Ilmakuvauskieltoalueilla suojataan puolustusvoimien toimintaa. Osa Suomen ilmatilasta on varattu puolustusvoimien rajoitusalueiksi (R-alueet, *Fintraffic ANS 2022*) ja näitä alueita sijaitsee Suomen aluevesien ja talousvyöhykkeiden yläpuolella. Nämä alueet aktivoidaan, kun niiden käyttö edellyttää sitä. Luvan hankkiminen R-alueille lentämiseen on pakollista.

Tuulivoima-alueen sijainti suhteessa lähimpien lentoasemien korkeusrajoitusalueisiin on esitettynä kuvassa (Kuva 14-14). Laineen merituulivoimapuiston alue sijoittuu koilliskulmastaan Kokkola-Pietarsaari lentokentän korkeusrajoitusalueeseen sekä lounaiskulmastaan Uumajan lentokentän korkeusrajoitusalueeseen.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

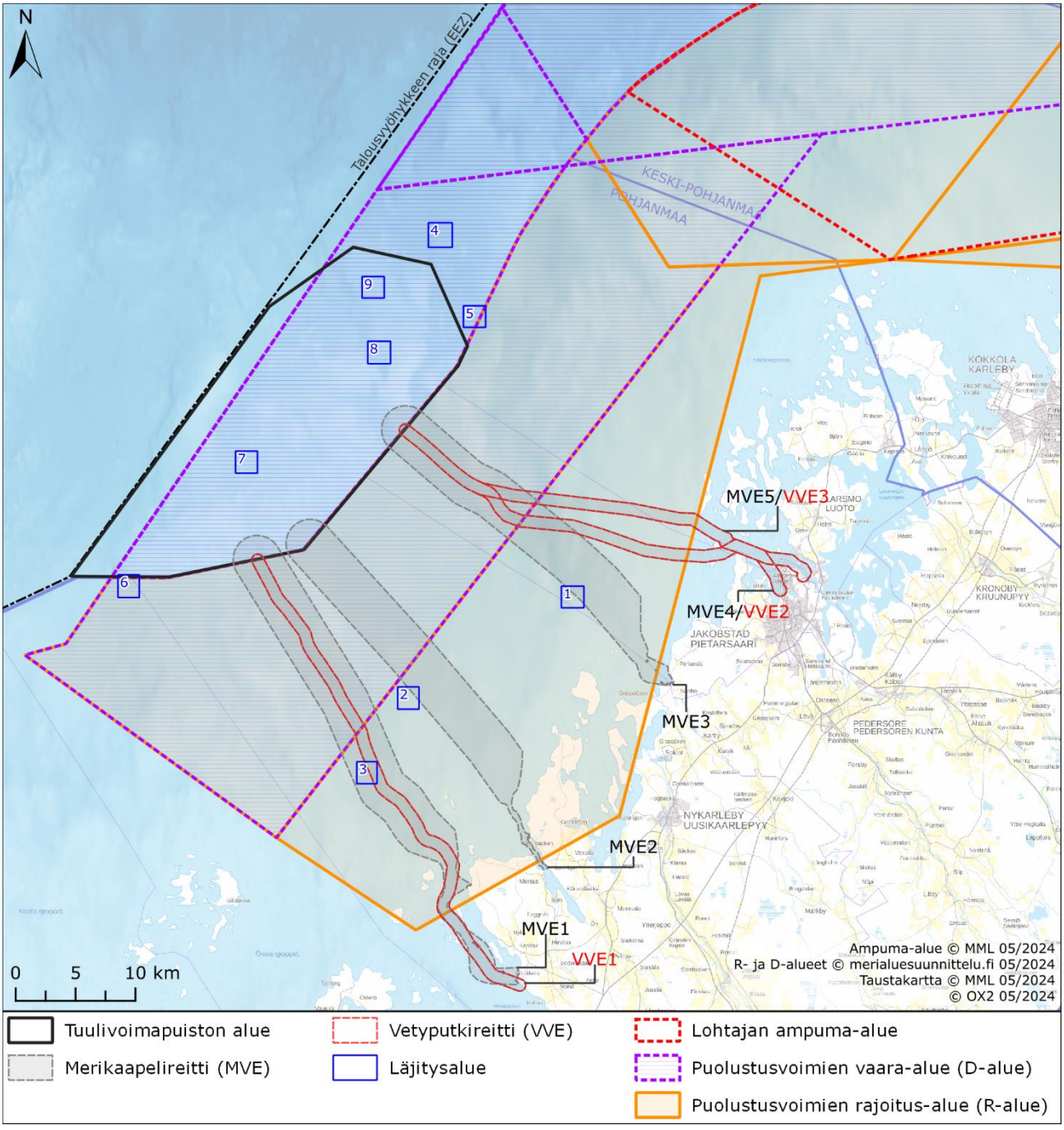


Kuva 14-14. Laineen merituulivoimapuiston sijoittuminen suhteessa lähimpien lentoasemien korkeusrajoitusalueisiin.

Traficomin vaara-alue (D-alueet) on alue, jonne ilma-aluksen päällikön harkinnan mukaan voidaan lentää, mutta alueen status kertoo, että sillä voi olla ilmailulle vaarallista toimintaa. Ilmailulle vaarallisen toiminnan harjoittaminen edellyttää vaara-alueen aktivoimista. Vaara-alueella tarkoitetaan rajoiltaan määrättyä ilmatilaa, jossa voi määräaikoina tapahtua lennolla oleville ilma-aluksille vaarallista toimintaa. Vaara-alueet on silti syytä huomioida myös muun ilmailutoiminnan suunnittelussa. Vaara-alueita varataan muun muassa puolustusvoimien, purjelentojen, hätäraketti-ammuntojen ja miehittämättömien ilma-alusten käyttöön. Merituulivoimapuisto sijoittuu osittain D-alueelle ja rajautuu R-alueeseen, joka noudattelee aluevesirajaa ja energiansiirtoreitit

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

sijoittuvat molemmille rajoitusalueille (Kuva 14-15). Lohtajan ampuma-alueeseen on matkaa tuulivoimapuiston rajalta noin 25 kilometriä.



Kuva 14-15. Hankealueen ja sen lähiympäristön Puolustusvoimien rajoitusalueet.

14.2.9 Maantieliikenne

Merituulivoimapuiston ja merikaapelien/vetyputken rakentamisvaiheeseen liittyy merkittävä määrä erinäisiä rakennustoimenpiteisiin liittyviä maantiekuljetuksia. Rakentaminen vaatii myös työvoimaa, joka aiheuttaa henkilöliikennettä. Liikennöinti suuntautuu kohti rakentamistoimenpiteissä käytettävää satamaa tai satamia, joita voivat olla Pietarsaaren, Kokkolan ja / tai Vaasan

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

satamat. Merituulivoimapuiston toiminnan aikana satamat toimivat puiston operointiin ja huoltoon liittyvien kuljetusten ja henkilöliikenteen kohteena.

Pietarsaaren satama on saavutettavissa useammasta suunnasta, mutta tärkeimmät tieyhteydet ovat rannikon pääväylä Valtatie 8, satamasta sisämaahan johtava Kantatie 68, Pietarsaaren edustalla rannikkoa pitkin kulkeva Seututie 749 ja satamaan johtava Yhdystie 7494. Sataman edustalla Kantatiellä 68 keskimääräinen vuorokausiliikennemäärä vuonna 2022 (viimeisin saatavilla oleva tieto) oli 2 461 ajoneuvoa, josta raskasta liikennettä oli 521 ajoneuvoa (21 %). Toisella satamaan johtavalla (valtion omistamalla) väylällä eli Yhdystiellä 7494 keskimääräinen vuorokausiliikennemäärä vuonna 2022 oli 3 108 ajoneuvoa, josta raskasta liikennettä oli 183 ajoneuvoa (6 %). (*Väylävirasto 2023b*) Pietarsaaren sataman läheiset tieyhteydet ja niiden keskimääräiset vuorokausiliikennemäärät (KVL) sekä raskaan liikenteen määrät (KVLras) ovat esitettynä kuvassa (Kuva 14-16).

Kantatiellä 68 ja Yhdystiellä 7494 (Seututieltä 749 lähtien) on sattunut vuosien 2018–2022 aikana yhteensä 13 tieliikenneonnettomuutta, joista ei aiheutunut henkilövahinkoja. Tiedot perustuvat poliisiasiain tietojärjestelmään tallennettuihin tieliikenneonnettomuustietoihin. Tilaston peittävyys kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien osalta on sataprosenttinen, mutta muiden onnettomuustyyppien tietoon tulossa on eroja. (*Ramboll Finland Oy 2023*)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

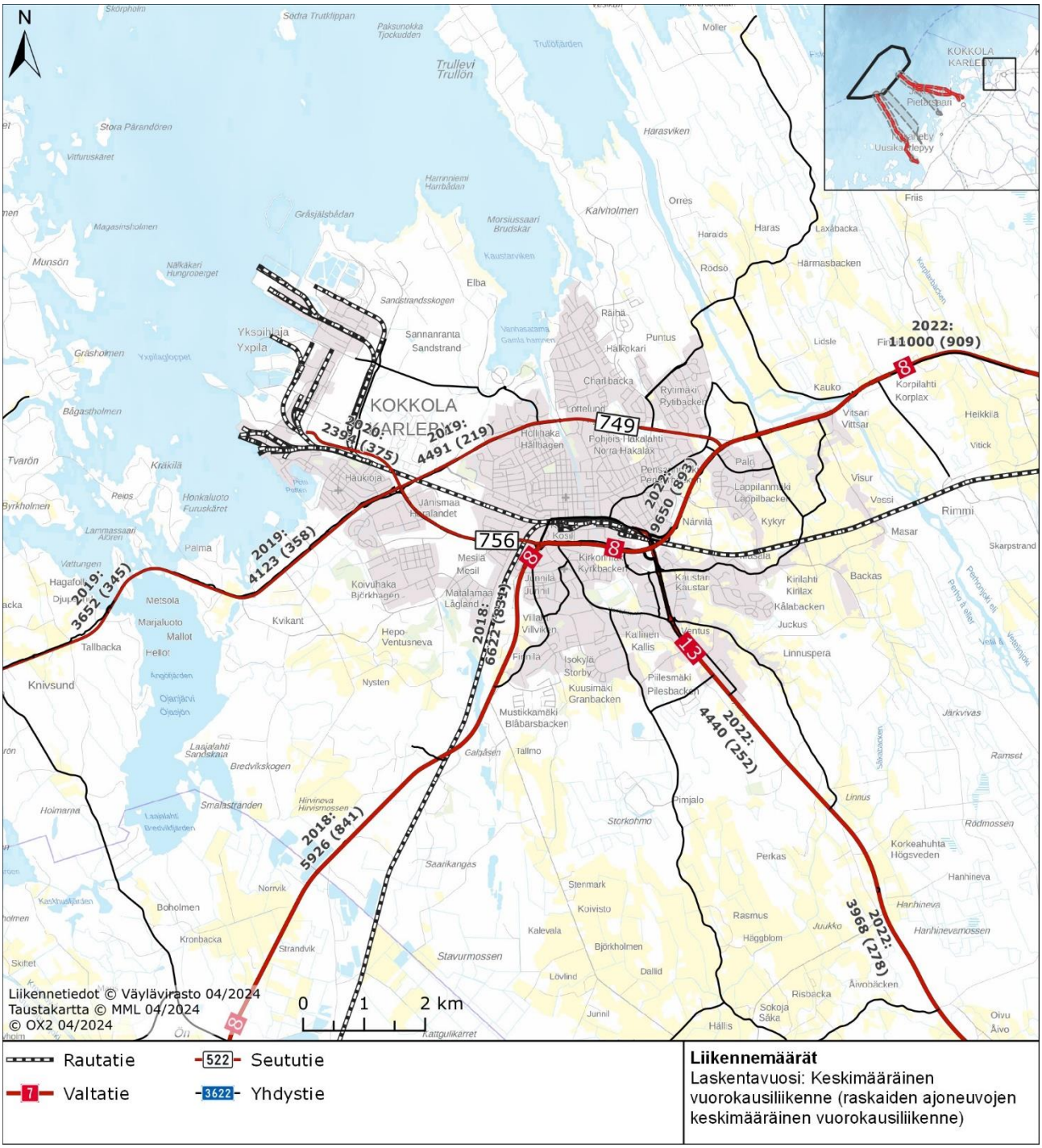


Kuva 14-16. Pietarsaaren satamaan johtavat tiet ja niiden keskimääräiset vuorokausiliikennemäärät (KVL) sekä raskaan liikenteen määrät (KVLras) vuonna 2022.

Kokkolan satamaan liikennöidään Valtatieltä 8 etelän suunnasta Seututietä 756 ja pohjoisen suunnasta Seututietä 749 pitkin. Seututie 749 yhtyy Seututiehen 756 ennen Kokkolan satamaa. Sataman edustalla Seututiellä 756 keskimääräinen vuorokausiliikennemäärä vuonna 2022 oli 2 394 ajoneuvoa, josta raskasta liikennettä oli 375 ajoneuvoa (16 %). (*Väylävirasto 2023b*) Pietarsaaren sataman läheiset tieyhteydet ja niiden keskimääräiset vuorokausiliikennemäärät (KVL) sekä raskaan liikenteen määrät (KVLras) ovat esitettynä kuvassa (Kuva 14-17).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Seututiellä 756 (Sataman ja Valtatie 8 välillä) tapahtui vuosien 2018–2022 välillä 16 tieliikenneonnettomuutta. Näistä 3 johti henkilövahinkoon ja lopuista onnettomuuksista ei aiheutunut henkilövahinkoja. Seututiellä 749 (Seututien 756 ja Valtatien 8 välillä) tapahtui samana ajanjaksona 31 tieliikenneonnettomuutta. Näistä 7 johti henkilövahinkoon ja lopuista ei aiheutunut henkilövahinkoja. (*Ramboll Finland Oy 202*3 ks. tilaston epävarmuudet edellinen kappale)



Kuva 14-17. Kokkolan satamaan johtavat tiet ja niiden keskimääräiset vuorokausiliikennemäärät (KVL) sekä raskaan liikenteen määrät (KVLras) vuonna 2022.

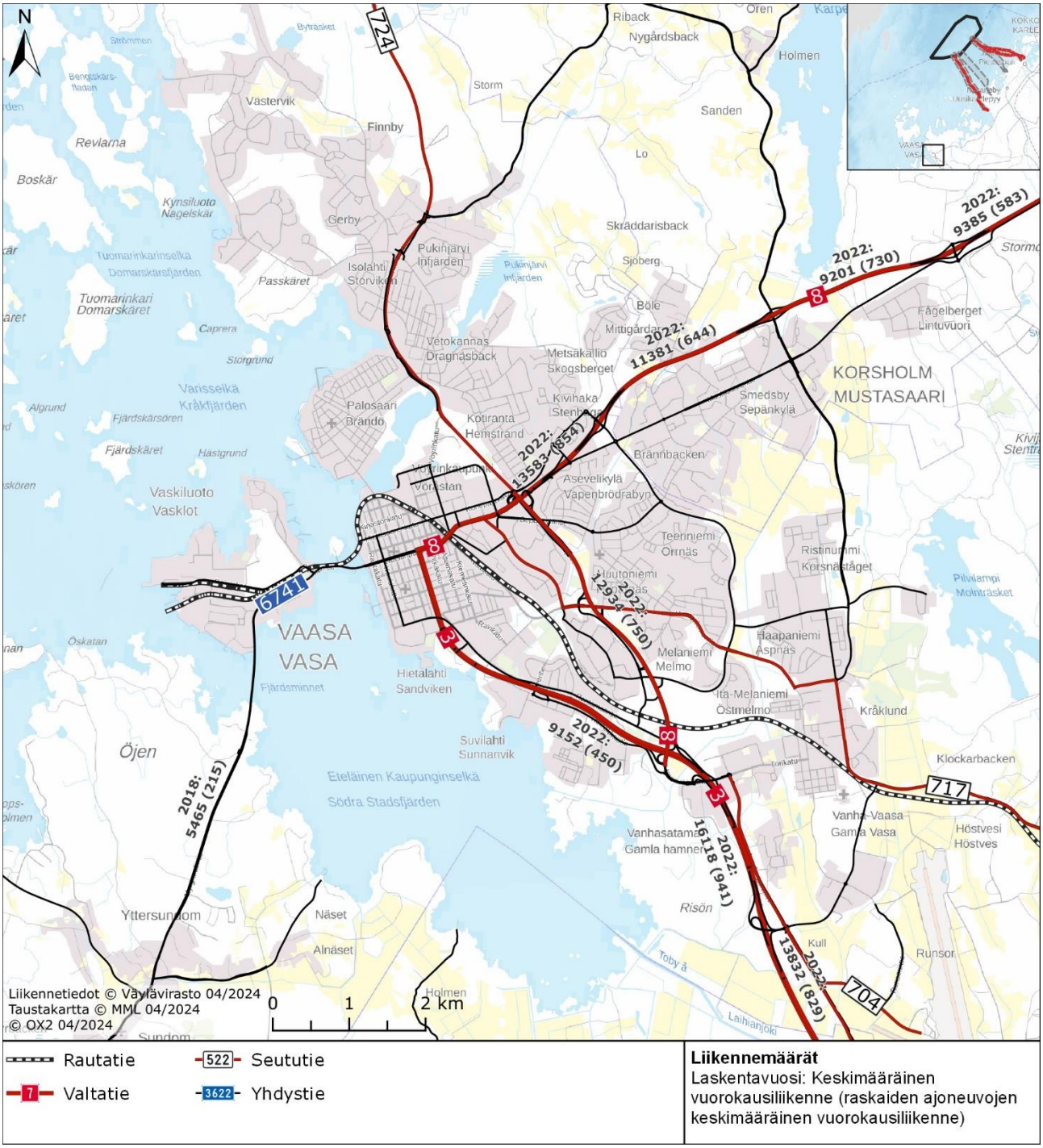
Vaasan satamaan liikennöidään Valtateiden 3 ja 8 suunnista ja edelleen Sinisen tien (yhdystie 6741) sekä kadun 47704 (Sininen tie / Reininkatu) kautta. Lähimmät saatavilla olevat

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Väyläviraston liikennemäärätiedot ovat kaupungin keskustan ulkopuolelta, jossa Valtatiellä 3 keskimääräinen vuorokausiliikennemäärä vuona 2022 oli 10 387 ajoneuvoa, josta raskasta liikennettä oli 366 ajoneuvoa (4 %). Valtatiellä 8 keskimääräinen vuorokausiliikennemäärä vuona 2022 oli puolestaan 13 583 ajoneuvoa, josta raskasta liikennettä oli 854 ajoneuvoa (6 %). (*Väylävirasto 2023b*) Vaasan sataman läheiset tieyhteydet ja niiden keskimääräiset vuorokausiliikennemäärät (KVL) sekä raskaan liikenteen määrät (KVLras) ovat esitettynä kuvassa (Kuva 14-18).

Valtateiden 3 (Kauppapuistikko) ja 8 (Vaasanpuistikko) risteyksestä satamaan johtavalla reitillä (Sininen tie / Reininkatu) on vuosien 2018–2022 aikana tapahtunut 41 tieliikenneonnettomuutta, joista kolme onnettomuutta johti henkilövahinkoon. (*Ramboll Finland Oy 2023*, ks. tilaston epävarmuudet edellinen kappale). Valtaosa onnettomuuksista on tapahtunut keskustan alueella.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 14-18. Vaasan satamaan johtavat tiet ja niiden keskimääräiset vuorokausiliikennemäärät (KVL) sekä raskaan liikenteen määrät (KVLras) vuonna 2022.

14.2.10 Raideliikenne

Merituulivoimapuiston rakentamisessa ei käytetä suuressa mittakaavassa rautatiekuljetuksia, mutta niiden hyödyntäminen on kuitenkin mahdollista materiaalitoimittajien toimitusketjuissa (esim. kiviaines-, teräs- ja komponenttitoimitukset). Mahdolliset kuljetukset suuntautuvat rakentamisessa käytettävän sataman mukaisesti, joka voi olla Pietarsaari, Kokkola tai Vaasa.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Pietarsaaren satamaan johtaa Pännäisistä sähköistetty rata (Kuva 14-16), jonka kuljetukset koostuvat vain tavaraliikenteestä, ja ne liittyvät sellutehtaan raakapuun ja sellun kuljetuksiin, paperitehtaan vientikuljetuksiin sekä sataman kuljetuksiin.

Kokkolan satamaan ja teollisuusalueelle johtaa Kokkolan ratapihalta Ykspihlajan sähköistetty rata (Kuva 14-17), jonka keskeisiä tavaravirtoja ovat kuljetukset kaivoksilta ja muuta teollisuutta palvelevat kuljetukset. Radan jatkeena satamaan johtavalla rataverkolla ei ole sähköistettyjä raiteita.

Vaasan satamaan ja teollisuusalueelle johtaa Vaasan rata, jonka osuudella Vaasan rautatieasemalta Vaskiluotoon on vain hyvin vähäistä tavaraliikennettä ja se on sähköistämätön (Kuva 14-18).

14.3 Vaikutusten arviointi

14.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

14.3.1.1 Rakentamisesta syntyvä meriliikenne

Merituulivoimapuiston ja merikaapelien/vetyputkireittien rakentamisesta aiheutuu merkittävä määrä erilaista meriliikennettä ja lisääntyvä liikenne jakautuu hyvin laajalle vaikutusalueelle sekä ajanjaksolle. Esimerkiksi merenpohjaa on tutkittava ennen rakentamista tutkimusaluksilla ja ruopattava merituulivoimaloiden perustuksille sekä kaapeleille/vetyputkille sopivaksi. Perustusten, tuulivoimaloiden ja sähkö/vetyasemien kuljettaminen ja rakentaminen aiheuttavat suuren voimalamäärän vuoksi paljon meriliikennettä. Meriliikennettä syntyy myös merikaapelien/vetyputkien kuljetuksista ja asennuksista, jäänmurrosta sekä työvoiman kuljettamisesta. Tuulivoimaloiden perustukset verhoillaan ja merikaapelireitit/vetyputkireitit peitetään ainakin osittain meri- tai raidekuljetuksina tuotavalla kiviaineksella. Rakentamisvaiheessa hankealueen lähistöllä liikkuu merkittävä laivasto, johon on arvioitu sisältyvän proomuja (englanniksi: Barge), nopeita pienlauttoja (englanniksi: High speed craft), operointi- ja kunnostusaluksia (englanniksi: O&M Vessel), jäänmurtaja (englanniksi: icebreaker), nostolauttoja (englanniksi: Jack up rig) ja rahtialuksia (englanniksi: Cargo ship) ja mahdollisesti myös muita aluksia.

Rakennusvaiheen tarkkoja liikennöintimääriä ja alusten kulkureittejä on haastavaa arvioida ennen tarkempia rakennussuunnitelmia. Liikennöinnin oletetaan kuitenkin tapahtuvan pääosin rakentamisen tukisataman/-satamien ja merituulivoimapuiston välillä. Rakentamisessa käytettävien alusten liikennöintimääriä on arvioitu hankkeen tässä vaiheessa kilometriperusteisesti perustuen rakentamisen vaiheisiin ja alusten työtehtäviin. Liikennemäärien laskemiseksi alusten kulkemat kilometrit on jaettu Laineen tapauksessa arvioidulla keskimääräisellä 65 kilometrin etäisyydellä merituulivoimapuiston alueelta tukisatamaan. Tällä menetelmällä laskien hankkeen rakennusvaiheessa käytettävien alusten liikennemäärät ovat seuraavat:

- Proomut 1240 matkaa
- Nopeat pienlautat 422 matkaa
- Operointi- ja kunnostusalukset 484 matkaa
- Jäänmurtajat 5 matkaa
- Nostolautat 112 matkaa
- Rahtialukset 1 565 matkaa

Arviot ovat suuntaa antavia ja perustuvat yksinkertaistettuun malliin. Todennäköisesti rakentamisvaiheesta syntyvät liikennemäärät ovat huomattavasti pienempiä. Malli kuvaa jokaisen 65 km siirtymän yhdeksi matkaksi. Lisäksi kuljetusten todellinen suuntautuminen riippuu paljon valitusta toteutusmallista.

Merituulivoimapuiston rakennusvaiheen kesto on arvion mukaan noin 3 vuotta. Varsinaista rakennusvaihetta edeltää kuitenkin vaihe, jossa tehdään tarkemmat tutkimukset vedenalaisista kohteista erilaisilla tutkimusaluksilla. Lisäksi sääolosuhteilla on hyvin suuri merkitys merituulivoiman rakentamiseen. Merijään esiintymisen aikana rakentamiseen liittyvät toimenpiteet ovat arvion

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

mukaan hyvin vähäisiä. Pohjoisen merenkurkun alueella tämä tarkoittaa käytännössä, että noin 4–5 kuukautta vuodessa rakennustoimenpiteet ovat hyvin vähäisiä. Epävarmuuksista huolimatta on selvää, että merituulivoimapuiston rakentaminen aiheuttaa selvän väliaikaisen kasvun Pohjoisen merenkurkun alueen liikennemäärissä. Mikäli samanaikaisesti rakennetaan vielä joitakin muista suunnitelluista merituulivoimapuistoista, niin vaikutukset liikennemääriin ovat entistäkin suuremmat.

Merituulivoimapuiston rakentamisen vaikutukset

Merituulivoimapuiston rakentaminen aiheuttaa vaikutuksia koko Merenkurkun pohjoisosan alueen meriliikenteelle. Vaikutukset kasvavat töiden edetessä ja liikennöintikelpoisten alueiden vähentyessä. Rakentamisen aikana alueen meriliikenteen määrän kasvu tulee olemaan merkittävää. Vaikutukset kohdistuvat tukisatamasta riippumatta Laineen merituulivoimapuiston läheisille meriliikennereiteille. Näitä ovat Nordvalen-Kemi, Nordvalen-Raahe/Oulu/Kemi luoteisväylä, Nordvalen-Raahe/Oulu/Kemi rannikkoväylä, Nordvalen-Raahe, Nordvalen-Kalajoki, Nordvalen-Kokkoja ja Nordvalen-Pietarsaari. Tukisatamasta riippuen merkittäviä vaikutuksia tulee kohdistumaan Pietarsaaren sataman tapauksessa Pietarsaaren väylälle ja Kokkolan sataman tapauksessa Kokkolan Väylälle. Liikennemäärän selvä kasvu on rakennusvaiheen aikana tilapäistä, mutta vaikutukset jäävät pitkäaikaisiksi liikennekelpoisten alueiden poistuessa alueelta hankkeen toiminnan alkaessa. Rakennusvaiheen aikaiset vaikutukset meriliikenteelle tarkentuvat vielä rakentamissuunnitelmien tarkentuessa. Rakennusvaiheen liikenteen koordinointi ja meriliikenteen tietoisuus tilanteesta ovat tärkeitä keinoja riskien hallinnan kannalta.

Merikaapeli- ja vetyputkireittien rakentamisen vaikutukset

Traficomin ja Väyläviraston ohjeistuksen (*2023*) mukaan merikaapeleiden vetämistä väylien poikki tulee mahdollisuuksien mukaan välttää. Laineen merituulivoimapuiston merikaapelireiteistä MVE4, MV5a ja MVE5b sekä vetyputkireiteistä VVE2, VVE3a ja VVE3b risteävät kauppamerenkulun kannalta merkittävän Pietarsaaren väylän (VL 1) kanssa. Merikaapelireitit MVE1a ja MVE1b sekä vetyputkireitti VVE1 risteävät kauppamerenkulun väyläksi luokitellun Stubben-Munsalan öljysataman väylän (VL 2) kanssa, mutta sen liikennemäärät ovat vähäisemmät. Alempien väyläluokkien kanssa risteämisiä tulee hankevaihtoehdosta riippumatta. Kaikki Laineen merikaapeli- ja vetyputkireittivaihtoehdot risteävät Nordvalen-Pietarsaari meriliikennereitin kanssa. Kun merikaapeli joudutaan viemään väylän poikki, niin tällöin väylän alituksen on oltava mahdollisimman lyhyt ja kaapeli on sijoitettava kokonaisuudessaan (painot mukaan lukien) alitettavan väylän haraussyvyyden alapuolelle. Jos vesisyvyys väyläalueella on lähellä väylän haraussyvyyttä, kaapeli on painotettava pohjaan siten, että se ei missään yhteydessä, esimerkiksi potkurivirtojen vaikutuksesta nouse alitettavan väylän haraustason yläpuolelle. Nämä vaatimukset on huomioitava myös Laineen tapauksessa.

Kaapeli on suositeltavaa sijoittaa vähintään 150 metrin etäisyydelle poijuista ja 40 metrin etäisyydelle viitoista. Kaapelin sijoittamista ankkurointialueille tai -paikoille, lastinsiirtoalueille ja merenkulun suojapaikkoihin tulee välttää ja siitä tulee sopia Traficomin kanssa. Suunniteltaessa kaapelin linjausta sekä sen mahdollista suojausta, alusten hätäankkurointi on tärkeää ottaa huomioon etenkin väyläalueilla.

Mahdolliset tulevat väylämuutokset tulisi mahdollisuuksien mukaan huomioida kaapelilinjauksia suunniteltaessa. Väyläalueella kaapeli on sijoitettava mahdollisuuksien mukaan syvälle vesialueelle. Väylien taitekohtia tulisi välttää, koska ne ovat potentiaalisia merenkulun kelluvien turvalaitteiden sijoituspaikkoja. Kaapeleiden sijoittumista mahdollisille tuleville ruoppausalueille on mahdollista pyrkiä välttämään esimerkiksi sijoittamalla kaapeli reilusti alitettavan väylän haraustasoa syvemmälle vesialueelle.

Lähtökohtaisesti esitetyt suositukset koskevat myös vesistöön rakennettavia putkijohtoja (esim. vetyputket), mutta putkiston rakentaminen voi alueellisten olosuhteiden takia edellyttää myös tarkempaa tarkastelua esimerkiksi merenkulun turvallisuuden sekä väylästön ja aluskannan mahdollisten muutosten vuoksi.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merikaapelien ja vetyputken asennusvaihe aiheuttaa tilapäisen häiriön meriliikenteelle, kun niitä vedetään väyläalueiden poikki. Mikäli asennusalueen kiertäminen ei ole esimerkiksi syvyysolosuhteiden vuoksi mahdollista, tästä aiheutuu aluksille väliaikainen liikennekatko väylällä. Vaikutukset kohdistuvat MVE1a, MVE1b ja VVE1 tapauksessa Stubben-Munsalan öljysataman väylälle (VL 2) ja Stubben-Bonäs väylälle (VL 5). MVE2a ja MVE2b tapauksessa vaikutukset kohdistuvat Stubben-Monässundetin väylälle (VL 4). MVE3 tapauksessa vaikutukset kohdistuvat Uudenkaarlepyyn redin väylälle (VL 3) ja Hällgrund-Mässkärin väylälle (VL 5). MVE4 ja VVE2 tapauksessa vaikutukset kohdistuvat Pietarsaaren väylälle (VL 1), Hällgrund-Mässkärin väylälle (VL 5), Ådön väylälle (VL 5), Ådöfjärdenin venereitille (VL 6) ja Pietarsaaren purjehdusseuran väylälle (VL 5). MVE5a, MVE5b, VVE3a ja VVE3b tapauksessa vaikutukset kohdistuvat Pietarsaaren väylälle (VL 1), Pietarsaaren eteläisen sisääntulon väylälle (VL 3), Pietarsaaren pohjoisen sisääntulon väylälle (VL 3), Mässkärin väylälle (VL 5), Hällgrund-Mässkärin väylälle (VL 5), Ådön väylälle (VL 5), Ådöfjärdenin venereitille (VL 6), Sonamon veneväylälle (VL 5) ja Luodonjärven venereitille (VL 6). Lisäksi kaikissa hankevaihtoehdoissa aiheutuu vaikutuksia Nordvalen-Pietarsaari meriliikennereitille. Vaikutuksien ei arvioida olevan kuitenkaan pitkäaikaisia ja ne ovat sen takia vähäiset.

Rakentamisvaiheen vaikutukset muille liikennemuodoille

Laineen merituulivoimapuiston rakentaminen aiheuttaa huomattavan tilapäisen kasvun liikennemäärissä tukisataman läheisellä tieverkolla. Merkittäviä satamaan suuntautuvia kuljetuksia ovat esimerkiksi tuulivoimaloiden perustuksiin tarvittavat betoni- ja teräskuljetukset. Myös mahdollisten merellä sijaitsevien merisähköasemien ja vedyntuotantolaitosten perustus- ja materiaalikuljetuksia kulkisi tukisatamaan, kuten myös merikaapelien ja vetyputkien kuljetukset. Kuitenkin merkittävä määrä tuulivoimapuiston komponenttikuljetuksista (esimerkiksi tuulivoimaloiden komponentit) tuodaan ulkomailta merikuljetuksina. Myös esimerkiksi merialueilla tehtävien ruoppausten maamassat on suunniteltu läjitettävän merialueille. Perustusten verhoiluun ja merikaapeli/vetyputkireittien peittoon käytettävä kiviaines tuodaan alustavan suunnitelman mukaan merikuljetuksina esim. Inkoosta tai rautateitse. Kuljetusten jakautuminen eri liikennemuodoille tulee tarkentumaan vielä tarkemman suunnittelun yhteydessä. Tähän vaikuttavat sekä tehtävät suunnitteluvalinnat että materiaalien saatavuus ja maailmanmarkkinoiden tilanteet. Syntyvien tiekuljetusten arvioidaan jakautuvan ajallisesti rakennusajalle (3 vuotta) useaan eri vaiheeseen. Tilapäisesti kasvavat raskaan liikenteen määrät lisäävät riskiä vakavammille liikenneonnettomuuksille suurten massojen vuoksi.

Rakentamisvaiheen henkilöliikenne tukisatamaan on vilkasta, sillä tuulivoimapuiston rakentaminen vaatii paljon työvoimaa. Henkilöliikenteen kasvun odotetaan olevan osin jatkuvaa, mutta myös rakentamisvaiheen meriliikenteen aikatauluilla on suuri vaikutus henkilöliikenteen ajoittumisen osalta.

Kattavampi mantereelle sijoittuvien toimintojen vaikutusarviointi on esitetty YVA-selostuksen Osassa B.

Rakentamisvaiheessa ei tämän hetken suunnitelmien mukaan tulla käyttämään rautatiekuljetuksia ainakaan suurella volyymillä. On kuitenkin mahdollista, että esimerkiksi osa kiviaineskuljetuksista kulkisi rautatiekuljetuksina. Vaikutukset jäävät kuitenkin kokonaisuudessaan vähäisiksi.

Merituulivoimapuisto sijoittuu Kokkola-Pietarsaaren lentoaseman korkeusrajoitusalueelle, joten sille on tarvittaessa haettava lentoestelupa, koska ilmailulaki on laajennettu vuoden 2025 alussa olemaan voimassa myös Suomen talousvyöhykkeellä. Tarvittaessa myös Ruotsin viranomaisilta on haettava lentoestelupa lainsäädännön niin vaatiessa, sillä Laineen tuulivoima-alueen lounaiskulma sijaitsee Uumajan lentoaseman korkeusrajoitusalueella. Rakennettavat merituulivoimalat on varustettava myös lainsäädännön mukaisilla lentoestevaloilla.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

14.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset

14.3.2.1 Merituulivoimapuisto

Turvaetäisyyden toteutuminen

PIANC antaa viitteellisiä ohjeistuksia siitä, kuinka leveä meriliikenneväylän pitäisi olla. Väylän leveys määräytyy suosituksessa liikennöivien alusten lukumäärän perusteella. Mikäli vuosittainen liikennemäärä on alle 4 400 alusta vuodessa, niin liikennekaistan leveydeksi esitetään 2 rinnakkaista alusta sallien 2 laivan pituutta alusta kohti. 4 400–18 000 aluksen tapauksessa suositellaan leveydeksi 3 rinnakkaista alusta. Aluksen pituus perustuu reittiä käyttävien alusten suurimpaan pituuteen 98,5 % luottamusvälillä, eli vain 1,5 % aluksista on tätä pidempiä. Esimerkiksi Alankomaiden infrastruktuuri- ja ympäristöministeriö on todennut oheisen ohjeistuksen mukaiset liikennekaistan leveydet sopiviksi. (*Sweco 2023b*, liite 16)

PIANC:n meriväylien leveyttä koskevien ohjeistuksien mukaan Merenkurkun pohjoisosan alueen väylillä edellytetään noin 1 350 metrin leveyttä. Vuonna 2022 Merenkurkun TSS:n kautta tehtiin yhteensä 4 995 kauttakulkua, jolloin vaatimuksena kaistan leveydestä on 3 alusta rinnakkain. Tämän avulla voidaan huomioida myös tulevaisuuden mahdollisesti kasvavat liikennemäärät alueella. Kun alueen alusten maksimipituudeksi asetetaan 225 metriä (98,5 % luottamusväli alueen alusliikenteelle) AIS-datan perustella, niin laskukaava on seuraava: 2 x 3 x 225 m = 1 350 m. On kuitenkin huomioitava, että PIANC:n ohjeistus ei huomioi merijään vaikutuksia.

Traficom on antanut virallisten väyläalueiden ja merituulivoimapuistojen välille 1,5 km turvaetäisyyssuosituksen. Tämä suositus täyttyy helposti, sillä lähimmät viralliset väyläalueet sijaitsevat noin 20 km etäisyydellä tuulivoima-alueesta. Laineen alueella ja sen lähistöllä sijaitsee kuitenkin useita merenkulun liikennöintialueita. Traficomin ohjeistus merituulivoimapuiston etäisyyssuosituksesta talousvyöhykkeelle reittijakojärjestelmien alueelle sekä ulkomerelle merenkulun liikennöintialueille ja väylien lähestymisalueille on 1–3 merimailia (1,8–5,5 km). Esimerkiksi Laineen tuulivoima-alueen rajalta Suomen merialuesuunnitelman mukaiselle merenkulun alueen rajalle Nordvalen-Pietarsaari on lyhimmillään noin 1,3 km etäisyys, mikä ei olisi suosituksen mukainen. Tosin merialuesuunnitelma ei ole oikeusvaikutteinen suunnitelma eikä sen määrittelemät rajat ole virallinen mitattavissa oleva meriliikenteen liikennekaistan raja (kuten TSS tai väyläalueen raja). Merialuesuunnitelmassa Nordvalen-Pietarsaari meriliikennereitin leveys on samassa kohdassa noin 1,8 km, joka on taas suurempi kuin PIANC:n ohjeistuksen mukainen kaistan leveys alueella 1,35 km. Laineen tuulivoima-alueen ja Nordvalen-Raahe/Oulu/Kemi luoteisväylän meriliikennereitin välillä on noin 2,3 km välinen etäisyys, joten Traficomin minimisuositusetäisyys täyttyy. Tässäkin toki haasteena on mitattavissa oleva raja. Tulee huomioida, että myös Laine-alueen halki kulkee merialuesuunnitelman mukaisia merenkulun liikennöintialueita, joten niillä kulkevan kauppamerenkulun meriliikenteen tulee joka tapauksessa siirtyä uusille reiteille merituulivoimapuiston ulkopuolelle. Samoin nykyisiä em. Laine-alueen lähellä kulkevia merenkulun reittejä tulee tarkastella uudelleen, jotta merenkulku ja merituulivoimapuisto voidaan toteuttaa turvallisesti.

Tarkastellaan seuraavaksi PIANC:n konseptisuunnitelman asettamia suosituksia turvaetäisyydestä liikennekaistan ja tuulivoimapuistojen välillä. Konseptisuunnitelma edellyttää, että liikennekaistan raja on selvästi mitattavissa. Kyseessä olisi oltava siis esimerkiksi merkityn väyläalueen tai reittijakojärjestelmän (TSS) raja. Turvaetäisyys liikennekaistan oikealla puolella on oltava suosituksen mukainen 0,3 merimailin (556 metrin) liikkumavara + 6 laivan pituutta (98,5 % luottamusväli). Tästä voidaan laskea, että turvaetäisyyden on oltava arviolta 556 m + (6 x 225 m) = 1 906 m. Hankkeen ja merenkulun väliset turvaetäisyydet tulee määritellä seuraavissa lupavaiheessa ja yhdessä merenkulun viranomaisten kanssa, kun hankkeen suunnittelu ja voimalasijoittelu etenee. Myös jääolosuhteiden ja muiden paikallisten olosuhteiden vaikutukset, joita PIANC:n konseptisuunnitelma ei ota huomioon, tulee arvioida turvaetäisyyksiä määrittäessä.

Ongelmallisin kohta turvaetäisyyksien toteutumisen kannalta on Laineen ja Ruotsin puolelle suunnitellun Kappan hankkeiden välinen alue. Tämä toki edellyttää molempien hankkeiden toteutumista. Merituulivoimapuistojen välillä on ainoastaan reilun 100 metrin etäisyys, joten käytännössä

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

meriliikenteen turvallisuusvaatimukset turvaetäisyydestä eivät täyty millään etäisyyssuosituksella tarkasteltuna. Mikäli Laine ja Kappa molemmat rakennettaisiin, niin meriliikenteen olisi kierrettävä molempien tuulivoimapuistojen alue. Ruotsin puolella sijaitsevien Kappan ja Aurumin merituulivoimapuistojen välillä on molempien toteutuessa noin 16 km etäisyys, joka on riittävä turvallisuussuositusten täyttämisen näkökulmasta. Pidemmät turvaetäisyysvaatimukset siirtävät kuitenkin meriliikennettä tiiviimmälle alueelle ja pidentävät sen kulkemia matkoja.

Vaikutukset meriliikenteeseen: Meriväylät ja alusmäärät

Vuoden 2022 AIS-datan pohjalta Swecon tekemä meriliikenneanalyysi osoittaa, että keskimäärin 1–3 alusta vuorokaudessa operoi Laineen läheisillä meriliikennereiteillä. Alusliikenne koostuu pääosin rahti-/ro-ro-, säiliö- sekä avustus- ja turva-aluksista. Tämä kuvaa vesiväylien merkitystä Suomessa kauppa-alusten liikennöinnin mahdollistajina. Vuonna 2022 alusten keskimääräinen pituus alueella oli 100 m ja keskimääräinen 98,5 % luottamusväli maksimipituuden suhteen oli 225 m, mutta jopa 292 m pitkiä aluksia kulki alueella. (*Sweco 2023a*, liite 15)

Laineen tuulivoimapuiston perustamisella on merkittävää vaikutusta alueen meriliikenteen kannalta, sillä kauppa-alusten on jatkossa kierrettävä tuulivoimapuiston alue. Tuulivoima-alueen läpi kulkee nykytilanteessa useita meriliikennereittejä (Nordvalen-Kokkola, Nordvalen-Kalajoki, Nordvalen-Raahe/Oulu/Kemi rannikkoväylä, Nordvalen-Raahe), joiden liikenteen on siirryttävä kiertoreitille tuulivoimapuiston ympäri. Merijään esiintymisen aikana meriliikenteen virrat eivät sijoitu yhtä selkeästi meriliikennereiteille ja tuulivoimapuiston perustaminen aiheuttaa vaihtoehtoisten reittien vähenemisen myös talvimerenkulussa. Vuoden 2022 tietojen perusteella keskimäärin noin 5-6 alusta päivässä olisi tarvinnut uuden reitin Laineen kaakkois- tai luoteispuolelta.

Laineen tuulivoimapuiston perustamisesta aiheutuvien kiertoreittien pituuden arvioiminen ei ole kovin yksinkertaista, sillä erilaisia vaihtoehtoisia reittilinjauksia on olemassa lukuisia. Esimerkiksi hyvin yksinkertaistetussa mallissa matka Merenkurkun reittijakojärjestelmän alueelta Kokkolan satamaan johtavan Kokkolan väylän reunalle on lyhimmillään Nordvalen-Kokkola meriliikennereittiä pitkin. Tämän reittivaihtoehdon poistuessa tuulivoimapuiston myötä on valittava joko kaakkoispuoleinen kiertoreitti (Nordvalen-Pietarsaari meriliikennereittiä hyödyntäen) tai luoteispuoleinen kiertoreitti (esimerkiksi Nordvalen-Kemi meriliikennereittiä hyödyntäen). Kaakkoispuolen kiertoreitti aiheuttaa noin 2 km pidemmän matkan ja luoteispuoleinen kiertoreitti noin 10 km pidemmän matkan verrattuna suorimpaan mahdolliseen reittiin. Nämä mallit kuvaavat kuitenkin etäisyyden kasvua vain yhdessä tapauksessa ja kahden pisteen välillä merellä, joten mallit ovat hyvin yksinkertaistettuja.

Laineen merituulivoimapuiston etelä- ja kaakkoispuolella sijaitsevan Nordvalen-Pietarsaari meriliikennereitin liikennemäärien odotetaan kasvavan tuulivoimapuiston perustamisen seurauksena kaikkina vuodenaikoina. Todennäköisesti ainakin Nordvalenin ja Kokkolan välinen liikenne siirtyy käyttämään kaakkoista kiertoreittiä ja siten osittain Nordvalen-Pietarsaari meriliikennereittiä. Jääolosuhteista riippuen myös esimerkiksi osa pohjoisempien satamien ja Nordvalenin välisestä liikenteestä voi siirtyä Nordvalen-Pietarsaari meriliikennereitille. Nordvalen-Pietarsaari meriliikennereitin nykytilanteen alhaisten liikennemäärien (keskimäärin 1,2 alusta päivässä merijään aikana ja 0,8 alusta päivässä jäättömänä aikana vuonna 2022) odotetaan kuitenkin mahdollistavan liikennemäärien lisäykset myös tulevaisuudessa. Kasvavat liikennemäärät lisäävät kuitenkin onnettomuusriskiä. Meriliikennereitin sijainti merituulivoimapuiston läheisyydessä saattaa edellyttää pieniä reittimuutoksia eteläsuunnassa meriliikennereitille, jotta reitillä olevat alukset voivat suorittaa turvallisen väistöliikkeen. Toisena vaihtoehtona on merituulivoimapuiston ja sen voimaloiden sijainnin muokkaaminen jatkosuunnittelussa. Tämä on ratkaistava tarkemman suunnittelun ja viranomaisneuvotteluiden kautta.

Laineen merituulivoimapuiston länsi- ja luoteispuolella sijaisevien Nordvalen-Raahe/Oulu/Kemi luoteisväylän ja Nordvalen-Kemi meriliikennereittien liikennemäärien odotetaan kasvavan tuulivoimapuiston perustamisen seurauksena kaikkina vuodenaikoina. Todennäköisesti merkittävä osa Nordvalenin sekä Kalajoen ja Raahen välisestä meriliikenteestä siirtyy käyttämään luoteista kiertoreittiä ja siten osittain näitä meriliikennereittejä. Jääolosuhteista riippuen esimerkiksi osa

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kokkolan sataman liikenteestäkin saattaa siirtyä käyttämään luoteista kiertoreittiä. Nordvalen-Raahe/Oulu/Kemi luoteisväylän meriliikennereitin nykytilanteen mukaisten liikennemäärien (keskimäärin 1,9 alusta päivässä merijään aikana ja 1,8 alusta päivässä jäättömänä aikana vuonna 2022) odotetaan kuitenkin mahdollistavan liikennemäärien lisäykset myös tulevaisuudessa. Sama pätee myös Nordvalen-Kemi meriliikennereitin (keskimäärin 1,4 alusta päivässä merijään aikana ja 3 alusta päivässä jäättömänä aikana vuonna 2022) tapauksessa. Kasvavat liikennemäärät lisäävät kuitenkin onnettomuusriskiä. Erityisesti Nordvalen-Raahe/Oulu/Kemi meriliikennereitin sijainti merituulivoimapuiston läheisyydessä saattaa edellyttää pieniä reittimuutoksia luoteissuunnassa meriliikennereitille, jotta reitillä olevat alukset voivat suorittaa turvallisen väistöliikkeen. Toisena vaihtoehtona on merituulivoimapuiston ja sen voimaloiden sijainnin muokkaaminen jatkosuunnittelussa. Tämä on ratkaistava tarkemman suunnittelun ja viranomaisneuvotteluiden kautta.

Tarkempaa tietoa Laineen merituulivoimapuiston vaikutuksista meriliikenteeseen löytyy liitteen 15 liikenneanalyysistä.

Hankevastaava on sitoutunut tekemään tarvittaessa tarkempia selvityksiä hankkeen vesilupavaiheeseen ympäristövaikutusten arvioinnin päättävän perustellun päätelmän jälkeen. Mahdollisten merenkulun reittimuutosten suunnittelussa kanssa tarvitaan tiivistä yhteistyötä viranomaistahojen kesken.

Merituulivoimapuiston operointi aiheuttaa lisääntyvää meriliikennettä Merenkurkun alueella lähinnä huoltotoimenpiteiden vuoksi. Jokaista merituulivoimalaa huolletaan lähtökohtaisesti vuosittain ja näiden lisäksi on varauduttava myös ennalta suunnittelemattomiin huoltokäynteihin. Huoltotoimenpiteet toteutetaan alustavien suunnitelmien mukaan 2 nopean pienlautan (huoltohenkilöstön kuljetus) ja 1 operointi- ja kunnossapitoaluksen avulla. Mikäli jokainen merituulivoimala huollettaisiin omalla huoltokäynnillään ja alukset kulkisivat aina yhteyssatamasta merituulivoimalalle ja takaisin, niin tällöin vuosittaisia matkoja nopeilla pienlautoilla kertyisi 452 kpl ja operointi/kunnossapitoaluksella 226 kpl. Matkojen määrä voi kuitenkin olla todellisuudessa pienempi, mikäli samalla huoltokäynnillä saadaan huollettua useampia tuulivoimaloita.

Merenkulun riskiarvioinnit

Laineen merituulivoimapuiston meriliikenteeseen liittyvien vaarojen tunnistaminen suoritettiin konsulttiyhtiö Sweco AB:n järjestämissä HAZID-työpajoissa (Hazard Identification workshop). Työpajoihin osallistui useita alan sidosryhmiä, jotta riskejä voitaisiin tunnistaa mahdollisimman laaja-alaisesti. Tunnistettujen vaarojen riskinarviointia suoritettiin käyttämällä riskimatriisia (Kuva 14-19), jossa kukin riski luokitellaan seurausten esiintymistaajuuden ja vakavuuden perusteella. Matriisi perustuu IMO:n (International Maritime Organization) ehdottaman FSA-metodologian (Formal Safety Assessment) osiin. Riskitaso lasketaan taajuusindeksin ja vakavuusindeksin summana.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

		Vakavuus			
		1 Vähäinen	2 Merkittävä	3 Vakava	4 Katastrofaalinen
Taajuus	6 Todennäköinen *Kerran vuodessa*	7	8	9	10
	5 Kohtuullisen todennäköinen *Kerran 10 vuodessa*	6	7	8	9
	4 Odottamaton *Kerran 100 vuodessa*	5	6	7	8
	3 Etäinen *Kerran 1 000 vuodessa*	4	5	6	7
	2 Erittäin etäinen *Kerran 10 000 vuodessa*	3	4	5	6
	1 Äärimmäisen etäinen *Kerran 100 000 vuodessa*	2	3	4	5

Kuva 14-19. Riskimatriisi merituulivoimapuiston riskien arvioimiseksi (Sweco 2023c, liite 17).

Kuvaan (Kuva 14-19) punaisella merkityt riskit arvioidaan kohtuuttomaksi. Punaiseksi luokiteltuihin skenaarioihin liittyy sellainen riski, että on toteutettava riskinhallintatoimenpiteitä hyväksyttävän riskitason saavuttamiseksi. Keltaisella merkityt riskit arvioidaan siedettäviksi, jos ryhdytään teknisesti ja taloudellisesti kohtuullisiin toimenpiteisiin ALARP-periaatteella (As Low As Reasonably Practicable). Keltaisiksi luokitelluissa skenaarioissa riskit on huomioitava huolellisesti ja ryhdyttävä kohtuullisiin riskinvähentämistoimenpiteisiin. Vihreät riskit arvioidaan hyväksyttäviksi. Vihreiksi luokitelluissa skenaarioissa riskitasoja pidetään niin alhaisina, että riskinhallintatoimenpiteitä ei lähtökohtaisesti tarvita.

Riskin todennäköisyyttä eli esiintymistaajuutta kuvataan kuusiportaisella asteikolla. Riskien taajuuden laskemisessa käytetään hyväksi mallinnusta IWRAP ohjelmistolla, joka on IALA:n (International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities) vesiväyläriskien arviointiohjelmisto laivojen onnettomuustiheyksien laskemiseen. Riskin seuraukset on jaettu sen vakavuuden mukaan neliportaisen luokittelun mukaan.

Riskinarvioinnista saadut tulokset perustuvat siis mallinnusohjelman laskennallisiin tuloksiin sekä työpajaan osallistuneiden henkilöiden riskinarvioihin.

Törmäysriskit

Kun Laineen merituulivoimapuisto perustetaan, erilaisten törmäystyyppien todennäköisyys kasvaa. Törmäyksellä tarkoitetaan tilannetta, jossa alus ohjataan tai se ajelehtii päin paikallaan olevaa kohdetta. Laineen merituulivoimapuiston kiinteitä rakenteita ovat alustat (sähköasema ja vedyn tuotantolaitos) tuulivoimalat mukaan lukien niiden pyörivät lavat. Yhteenveto törmäysriskeistä on esitettynä taulukossa (Taulukko 14-3). Merenkulun riskiarvion mukaan moottoroidun törmäyksen riski paikallaan olevaan kohteeseen on luokiteltu hyväksyttäväksi arvoksi pelkästään Laineen hankevaihtoehtojen perustamisen tapauksessa. Hankevaihtoehdon VE2 korkeampi riski liittynee siihen, että merituulivoimaloita sijoittuu enemmän merituulivoimapuiston

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

rajavyöhykkeille. Mikäli myös Kappan ja Aurumin tuulivoimapuistot perustetaan, niin riskit ihmisten turvallisuudelle ovat ALARP arvoisia. Tulokset ovat kuitenkin herkkiä sille, mitä oletuksia tehdään etäisyydestä, jolla alukset ohittavat tuulivoimapuiston. Jos oletetaan, että alukset ohittavat tuulivoimapuiston hyvin läheltä, moottoroidun törmäyksen riski on paljon suurempi. Riskin tarkka suuruus riippuu siitä, miten liikennemalli muuttuu. Todennäköisyys navigoivien alusten yhteentörmäykseen pienenee, jos liikenne sijoittuu kauemmas tuulivoimapuistosta. Mitä kauemmas puistoa lähin liikenne sijoittuu, sitä pienempi on tuulivoimalaan törmäämisen todennäköisyys, mutta samalla ohitus- ja etutörmäysten todennäköisyys laivaväylillä vastaantulevien alusten kanssa kasvaa.

Ajelehtivan aluksen törmäyksen riski paikallaan olevaan kohteeseen luokitellaan ALARP-tasolle ihmisten turvallisuuden kannalta kaikissa skenaarioissa. Ympäristölle riskit on luokiteltu hyväksyttäviksi. Hankevaihtoehdon VE1 korkeampi riski verrattuna VE2 riskiin johtuu yksinkertaisesti siitä, että suunnitelmassa on enemmän kiinteitä pisteitä, joihin ajelehtivat alukset voisivat törmätä. Ajelehtivien alusten törmäyksissä voimaloiden sijainti lähellä tuulivoimapuistoalueen rajoja ei ole yhtä merkittävä tekijä kuin moottoroidussa törmäyksessä. Samasta syystä myös Kappan ja Aurumin tuulivoimapuistojen perustaminen kasvattaa riskejä törmäyksille paikallaan oleviin kohteisiin. Törmäyspotentiaalisia kohteita on tällöin enemmän.

Edellä esitetyt törmäysriskit on mallinnettu jäättömissä olosuhteissa, mutta Pohjoisen Merenkurkun alueella on huomioitava myös merijään aiheuttamat riskit. Tuuli, virtaukset tai ajelehtiva jää voivat muodostaa jäälauttoja, joihin alukset voivat jäädä loukkuun ja kulkeutua kohti merituulivoimapuistoa. Jään nopeus voi olla noin 2–3 % tuulen nopeudesta. IWRAP mallinnusohjelma on tarkoitettu taajuuden laskemiseen avovedessä, ei jääolosuhteissa. Jotta skenaarion taajuus voidaan laskea IWRAPissa, parametreja ja asetuksia on mukautettu käytettävissä olevien tietojen perusteella vastaamaan talviolosuhteita, joten ne poikkeavat virallisista parametreista. Parametrejä muokataan konservatiivisesti ja riskin tasoksi jäihin kiinnittyneen aluksen ajelehtimisesta tuulivoimalaan saadaan molempien hankevaihtoehtojen tapauksessa ALARP-tasolle.

Taulukko 14-3. riskiarviotaulukko aluksen törmäämisestä paikallaan olevaan kohteeseen (Sweco 2023b & Sweco 2023c, liite 16 ja 17).

Skenaario	Hankevaihtoehto	Riski	
		Ihmisten turvallisuus	Ympäristö
Törmäys (aluksen törmääminen paikallaan olevaan kohteeseen)			
Laiva ohjaa päin tuulivoimalaa (moottoroitu törmäys)	VE1	4,3	3,3
	VE2	4,6	3,6
	VE1 + muut hankkeet	5,5	4,7
	VE2 + muut hankkeet	5,5	4,7
Toimimaton alus ajautuu päin tuulivoimalaa (ajelehtiva törmäys)	VE1	5,2	4,5
	VE2	5,1	4,4
	VE1 + muut hankkeet	5,4	4,8
	VE2 + muut hankkeet	5,3	4,7
Jäihin kiinni jäänyt alus ajautuu jääkentän mukana päin tuulivoimalaa (ajelehtiva törmäys)	VE1	6,6	5,9
	VE2	6,5	5,8

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Alusten yhteentörmäystaajuudet on laskettu laivaväylillä Laineen merituulivoimapuiston ympärillä liikkuville aluksille käytettävissä olevien AIS-tietojen perusteella. Laskelmat perustuvat kesäolosuhteiden liikennemalliin. Arvioidun riskin oletetaan konservatiivisesti edustavan myös yhteentörmäysriskiä talviolosuhteissa, jolloin aluksia kulkee alueella vähemmän, nopeudet ovat usein pienempiä, ja tapahtumien seuraukset eivät yleensä ole niin vakavia. Yhteenveto yhteentörmäysriskeistä on esitettynä taulukossa (Taulukko 14-4).

Alusten yhteentörmäysten kokonaistörmäysriskiksi luokitellaan ALARP-tasolle kummankin Laineen hankevaihtoehdon perustamisen tapauksessa. Koska molemmat hankevaihtoehdot sijoittuvat samalle merituulivoimapuiston alueelle, liikenteen sijoittumisessa merituulivoimapuiston perustamisen jälkeen ei ole odotettavissa eroja näiden kahden suunnitelman välillä. Myöskään yhteentörmäysriski ei muutu. Kun Laine perustetaan, vaikuttaa se liikennemalliin siten, että merituulivoimapuiston alueella ei käytännössä ole liikennettä ja tuulivoima-alueen ulkopuolella liikenne on tiheämpää. Tämän seurauksena syntyy uusia tilanteita, joissa yhteentörmäyksiä voi tapahtua. Jos Laineen lisäksi myös Kappan ja Aurumin merituulivoimapuistot perustetaan, niin riskin lasketaan jopa vähenevän verrattuna tilanteeseen, jossa puistoja ei perustettaisi lainkaan. Tämä voi tuntua melko epäintuitiiviselta, mutta jos kaikki merituulivoimapuistot perustetaan, niin vaihtoehtoisia laivaväyliä on vähemmän. Etutörmäysten ja ohitustörmäysten arvioitiin tässä tapauksessa lisääntyvän, mutta risteys-, liittymis- ja kääntymistörmäysten arvioitiin vähenevän. Kokonaisyhteentörmäysriskin arvioitiin kuitenkin laskevan hieman.

Laineen merituulivoimapuiston perustaminen johtaa siihen, että ohitustörmäysten, etutörmäysten, risteämistörmäysten ja liittymistörmäysten todennäköisyys kasvaa. Yhteentörmäysriskiä kasvattaa erityisesti nykyisen Nordvalenin ja Kokkolan välisen liikenteen siirtyminen puiston eteläpuoliselle reitille (Nordvalen-Pietarsaari meriliikennereitti) sekä puiston kaakkoiskulmalle syntyvä risteyskohta. Yhteentörmäykset arvioitiin kuitenkin yhä etäisiksi tai odottamattomiksi tapahtumiksi. Kääntymistörmäyksen riskin ei odoteta kasvavan Laineen perustamisen seurauksena.

Kaiken kaikkiaan törmäysten seurausten esiintymistaajuuden ja vakavuuden pitäisi vähentyä, jos myöhemmin luetellut riskinhallintatoimenpiteet toteutetaan.

Taulukko 14-4. riskiarviotaulukko kahden laivan välisestä yhteentörmäyksestä (Sweco 2023b & Sweco 2023c, liite 16 ja 17).

Skenaario	Hankevaihtoehto	Riski	
		Ihmisten turvallisuus	Ympäristö
Kahden laivan välinen yhteentörmäys			
Yhteentörmäykset yhteensä (kaikki törmäystyypit)	VE1	6,2	6,4
	VE2	6,2	6,4
	VE1 + muut hankkeet	Hyväksyttävä	Hyväksyttävä
	VE2 + muut hankkeet	Hyväksyttävä	Hyväksyttävä
Ohitustörmäys	VE1	5	5,2
	VE2	5	5,2
Etutörmäys	VE1	5,6	5,8
	VE2	5,6	5,8
Risteämistörmäys	VE1	4,5	4,7

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Skenaario	Hankevaihtoehto	Riski	
		Ihmisten turvallisuus	Ympäristö
Kahden laivan välinen yhteentörmäys			
	VE2	4,5	4,7
Liittymistörmäys	VE1	6	6,3
	VE2	6	6,3
Kääntymistörmäys	VE1	Hyväksyttävä	Hyväksyttävä
	VE2	Hyväksyttävä	Hyväksyttävä
Törmäys satamaan/satamasta matkalla olevan työaluksen kanssa	VE1	ALARP	ALARP
	VE2	ALARP	ALARP

Laineen merituulivoimapuiston perustamisella ei yleisesti ole suuria vaikutuksia alusten pohjakosketuksen riskiin ja hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 välillä ei ole merkittäviä eroja. Laskelmien mukaan pohjakosketusriski voi kokonaisuudessaan jopa laskea hieman. Syy tähän todennäköisesti on se, että jotkut alukset törmäävät tuulivoimaloihin sen sijaan, että ne ajaisivat karille. Sekä Laineen hankevaihtoehdon VE1 että VE2 perustaminen laskee hieman (< 1 %) moottoroidun pohjakosketuksen riskiä. Ajelehtivan pohjakosketuksen riski kasvaa hieman. Riski arvioitiin kummankin hankevaihtoehdon tapauksessa ALARP-tasolle. Pohjakosketusriskit ovat korkeimmillaan Suomen ja Ruotsin rannikkoalueiden läheisyydessä matalilla alueilla. Yhteenveto pohjakosketusriskeistä on esitettynä taulukossa (Taulukko 14-5).

Taulukko 14-5. Riskiarviotaulukko alusten pohjakosketuksesta (Sweco 2023b & Sweco 2023c, liite 16 ja 17).

Skenaario	Hankevaihtoehto	Riski	
		Ihmisten turvallisuus	Ympäristö
Pohjakosketus			
Moottoroitu pohjakosketus	VE1	Hyväksyttävä	Hyväksyttävä
	VE2	Hyväksyttävä	Hyväksyttävä
Ajelehtiva pohjakosketus	VE1	5,1	5,4
	VE2	5,1	5,4

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Tarkemmat riskiarviot törmäysriskeistä löytyvät liitteistä liite 16 ja 17 ja 18.

Vaikutukset merijään muodostumiseen ja talvimerenkulkuun

Merituulivoimapuistot saattavat vaikuttaa merialueiden jäänmuodostukseen, mutta toistaiseksi konkreettisia esimerkkejä tai tutkimuksia vaikutuksista ei ole tarjolla (*Valtioneuvosto 2024*). Ruotsin liikennevirasto on esittänyt skenaarioita, mitä tuulivoimapuistolla voisi olla merijään muodostumiseen. Tuulivoimaloiden perustukset voivat rikkoa jäätä, jolloin muodostuu uutta jäätä ja ajojää voi juuttua alueelle. Tällöin tuulivoimapuiston alueelle muodostuu ahtojäätä ja jääharjuja, jotka vaikeuttavat alueella liikkumista talvisin. Vaihteleva tuulen suunta voi aiheuttaa jään ajelehtimista edestakaisin tuulivoimapuiston alueella, jolloin jää murtuu ja puristuu useaan otteeseen. Tällöin alueella voi muodostua paksu jääsulku, joka juuttuu alueelle. Perustusten rikkoma jää voi kulkea myös tuulivoimapuiston läpi tai ohi, jolloin se voi aiheuttaa ongelmia myös tuulivoimapuiston ulkopuolella ja vaikeuttaa laivaliikennettä sekä rajoittaa merenkulkua alueella. Tuulivoimapuiston merijään muodostamiseen aiheuttaman vaikutuksen arviointia vaikeuttaa myös jokavuotiset vaihtelut merijään muodostumisessa. (*Sweco 2023b*, liite 16) Aalto-yliopistossa on juuri saatu päätökseen tutkimusprojekti merituulivoimapuiston vaikutuksista alueen jääolosuhteisiin (Polojärvi ym. 2024). Uusia tuloksia ja hankekohtaisia mallinnuksia hyödynnetään mahdollisuuksien mukaan hankkeen jatkosuunnittelussa.

Laineen merituulivoimapuistolla on todennäköisesti vaikutusta alueen merijään muodostumiseen ja syntyviä riskejä on pyrittävä hallitsemaan mahdollisimman tehokkaasti yhteistyöllä jäänmurron kanssa. Yksi keskeinen vaikutus talviaikaiseen merenkulkuun on vaihtoehtoisten talvimerenkulun reittien väheneminen. Edellisissä kappaleissa esitetyt muutokset reiteissä (Nordvalen-Kokkola, Nordvalen-Kalajoki, Nordvalen-Raahe, Nordvalen-Oulu/Raahe/Kemi rannikkoväylä meriliikennereittien poistumiset) merkitsevät sitä, että Laineen merituulivoimapuisto on kierrettävä jääolosuhteiden mukaan puiston kaakkois- tai luoteispuolelta. Tuulivoimapuisto saattaakin tukkia nopeimman ja helpoimman talvimerenkulun reitin, jolloin jäänmurtajat joutuvat valitsemaan toisen vähemmän optimaalisen reitin. Jäänmurtajien mahdollisuudet liikkua esimerkiksi isojen jääharjujen läpi on rajoitettua ja niidenkin on etsittävä reittejä niiden ohi hankalissa jääolosuhteissa. Tämä voi johtaa avustuksen viivästymiseen ja kasvattaa riskiä merijään aluksille aiheuttamille vahingoille. Lisäksi jäänmurron ja avustettavien alusten polttoaineen kulutus kasvaa vähemmän optimaalisissa olosuhteissa. (*Sweco 2023b*, liite 16)

Väylien ja merenkulun liikennöintialueiden edustalle sijoittuvat laajat tuulivoimapuistot lisäävät talvimerenkulun avustustarvetta. Aluksia ei ole mahdollista jättää odottamaan avustusta tuulivoimaloiden edustalle liikkuviin jäihin, eikä niitä voida välttämättä jättää kulkemaan laajojen tuulivoimapuistojen välissä tai välittömässä läheisyydessä ilman avustusta merenkulun turvallisuuden varmistamiseksi hankalissa jääolosuhteissa. Laajojen tai vierekkäisten tuulivoimapuistojen vuoksi aluksille turvallisia ja soveltuvia odotusalueita voi joutua osoittamaan huomattavan kauaksi avoimelle merialueelle, joka osaltaan sitoo myös jäänmurtajakapasiteettia yhä pidemmille avustusmatkoille. Laajojen tuulivoimapuistojen rakentaminen merialueelle tuleekin todennäköisesti lisäämään jäänmurtokapasiteetin tarvetta nykytilanteeseen nähden. Lisäksi jäänmurron polttoaineen kulutus ja päästöt tulevat kasvamaan muutoksen seurauksena (*Traficom & Väylävirasto 2023*) Hankkeiden yhteisvaikutuksia arvioitaessa on huomioitava, että kaikki suunnitellut merituulivoimahankkeet eivät todennäköisesti toteudu ainakaan siinä laajuudessa missä niitä suunnitellaan. Siksi onkin tärkeää, että tilannetta seurataan yhteistyössä hanketoimijoiden ja viranomaisten kanssa, jotta potentiaaliset vaikutukset voidaan ottaa huomioon jatkosuunnittelussa ja seuraavissa lupavaiheissa.

Jäänmurron tehokas koordinointi ja operointi korostuukin tuulivoimapuiston perustamisen jälkeen, sillä sen avulla riskejä voidaan pienentää. (*Sweco 2023b,* liite 16) Tuulivoimapuiston edustan talvimerenkulun sujuvuutta on mahdollista parantaa mm. jäiden liikkumisen seurantaan soveltuvien kameroiden ja/tai tutkien lisäämisellä tuulivoimaloiden rakenteisiin, jolla parannetaan jäätilanteen kokonaiskuvan seurantaa sekä mahdollistetaan jäänmurtoavustustarpeen oikea-aikaista kohdentamista alueelle. (*Traficom & Väylävirasto 2023*)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Tutkavaikutukset

Tuulivoimaloiden sijainnin suunnittelussa tulee ottaa huomioon tutkan käyttö meriliikenteen alusten pääasiallisena navigointi- ja törmäyksenestovälineenä. Tutkilla on myös keskeinen merkitys talvimerenkulussa sekä meriliikenteenohjauksessa. Tutkajärjestelmien toimiminen luotettavasti on olennainen osa merenkulun yleisen turvallisuuden ylläpitoa. Tuulivoimaloiden vaikutukset tutkien, radionavigointilaitteiden, merenkulun langattomille viestintäverkoille, merenkululle ja liikenteenohjaukselle tärkeiden radiolaitteiden toimintaan on arvioitava tuulivoimahankkeen yhteydessä (*Traficom & Väylävirasto 2023*). Mahdollisten vaikutusten selvittämiseksi konsulttiyhtiö Sweco toteutti Laineen merituulivoimapuiston tutkavaikutuksien arviointiraportin osana hankkeen riskinarviointia (*Sweco 2024*, vain viranomaiskäyttöön). Raportin mukaan Laineen merituulivoimapuisto vaikuttaa laivatutkiin (mukaan lukien jäänavigointi), olemassa oleviin VTS-tutkiin sekä merenkulun langattomiin viestintäverkkoihin ja matkaviestinverkkoihin seuraavasti:

- Vaikutukset laivatutkiin: S- ja X-taajuustutkien odotetaan häiriintyvän turbiinien läheisyydessä. Tämä tapahtuu myös silloin, kun niitä käytetään erityisesti navigointiin jääolosuhteissa. Vaikutuksen katsotaan olevan vähäisiä, koska pääväylät ja merituulivoimapuisto ovat kaukana toisistaan ja aluksilla on redundanssia. Myös passiivisten, tutkalla havaittavissa olevien navigoinnin apuvälineiden (esimerkiksi majakat ja tutkaheijastimet) näkyvyyteen saattaa kohdistua vaikutuksia.
- Vaikutukset VTS-tutkiin: Ei vaikutuksia VTS-tutkien peittävyyteen.
- Vaikutukset merenkulun radiojärjestelmiin ja radiolinkkeihin: Laineen merituulivoimapuistolla ei ole merkittävää vaikutusta merenkulun radiojärjestelmiin. Merituulivoimapuisto ei ole sijoitettu minkään pisteestä pisteeseen toimivan radiolinkin peittoalueella, joten tuulivoimalat eivät vaikuta merivartioston tai meriliikenteenohjauksen VTS radioyhteyksiin.
- Vaikutukset satelliittiviestintäverkkoihin: Mitätön.
- Vaikutukset matkaviestinverkkoihin: Mahdollinen vaikutus 2G- ja 4G-matkaviestintäverkon kattavuuteen joidenkin operaattoreiden osalta.
- Vaikutukset satelliittipaikannukseen: Tuulivoimalat voivat aiheuttaa häiriöitä useilla eri tavoilla ja ne voivat vaikuttaa GNSS- ja DGNSS-signaalien tarkkuuteen ja luotettavuuteen aluksissa, jotka navigoivat turbiinien läheisyydessä. Ei vaikutusta DGNSS-referenssiasemiin.
- Vaikutukset radionavigointiin: Vähäinen AIS:n osalta. Ei suoraa vaikutusta yhteenkään tutkamajakkaan (racon). Kuitenkin tutkavaikutuksia (haamukohteita) voi esiintyä aluksissa, jotka ovat tuulivoimaloiden läheisyydessä. (*Sweco 2024*)

Raportti esittää yleisenä päätelmänä, että Laineen merituulivoimapuisto ei yleensä vaikuta minkään paikallaan olevan kohteen (kuten rannikkoasemat ja majakat) toimintaan. Laineen merituulivoimapuisto voi mahdollisesti vaikuttaa 2G- ja 4G-matkaviestinverkkojen kuuluvuuteen joidenkin operaattoreiden osalta ja tämän tarkempaa arviointia suositellaan. Tuulivoimalat, jotka ovat lähimpänä alusten käyttämiä reittejä, voivat vaikuttaa alusten tutkajärjestelmiin ja siten alusliikenteeseen. Lisäksi yksittäiset alukset väylien ulkopuolella tai niiden tuntumassa voivat ajoittain kokea häiriöitä paikannus- ja navigointijärjestelmissään. Näiden häiriöiden ei kuitenkaan odoteta ylittävän hallittavissa olevaa tasoa. Vaikutusten selventämiseksi voidaan tuulivoimapuiston valmistuttua toteuttaa kenttämittauksia tutkille koituvista vaikutuksista. (*Sweco 2024*)

Laineen merituulivoimapuiston vaikutusta alusten tutkiin analysoidaan tutkahäiriöitä ja merituulivoimapuistoja koskevan yleisen tiedon perusteella. Aluksen tutkajärjestelmille aiheutuvat tarkat häiriöt ja esiintymisetäisyydet voidaan arvioida tarkasti vasta, kun merituulivoimapuisto on valmis ja mittaukset voidaan toteuttaa.

Meriliikenteen tutkavaikutuksiin liittyviä riskejä on arvioitu Laineen merituulivoimapuiston merenkulun riskiarvioinneissa (Taulukko 14-6). Ensimmäinen riski liittyy aluksen tutkahäiriöön eli kohteen menettämiseen, joka aiheuttaa törmäyksen. Jos liikenne kulkee lähempänä kuin 1,5 merimailin päässä merituulivoimapuistoja, niin tutkahäiriöitä voi esiintyä. Tapahtumaa pidetään

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

todennäköisenä eli esiintymistiheys on noin kerran vuodessa. Tällaisen häiriön ei kuitenkaan odoteta johtavan alusten yhteentörmäyksiin, sillä tutkahäiriöt ovat kaupallisessa meriliikenteessä tunnettu ilmiö, jota esiintyy säännöllisesti. Häiriöiden minimointiin on olemassa rutiinitoimenpiteitä, joista kokenut merenkulkija on tietoinen. Suuret alukset on varustettu useilla eri järjestelmillä. Riski arvioitiinkin ALARP-tasolle.

Toinen riski liittyy tutkahäiriöön, joka aiheuttaa aluksella navigointivirheen. Skenaariossa merituulivoimapuisto aiheuttaa aluksen tutkalle, AIS-, VHF-, GPS- ja muille navigointi- ja viestintäjärjestelmille sellaisia merkittäviä häiriöitä, että liikenne ohjautuu väärin ja alus osuu tuulivoimalaan. Aluksen tutkassa ja muissa navigointilaitteissa on monia esteitä, ennen kuin tutkahäiriöt aiheuttavat sen, että merituulivoimapuistoa ohittava alus ohjaa päin tuulivoimalaa. Arvion mukaan vaaditaan useita tutkista ja ihmisvaikutuksesta aiheutuvia virheitä, jotka lopulta johtaisivat tuulivoimalaan törmäämiseen. Kaiken kaikkiaan aluksen tutkahäiriöitä, jotka johtavat aluksen törmäämiseen tuulivoimalaan, arvioidaan esiintyvän harvemmin kuin kerran 10 000 vuodessa. Yhteenvetona voidaan todeta, että todennäköisyys, että tällä etäisyydellä sijaitsevien tornien aiheuttama häiriö antaa niin harhaanjohtavaa tietoa, että se johtaa epätarkkaan navigointiin ja sen jälkeen törmäykseen päin tuulivoimalaa, on merkityksetön verrattuna muihin aiheuttaviin tekijöihin. Törmäykseen johtavassa skenaariossa oletetaan, että alus navigoi meriliikennealueen ulkopuolella, näkyvyys on huono eikä käytössä ole vaihtoehtoisia navigointijärjestelmiä. Tämä johtaa siihen, että alus vahingossa päätyy merituulivoimapuiston alueelle ja ohjaa päin tuulivoimalaa. Riski siitä, että aluksen tutkan ja muiden navigointilaitteiden häiriöt aiheuttavat merenkulkualueilla olevien alusten tahattoman navigoinnin tuulivoimapuiston alueelle ja tuulivoimalaan törmäämisen, katsotaan näin ollen hyväksyttäväksi.

Kolmas tutkavaikutuksiin liittyvä riski esiintyy navigoidessa merituulivoimapuiston sisällä. Tuulivoimaloiden välittömässä läheisyydessä (0,25 merimailin säteellä) liikkuvat alukset voivat kokea häiriöitä aluksen tutkassa, AIS:ssä, VHF:ssä ja GPS:ssä. Skenaariossa merituulivoimapuisto luo tutkaan ja muihin navigointi- ja tietojärjestelmiin niin suuria häiriöitä, että puistossa olevat alukset ohjaavat päin tuulivoimalaa. Valtuutetulle liikenteelle (työ- ja huoltoalukset) aiheutuvat seuraukset on rajattu merenkulun riskianalyysin rajojen ulkopuolelle. Oletuksena on, että pienempiä ei kauppamerenkulun aluksia kuitenkin voi kulkea merituulivoimapuiston alueen poikki. Jos tutkassa ja muissa järjestelmissä esiintyvät häiriöt otetaan huomioon, riski kasvaa eri tavalla aluksen koosta ja laitteistosta riippuen. Yhteenvetona voidaan todeta, että riski koostuu merituulivoimapuiston alueelle navigoivista ulkoisista aluksista, joiden bruttovetoisuus on noin 20–300 tonnia, jotka navigoivat huonossa näkyvyydessä vain tutka apunaan ja jotka ajavat päin tuulivoimalaa. Tilanteen, jossa alus kärsii tutkahäiriöstä, joka johtaa vääriin päätöksiin, oletetaan tapahtuvan konservatiivisesti 10 kertaa vuodessa (mikä vastaa yhtä tapahtumaa yhden myrskyn aikana kuukaudessa ja yhtä alusta myrskyä kohti). Kun alus lähestyy tuulivoimalaa, oletetaan, että vika voidaan tunnistaa, mutta tarvittavan väistöliikkeen epäonnistumisen todennäköisyys on silti $1{,}6 \cdot 10^{-4}$ eli yksi onnettomuus kerran 6250 vuodessa. Samankaltaisista onnettomuuksista saatujen kokemusten perusteella vakavuusindeksiksi on asetettu varsin matalaksi. Riski nähdään kokonaisuutena hyväksyttävänä. Muiden kuin valtuutettujen alusten liikennöintimahdollisuutta alueella olisi kuitenkin tarpeen vaatiessa rajoitettava.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 14-6. Riskiarviotaulukko alusten tutkahäiriöistä (Sweco 2023b & Sweco 2023c, liite 16 ja 17).

Skenaario	Hankevaihtoehto	Riski	
		Ihmisten turvallisuus	Ympäristö
Aluksen tutkahäiriö			
Aluksen tutkahäiriö (kohteen menettäminen)	VE1	7,0	7,0
	VE2	7,0	7,0
Aluksen tutkahäiriö (navigointihäiriö)	VE1	< 5	< 4
	VE2	< 5	< 4
Aluksen tutkahäiriö merituulivoimapuiston sisällä	VE1	< 5	< 5
	VE2	< 5	< 5

OX2/Hanketoimija on huomioinut tuulivoimaloiden mahdolliset vaikutukset tutkamajakoihin (racon) hanketta varten tehdyssä tutkaselvityksessä: "Assessment of impact on maritime radar and wireless networks". Raportissa todetaan, että Laineen merituulivoimapuistolla ei ole suoria vaikutuksia mihinkään tutkamajakkaan eli raconiin , mutta tutkaheijastuksia (haamukohteita) voi syntyä aluksille, jotka ovat tuulivoimaloiden läheisyydessä. Jos tarkemmissa selvityksissä vaikutuksia arvioidaan syntyvän, voivat lupaviranomaiset vesilupavaiheessa voimalasijoittelujen tarkentuessa määrittää tarkemmin mahdollisia tarvittavia muutoksia tutkamajakoiden sijaintien osalta.

Vaikutukset etsintä- ja pelastustoimintaan

Merituulivoimaloilla voi olla kielteisiä vaikutuksia pelastustoiminnalle, osittain tutka- ja viestintähäiriöiden vuoksi ja osittain siksi, että ne muodostavat fyysisiä esteitä. Hätäkutsuja saattaa olla vaikeampaa kuulla paikoista, jotka ovat merituulivoimapuiston vuoksi varjossa. Tutkahäiriö, vaikutus sijaintiraportointiin (mukaan lukien AIS-raportointi ja vaihtoehtoiset navigointityökalut) yhdistettynä huonoon näkyvyyteen voivat johtaa pelastusaluksessa haastavaan päätöksentekotilanteeseen etsintä- tai pelastusoperaation tapahtuessa. Radioseuranta voi myös olla vaikeampaa. Merituulivoimapuiston perustaminen lisää onnettomuusriskiä alueella, joten pelastustoiminnan tarve voi kasvaa tulevaisuudessa. (*Sweco 2023b*, liite 16)

Jos merituulivoimapuistossa tai sen läheisyydessä tapahtuu onnettomuus, navigointi voi olla vaikeampaa sekä pelastusaluksille että helikoptereille. Tämä tarkoittaa myös sitä, että onnettomuuden uhrien etsintä on rajallista, koska osan pelastushenkilöstöstä on keskityttävä tuulivoimaloiden ohi navigointiin sen sijaan, että he voisivat keskittyä etsimään apua tarvitsevia ihmisiä ja/tai aluksia. Myös hätään joutuneen aluksen miehistön on keskityttävä enemmän ympäristöönsä, jotta alus ei törmää tuulivoimalaan. Tästä huolimatta tuulivoimaloiden ei odoteta muodostavan suurta estettä etsintä ja pelastustoiminnalle, koska voimaloiden välinen etäisyys on vähintään 1 kilometri ja merenpinnan ja alimman siipikärjen välinen etäisyys on yli 30 metriä. Pelastusaluksilla on näin tilaa liikkua tuulivoimaloiden välillä ja niiden alapuolella. Tuulivoimalat voivat myös joissakin

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

tapauksissa yksinkertaistaa meripelastusoperaatiota, koska tornit ovat selkeitä viitepisteitä. (*Sweco 2023b*, liite 16)

PIANC:n mukaan merituulivoimapuistot tulisi mahdollisuuksien mukaan asettaa säännölliseen ruudukkomuotoon. Tämä ei ole aina mahdollista teknisistä ja rakenteellisista syistä, sillä esimerkiksi merenpohjan olosuhteet ja veden syvyyden vaihtelut voivat estää voimaloiden asettamisen säännölliseen kuvioon. Tämän lisäksi ruudukkomallinen voimaloiden sijoittelu ei mahdollista varjovaikutuksen (wake effect) minimoimista, jolloin turbiinit syövät toistensa tehoja. Tämä ilmiö tarkoittaa sitä, että tuulivoimalan taakse syntyy pyörteitä ja hidastuneen tuulen alue, mikä voi vaikuttaa niiden tuulivoimaloiden energiantuotantoon, jotka sijaitsevat tuulivoimapuistossa lähellä toisiaan. Laineen hankevaihtoehtojen VE1 (150 tuulivoimalaa) ja VE2 (113 tuulivoimalaa) tuulivoimalat eivät ole suunniteltu säännölliseen ruudukkokuvioon. Energiantuotannon maksimoimiseksi tuulivoimaloita ei ole voitu sijoittaa suoriin linjoihin. Se lisäisi katveita huomattavasti ja vähentäisi vuotuista energiantuotantoa sekä lyhentäisi tuulivoimaloiden käyttöikää. On vaikea arvioida, kuinka paljon hajalleen sijoitetut tuulivoimalat vaikuttavat etsintä ja pelastustoiminnan mahdollisuuksiin, mutta on selvää, että säännöllisempi ruudukkomalli helpottaisi etsintä- ja pelastustoimintaa ja navigointia yleisesti merituulivoimapuiston sisällä. Hankevaihtoehto VE1 vaikeuttaa etsintä- ja pelastustoimintaa vaihtoehtoa VE2 enemmän, sillä samalla alueella on enemmän tuulivoimaloita. Lisäksi hankevaihtoehdossa VE2 voimalat ovat sijoitettu alustavasti yhtenäisimmille linjoille kuin hankevaihtoehdossa VE1, mikä helpottaa etsintä- ja pelastustoimintaa. Etsintä- ja pelastustoimintaa pystytään edesauttamaan tuulivoimapuiston alueella lisäksi selkeillä visuaalisilla merkeillä, valoilla ja tunnisteilla tuulivoimapuistossa. Tuulivoimaloissa olisi oltava myös selkeät etäyhteydellä toteutettavat hätäpysäytystoiminnot, mikä helpottaa etsintä- ja pelastustoimintaa alueella. (*Sweco 2023b*, liite 16)

14.3.2.2 Merikaapeli/Vetyputkireitit

Laineen tuulivoimapuiston sijainnin vuoksi merikaapeli- ja vetyputkireitit kulkevat vaihtoehdosta riippumatta meriliikenteen väylien ja meriliikennereittien poikki. Merikaapeleilla tai vetyputkella ei kuitenkaan arvioida olevan merkittävää vaikutusta tuulivoimapuiston toiminnan aikaiselle meriliikenteelle, mikäli alusliikenteellä on tieto merikaapelien ja vetyputken sijainnista. Suurimman riskin merikaapelien ja vetyputken osalta aiheuttavat mahdolliset ankkuroinnit. Perusteettomat ankkuroinnit tai hätäankkuroinnit voivat pahimmassa tapauksessa keskeyttää merituulivoimapuiston toiminnan ainakin osin ja vaatia korjaustöitä. Taloudelliset vaikutukset voivat muodostua siis hyvinkin merkittäviksi. Merikaapelit ja vetyputket asennetaan merenpohjaan mahdollisuuksien mukaan siten, että myöskään mahdollinen hätäankkurointi ei vahingoittaisi niitä. Mikäli ankkuri syystä tai toisesta osuisi merikaapeliin, niin tämän ei kuitenkaan arvioida aiheuttavan vaaraa itse alukselle. Vetyputken rikkoutumisen vaikutuksia meriliikenteen turvallisuuteen ei sen sijaan tunneta niin hyvin ja erilaisilla suunnitteluratkaisuilla (esimerkiksi vetyputken paine) on merkitystä riskien kannalta. (*Sweco 2023b*, liite 16)

Yksi arvioitu riski liittyy siihen, että merikaapelit tai vetyputket estäisivät hätäankkuroinnin. Arvion mukaan on hyvin epätodennäköistä, että laivan tarvitsee ankkuroitua suoraan merikaapelireitin tai vetyputken yläpuolelle. Esimerkiksi ajelehtiminen on hidas tapahtuma, mikä tarkoittaa, että ankkuroitumiselle on paljon aikaa ja tilaa myös kaapelialueiden ohittamisen jälkeen. SSPA:n tekemän tutkimuksen mukaan alukset ajelehtivat keskimäärin yhden tunnin ennen osumista kohteeseen tai uudelleenkäynnistystä. Kun otetaan huomioon alueen vähäinen liikennemäärä ja se, että on hyvin epätodennäköistä, että alusten tarvitsee ankkuroitua suoraan yhdyskaapelin yläpuolelle, riskin oletetaan olevan kokonaisuudessaan hyvin pieni. Suurempi riski merituulivoimapuiston kannalta aiheutuu tahallisesta vahingonteosta kaapeleille ja vetyputkille ankkurien avulla. (*Sweco 2023b*, liite 16)

Toiminnan aikaiset vaikutukset muille liikennemuodoille

Laineen merituulivoimapuiston toiminnan aikaiset vaikutukset muille liikennemuodoille jäävät kokonaisuudessaan vähäisiksi. Tukisatamaan suuntautuu huolloissa tarvittavien materiaalien

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

kuljetuksia, mutta rakennusaikaan verrattuna kuljetusmäärät ovat kuitenkin vähäisiä. Tuulivoimapuiston operoinnin työvoiman henkilöliikennettä syntyy säännöllisesti, mutta senkin määrät ovat kokonaisuudessaan vähäiset. Huoltotoimenpiteiden henkilöliikenne on epäsäännöllisempää ja ne saattavat aiheuttaa väliaikaisesti pienen liikennemäärän kasvun. Kokonaismäärät jäävät kuitenkin rakennusvaihetta huomattavasti alhaisemmiksi.

Merituulivoimapuiston toiminnan aikana ei tulla suurella todennäköisyydellä käyttämään rautatiekuljetuksia. Mahdollisten yksittäisten rautatiekuljetusten vaikutukset jäävät siis hyvin vähäisiksi.

Merituulivoimapuisto sijoittuu Kokkola-Pietarsaaren ja Uumajan lentoaseman korkeusrajoitusalueelle, joten sille on tarvittaessa haettava lentoestelupa. Rakennettavat merituulivoimalat on varustettava myös lainsäädännön mukaisilla lentoestevaloilla.

14.3.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset

Toiminnan päätymisen jälkeiset vaikutukset ovat verrattavissa rakentamisen aikaisiin vaikutuksiin merituulivoimaloiden purkamisen osalta. Tuulivoima-alueen liikennemäärät lisääntyvät väliaikaisesti tarvittavien työalusten operoinnin takia. Tuulivoimaloiden purku mereltä mahdollistaa taas monipuolisemmat reittivaihtoehdot alueen alusliikenteelle.

14.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

Mikäli Laineen merituulivoimapuistoa ei päätetä toteuttaa, niin vaikutukset meriliikenteelle jäävät kokonaisuudessaan pois ja nykytilanteen kaltainen liikennöinti alueella voi jatkua.

14.4 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys

Merituulivoimapuiston rakentamisen aikana liikennemäärät tulevat kasvamaan Perämeren alueella voimakkaasti, kun useiden alusten muodostama laivasto liikkuu vaiheittain alueella. Rakennusvaihe kestää alustavan arvion mukaan noin 3 vuotta ja painottuu merijäättömään aikaan.

Merituulivoimapuiston laajan alueen herkkyys muutoksille arvioitiin suureksi. Alueen läheisyydessä kulkee useampia meriliikennereittejä ja alusliikenne on kohtalaisen vilkasta. Pohjanlahden satamien saavutettavuudella on alueellisesti ja koko Suomen kannalta hyvin merkittävä rooli tuonti- ja vientikuljetusten mahdollistajina. Alueella esiintyy tyypillisesti vuosittain merijäätä, jonka liikkeillä on suuri vaikutus meriliikenteen käyttämiin reitteihin. Merikaapelien ja vetyputken reittien herkkyys muutoksille arvioitiin kohtalaiseksi. Niiden vaikutusalueet ulottuvat laajasti rannikolta tuulivoima-alueelle kapeille alueille ja niiden alueelle sijoittuu useampi meriliikenneväylä ja meriliikennereitti.

Merikaapelireittivaihtoehtojen MVE1a, MVE1b, MVE2b, MVE2b ja MVE3 sekä vetyputkireitin VVE1 rakentamisen aikaisten vaikutusten muutoksen suuruudeksi meriliikenteelle arvioitiin vähäinen negatiivinen. Merikaapelien asentamisesta aiheutuu tilapäinen haitta meriliikenteelle, mutta vaikutusten arvioitiin olevan lyhytaikaisia. Hankevaihtoehdot MVE1a, MVE1b ja VVE1 risteävät Stubben-Munsalan öljysataman väylän sekä Stubben-Bonäs väylän kanssa. Hankevaihtoehdot MVE2a ja MVE2b risteävät Stubben-Monässundetin väylän kanssa. Hankevaihtoehto MVE3 risteää taas Uudenkaarlepyyn redin väylän sekä Hällgrund-Mässkärin väylän kanssa. Lisäksi kaikki hankevaihtoehdot risteävät Nordvalen-Pietarsaari meriliikennereitin kanssa. Riski meriliikenneonnettomuuksille kasvaa asentamisen aikana, kun liikenne alueella lisääntyy ja asennuksia tehdään väylien poikki.

Merikaapelireittivaihtoehtojen MVE4, MVE5a ja MVE5b sekä vetyputkireittivaihtoehtojen VVE2, VVE3a ja VVE3b rakentamisen aikaisten vaikutusten muutosten suuruudeksi meriliikenteelle arvioitiin kohtalainen negatiivinen. Hankevaihtoehdot MVE4 ja VVE2 risteävät Pietarsaaren väylän, Hällgrund-Mässkärin väylän, Ådön väylän, Ådöfjärdenin venereitin ja Pietarsaaren purjehdusseuran väylän kanssa. Hankevaihtoehdot MVE5a, MVE5b, VVE3a ja VVE3b risteävät Pietarsaaren väylän, Pietarsaaren eteläisen sisääntulon väylän, Pietarsaaren pohjoisen sisääntulon väylän,

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Mässkärin väylän, Hällgrund-Mässkärin väylän, Ådön väylän, Ådöfjärdenin venereitin, Sonamon veneväylän ja Luodonjärven venereitin kanssa. Hankevaihtoehtojen päätepiste mantereella on vilkasliikenteisen Pietarsaaren sataman lähistöllä, mikä lisää riskiä meriliikenneonnettomuuksille ja aiheuttaa merkittävän tilapäisen häiriön meriliikenteelle.

Merituulivoimapuiston hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 rakentamisen aikaisten vaikutusten muutoksen suuruudeksi arvioitiin suuri negatiivinen. Rakentamisvaiheessa liikennemäärät Merenkurkun pohjoisosan alueella kasvavat merkittävästi ja rakentamisessa käytettävien alusten epäsäännölliset liikkeet kasvattavat riskiä meriliikenneonnettomuuksille. Erityistä riskialuetta ovat Laineen tuulivoimapuiston läheiset meriliikennereitit (Nordvalen-Pietarsaari, Nordvalen-Kokkola, Nordvalen-Kalajoki, Nordvalen-Raahe/Oulu/Kemi rannikkoväylä, Nordvalen-Raahe. Nordvalen-Raahe/Oulu/Kemi luoteisväylä, Nordvalen-Kemi) sekä tukisatamaan johtava väylä. Tuulivoimapuiston rakentamisen aikana meriliikennekelpoiset alueet vähenevät töiden edetessä ja alueen meriliikenteen on valittava mahdollisesti kiertoreitti suorimman mahdollisen reitin sijasta. Tämä kasvattaa hieman meriliikenteen kustannuksia ja lisää päästöjä. Merituulivoimapuiston vaikutuksia merijäähän ei täysin tunneta mutta on mahdollista, että hankalat jääolosuhteet lisääntyvät, mikä lisää talviaikaisen merenkulun kustannuksia ja päästöjä. Rakennusvaiheessa vaikutukset kasvavat rakennustöiden edetessä. Hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 vaikutukset rakennusvaiheessa ovat hyvin samankaltaiset, sillä merituulivoimapuiston koon välillä ei ole suurta eroa. Hankevaihtoehdossa VE1 rakentamisen aikaisia kuljetuksia on kuitenkin enemmän, mikä kasvattaa riskiä meriliikenneonnettomuuksille. Rakennusvaiheen aikaisia riskejä voitaisiin pienentää määräämällä rakennusalueet pois meriliikenteen käytöstä valmiin tuulivoimapuiston tapaan.

Kokonaisuudessaan rakennusvaiheessa merikaapelireittivaihtoehtojen MVE1a, MVE1b, MVE2a, MVE2b ja MVE3 sekä vetyputkireitin VVE1 vaikutusten merkittävyydeksi arvioitiin vähäinen negatiivinen, Merikaapelireittivaihtoehtojen MVE4, MVE5a ja MVE5b sekä vetyputkivaihtoehtojen VVE2, VVE3a ja VVE3b tapauksessa kohtalainen negatiivinen ja merituulivoimapuistovaihtoehtojen VE1 ja VE2 tapauksessa suuri negatiivinen.

Taulukko 14-7. Vaikutusten merkittävyys liikenteeseen eri hankevaihtoehdoissa rakentamisen aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus					Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen					VE0				
	Kohtalainen			MVE4 MVE5a MVE5b VVE2 VVE3a VVE3b	MVE1a MVE1b MVE2a MVE2b MVE3 VVE1					
	Suuri		VE1 VE2							
	Erittäin suuri									

Merikaapelien hankevaihtoehtojen MVE1a, MVE1b, MVE2a, MVE3b, MVE3, MVE4, MVE5a ja MVE5b toiminnan aikaisten muutosten suuruudeksi meriliikenteelle arvioitiin vähäinen negatiivinen. Merikaapeleilla on vaikutusta ankkuroitumis- ja hätäankkuroitumismahdollisuuksiin mutta on epätodennäköistä, että ankkuroituminen olisi tehtävä juuri merikaapelien päällä. Vaikka ankkurointi

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

olisikin tehtävä ja merikaapeli rikkoutuisi tämän seurauksena, niin tästä ei arvioida aiheutuvan merkittävää vaaraa alukselle. Taloudelliset vaikutukset olisivat kuitenkin merkittävät. Merikaapelien sijoittamisella mahdollisimman turvallisiin ja syviin kohtiin voidaan laskea riskejä.

Vetyputkien hankevaihtoehtojen VVE1, VVE2, VVE3a ja VVE3b toiminnan aikaisten muutosten suuruudeksi meriliikenteelle arvioitiin kohtalainen negatiivinen. Vetyputki vaikuttaa samaan tapaan ankkuroitumismahdollisuuksiin, mutta mahdollisen rikkoutumisen riskit aluksen turvallisuudelle ovat suuremmat. Tämä kuitenkin riippuu lopulta tehtävistä suunnittelu- ja toteutusratkaisuista vetyputken osalta, mihin vaikuttaa esimerkiksi vetyputken sisäinen paine.

Merituulivoimapuiston hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 toiminnan aikaisten muutosten suuruudeksi meriliikenteelle arvioitiin suuri negatiivinen. Merituulivoimapuisto tulee aiheuttamaan toimintansa aikana pysyvän muutoksen Merenkurkun pohjoisosan alueen meriliikenteelle. Tuulivoima-alueen läpi kulkeminen aiheuttaa merkittävän riskin alusliikenteen turvallisuudella ja tämän vuoksi alue on lähtökohtaisesti kierrettävä. Nykytilanteen meriliikenteen reiteistä ainakin Nordvalen-Kokkolan, Nordvalen-Kalajoen, Nordvalen-Raahe/Oulu/Kemi rannikkoväylän sekä Nordvalen-Raahen käyttö tulee estymään tuulivoimapuiston vuoksi. Näiden reittien sekä koko tuulivoimapuiston alueen muun liikenteen on siirryttävä käyttämään joko kaakkoista (Nordvalen-Pietarsaari meriliikennereitti) tai luoteista (Nordvalen-Raahe/Oulu/Kemi luoteisväylä tai Nordvalen-Kemi meriliikennereitit) kiertoreittiä. Keskimääräisesti laskettuna arviolta noin 5–6 alusta päivässä tarvitsee nykytilanteeseen nähden uuden reitin. Muutos siirtää alusliikenteen pienemmälle alueelle ja lisää riskiä meriliikenneonnettomuuksille. Meriliikenteen riittävän turvaetäisyyden varmistamiseksi tuulivoimapuistoon on tehtävä tarvittaessa pieniä reittimuutoksia ainakin Nordvalen-Pietarsaari ja Nordvalen-Raahe/Oulu/Kemi meriliikennereiteille. Vaihtoehtoisesti tuulivoima-alueen ja sen voimaloiden sijainnin muokkaamista on harkittava jatkosuunnittelussa. Riittävän turvaetäisyyden määrittelemiseksi on useita vaihtoehtoisia menetelmiä ja ratkaisussa on otettava huomioon meriliikenteen turvallisuus sekä toimintaedellytykset. Reittimuutokset tarkoittavat kuitenkin väistämättä meriliikenteen kulkemien matkojen vähäistä pidentymistä, mikä kasvattaa hieman liikennöinnin kustannuksia ja päästöjä. Reittimuutoksilla on vaikutusta myös meriliikenteen turvallisuuteen ja esimerkiksi törmäysriski toisten alusten kanssa kasvaa tiheämmän meriliikenteen vuoksi. Kiinteät esteet merellä (merituulivoimalat) lisäävät myös riskiä aluksen törmäämiselle paikallaan olevaan kohteeseen merkittävästi nykytilanteesta.

Hankevaihtoehdoissa VE1 ja VE2 voimaloiden alustavat sijoittelut alueelle eroavat toisistaan. Vaihtoehdossa VE2 voimaloita on vähemmän (113 kpl) ja ne sijoittuvat säännöllisempiin muotoihin merituulivoimapuiston sisällä. Uloimmat voimalat ovat lähempänä merituulivoimapuiston rajaa esimerkiksi puiston etelälaidalla verrattuna VE1:een. Vaihtoehdossa VE1 voimaloita on enemmän (150 kpl) ja ne sijoittuvat merituulivoimapuiston alueelle epäsäännöllisemmin. VE1 asettelu kasvattaa riskiä ajelehtivien alusten törmäyksille tuulivoimalaan verrattuna hankevaihtoehtoon VE2. Toisaalta taas VE2 asettelu kasvattaa riskiä moottoroitujen törmäysten osalta tuulivoimaloihin verrattuna hankevaihtoehtoon VE1, sillä voimaloita on sijoitettu lähemmäs alueen rajaa.

Merenkurkun pohjoisosan alueella esiintyy vuosittain merijäätä, joten merituulivoimapuistolla tulee olemaan vaikutusta talvimerenkulkuun. Merituulivoimapuistojen vaikutuksia merijään muodostamiseen ei kuitenkaan tunneta toistaiseksi tarkasti. On mahdollista, että merituulivoimapuisto lisää jään määrää ajojään rikkoutuessa perustuksia vasten, jolloin muodostuu uutta jäätä. Tuulivoimapuiston alueelle voi muodostua paksuja ahtojäitä ja jääharjuja, jotka juuttuvat alueelle. Perustusten rikkoma jää voi kulkeutua myös tuulen mukana tuulivoimapuiston läpi tai ohi, jolloin ongelmia voi aiheutua myös tuulivoima-alueen ulkopuolella. Tämä saattaa vaikeuttaa ja rajoittaa meriliikenteen toimintaa alueella. Yksi keskeinen merituulivoimapuiston vaikutus on vaihtoehtoisten talviaikaisten merenkulun reittien väheneminen. Tuulivoimapuisto saattaa tukkia nopeimman ja helpoimman talvimerenkulun reitin, jolloin jäänmurtajat joutuvat valitsemaan toisen vähemmän optimaalisen reitin. Tämä voi johtaa avustuksen viivästymiseen ja kasvattaa riskiä merijään aluksille aiheuttamille vahingoille. Lisäksi jäänmurron ja avustettavien alusten polttoaineen kulutus kasvaa vähemmän optimaalisissa olosuhteissa. Merituulivoimapuisto lisää todennäköisesti talvimerenkulun avustustarvetta ja sitoo jäänmurtajakapasiteettia pidemmille avustusmatkoille.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 välillä eroavaisuus tuulivoimaloiden lukumäärässä voi vaikuttaa myös jääolosuhteisiin. Suuremman voimalamäärän VE1 lisää merijään rikkoutumista perustuksia vasten, mikä lisää riskiä vaikeammille jääolosuhteille. Vaikutusmekanismista ei ole kuitenkaan täyttä varmuutta. Yksi vaihtoehtoinen malli on se, että merituulivoimapuisto pitää jään paikallaan ja siitä tulee kiintojääaluetta. Tämä helpottaisi niin jäänmurtoa kuin alusten liikkumista tuulivoimapuiston läheisyydessä.

Merituulivoimapuistolla on vaikutuksia merenkulun tutka- ja paikannusjärjestelmiin erityisesti tuulivoimaloiden läheisyydessä. Tuulivoimalat voivat aiheuttaa merenkulun tutkille esimerkiksi varjostus- ja heijastusvaikutuksia, jotka vaikeuttavat tutkasignaalin tulkintaa. Tutkahäiriöt lisäävät hiukan riskiä meriliikenteen onnettomuuksille. Merijään ja merituulivoimaloiden yhteisvaikutuksista tutkavaikutuksille ei toistaiseksi ole tarjolla kattavaa tutkimusta. Hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 välinen eroavaisuus tuulivoimaloiden lukumäärässä saattaa vaikuttaa myös tutkavaikutuksiin. VE1 suurempi voimalamäärä voi lisätä riskiä suuremmalle määrälle tutkahäiriöitä. Tarkempien vaikutusten selvittämiseksi merituulivoimapuiston valmistuttua voidaan toteuttaa erilaisia mittauksia ja tutkimuksia, joissa voidaan määrittää mahdolliset lisätarpeet tutkavaikutusten vähentämiseksi.

Merituulivoimapuistolla voi olla kielteisiä vaikutuksia meripelastustoiminnalle, osittain tutka- ja viestintähäiriöiden vuoksi ja osittain merituulivoimaloiden muodostamien fyysisten esteiden vuoksi. Merituulivoimapuisto todennäköisesti hidastaa pelastustoimintaa, sillä pelastusalusten ja helikoptereiden on keskityttävä normaalitilannetta enemmän navigointiin puiston sisällä sen sijaan, että he voisivat ainoastaan keskittyä etsimään apua tarvitsevia aluksia/ihmisiä. Lisäksi suorin mahdollinen reitti onnettomuuspaikalle voi estyä merituulivoimapuiston vuoksi. Merituulivoimaloiden välinen etäisyys on kuitenkin lähtökohtaisesti vähintään 1 km ja Laineen tapauksessa monessa kohtaa enemmänkin, joten pelastustoiminnan toimintamahdollisuudet alueella eivät esty kokonaan. Hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 merituulivoimalat eivät ole alustavasti suunniteltu säännöllisiin ruudukkokuvioihin ja suoriin linjoihin, sillä se vähentäisi vuotuisia energiantuotantomääriä sekä lyhentäisi voimaloiden käyttöikää. Lisäksi sijoitteluun on vaikuttanut myös merenpohjan muodot sekä voimaloiden perustusten soveltuvuus näihin olosuhteisiin. Säännölliset linjaukset todennäköisesti helpottaisivat etsintä- ja pelastustoimintaa. Hankevaihtoehdon VE2 voimalat sijaitsevat säännöllisemmässä kuviossa, kuin vaihtoehdossa VE1. Lisäksi hankevaihtoehdon VE1 suurempi voimalamäärä vaikeuttaa etsintä- ja pelastustehtäviä vaihtoehtoa VE2 enemmän.

Kokonaisuudessaan merikaapelireittivaihtoehtojen MVE1a, MVE1b, MVE2a, MVE2b, MVE3, MVE4, MVE5a ja MVE5b toiminnan aikaisten vaikutusten merkittävyydeksi arvioitiin vähäinen negatiivinen, vetyputkivaihtoehtojen VVE1, VVE2, VVE3a ja VVE3b tapauksessa kohtalainen negatiivinen ja merituulivoimapuistovaihtoehtojen VE1 ja VE2 tapauksessa suuri negatiivinen.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 14-8. Vaikutusten merkittävyys liikenteeseen eri hankevaihtoehdoissa käytön aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus					Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohta-lainen	Vähäi-nen	Ei muutosta	Vähäi-nen	Kohta-lainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäi-nen					VE0				
	Kohta-lainen			VVE1 VVE2 VVE3a VVE3b	MVE1a MVE1b MVE2a MVE2b MVE3 MVE4 MVE5a MVE5b					
	Suuri		VE1 VE2							
	Erittäin suuri									

Vaikutusten merkittävyyden arvioinnissa on huomioitu ainoastaan Laineen merituulivoimapuiston aiheuttamat vaikutukset. Ainoankaan Merenkurkun pohjoisosan alueen merituulivoimapuiston kohdalla ei ole toistaiseksi tehty vielä toteuttamispäästöstä. On kuitenkin selvää, että mikäli useita hankkeita aletaan toteuttamaan, niin vaikutukset alueen meriliikenteelle tulevat kasvamaan merkittävästi. Tämä korostaa suunnitelmallisen valtionrajat ylittävän koordinoinnin merkitystä.

14.5 Arvioinnin epävarmuudet

Laineen merituulivoimapuiston meriliikenteelle aiheutuvien vaikutuksien epävarmuus on poikkeuksellisen suurta, sillä arktisella alueella ei ole toistaiseksi ainuttakaan laajempaa merituulivoimapuistoa yhtä kaukana rannikkoalueesta. Keskeisin epävarmuustekijä liittyykin nimenomaan merijäähän liittyviin vaikutuksiin. Merituulivoimapuiston vaikutuksista merijään syntymiseen ja käyttäytymiseen ei ole toistaiseksi tutkimustietoa mutta on mahdollista, että jääolosuhteet tulevat vaikeammiksi tuulivoimapuiston perustamisen myötä. Myös positiiviset vaikutukset voivat olla mahdollisia. Merituulivoimapuiston lisäksi vuosittain vaihtelevat sääolosuhteet (lämpötilat ja tuulet) vaikuttavat suuresti kulloiseenkin jäätilanteeseen. Myös tutkavaikutuksiin merijään esiintymisen aikana tuulivoimapuiston alueella ja läheisyydessä ei ole tarjolla aiempia kokemuksia tai tarkempaa tutkimusta.

Pohjoisen Merenkurkun alueen useiden merituulivoimapuistojen vaikutus meriliikenteen käyttämiin reitteihin sisältää myös epävarmuutta. Analysoinnit on suoritettu tarkastelemalla meriliikenteen liikkeitä AIS-datan perusteella vain yhden vuoden (2022) ajalta. Erityisesti talviaikainen merenkulku merijään esiintymisen vaihtelun vuoksi näyttää vuosittain hyvin erilaiselta. Tässä suunnittelun vaiheessa onkin hyvin hankala arvioida, miten meriliikenne todellisuudessa valitsee kulkureittinsä mahdollisten muutosten jälkeen, tähän vaikuttaa luonnollisesti tulevat ohjeistukset esimerkiksi viranomaisten suunnalta.

Merituulivoimapuiston rakentamisen ja toiminnan aikaiset liikenne- ja alusmäärät sisältävät tässä suunnittelun vaiheessa vielä suurta epävarmuutta. Todelliset syntyvät liikennemäärät ovat todennäköisesti huomattavan paljon konservatiivisesti arvioituja lukumääriä pienemmät.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merenkulun riskiarviot sisältävät myös epävarmuutta, sillä ne perustuvat laskennallisiin malleihin ja asiantuntijoiden arvioihin.

14.6 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen

Merituulivoimapuiston meriliikenteelle aiheuttamia haittoja voidaan pyrkiä lieventämään monin eri keinoin. Ensimmäinen lähtökohta on luoda selkeät ja noudatettavat turvaetäisyydet tuulivoimapuiston ja meriliikenteen välillä esimerkiksi riskiarvion perusteella. Tämän perusteella meriliikenteen reittejä ja/tai tuulivoimapuiston aluetta on muokattava vastaamaan turvallisia liikennöintietäisyyksiä. Todennäköisyys moottoroidulle törmäykselle tuulivoimalaan pienenee suuremmalla etäisyydellä tuulivoimapuistosta, mutta samalla todennäköisyys yhteentörmäyksille kapeammalla laivaväylällä kasvaa. Pidempi etäisyys merenkulkualueiden ja tuulivoimaloiden välillä ei ole mallinnuksen mukaan tehokas keino vähentää ajelehtivien alusten aiheuttamaa törmäysriskiä. Swecon riskinarviointiraportissa tehty yksityiskohtainen suunnittelu esittää, että Laineen merituulivoimapuiston aiheuttama riski on hyväksyttävä, jos lieventäviin toimenpiteisiin ryhdytään.

Merituulivoimaloiden vaikutuksia merijäätilanteeseen ei tunneta toistaiseksi riittävän hyvin. Tämän vuoksi tutkimuksia on jatkettava aktiivisesti laajalla yhteistyöllä eri organisaatioiden ja valtioiden välillä. Merituulivoiman kehittäminen on kansainvälisestikin katsottuna hyvin merkittävässä roolissa uusiutuvan energian tuotannon kannalta. Pelkät simuloinnit eivät kuitenkaan riitä, vaan tarvitaan myös käytännön kokemuksia toiminnasta. Sama johtopäätös pätee myös merituulivoimapuiston tutkavaikutuksiin merenkululle. Esimerkiksi erilaisilla lisäselvityksillä ja simuloinneilla voidaan hakea varmistuksia tutkavaikutuksille, mutta myös käytännön kokemuksia tarvitaan. Näin riskien hallintaa ja uusia ratkaisuja pystyttäisiin kehittämään jatkossakin.

Hankevastaava on sitoutunut tekemään tarvittavia täydennyksiä selvityksiin merenkulkuun liittyen vesilupavaiheeseen ympäristövaikutusten arvioinnin perustellun päätöksen jälkeen. Kauppamerenkulun liikennöinnin muutoksia simuloidaan tarvittavilta osin. Lisäksi hankkeen suunnittelussa selvitetään mahdolliset vaikutukset merenkulun ja liikenteenohjaukselle tärkeisiin radiolaitteisin, kuten VTS-tutkiin ja merenkulun langattomille viestintäverkoille, kuten VHF-radioliikenteelle, radiolinkeille ja paikanmäärityslaitteille kuten GPS ja GNSS, sekä matkaviestiverkkoihin niin, että vaikutuksia aiheutuisi näihin mahdollisimman vähän. Lisäksi merikaapeli/vetyputkireittien tarkemmassa suunnittelussa huomioidaan tarvittavilta osin esimerkiksi merenkulun käyttämät reitit, väylät ja turvalaitteet. Hankkeen suunnittelussa huomioidaan selvitysten tulokset tarpeellisilta osin. Hankkeen suunnitelmia käydään Traficomin ja Väyläviraston kanssa läpi esimerkiksi riittävien turvaetäisyyksien määrittämiseksi.

Laineen merituulivoimapuiston merenkulun riskinarviointidokumentissa esitetään Laineen tuulivoimapuistoon ja meriliikenteeseen liittyviä riskien lieventämiseen liittyvät toimenpiteitä (*Sweco 2023b*, liite 16). Ne voidaan jakaa hallinnollisiin/organisatorisiin sekä teknisiin/fyysisiin toimenpiteisiin:

Hallinnolliset ja organisatoriset toimenpiteet

Hätäpysäytysmenettely tuulivoimaloille	Hätäpysäytysmenettelyjä tulee kehittää ja niiden tulee olla käytettävissä paikallisesti ja etänä esimerkiksi ohjauskeskuksesta.
Menettelyt ympäristöonnettomuuksissa	Ympäristöonnettomuuksia ja vuotoja koskevia lieventämistoimenpiteitä ja -menettelyjä tulee kehittää.
Valmiussuunnitelma hätätilanteita varten	Valmiussuunnitelma on laadittava ja sitä on päivitettävä säännöllisesti, jotta operatiivinen organisaatio voi varautua mahdollisiin hätätilanteisiin, kuten yhteentörmäyksiin.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Keskustelu merenkulkualan sidosryhmien kanssa	Riskeihin vaikuttavat merenkulkualan toimijat, kuten matkustaja- ja säiliöaluksia alueella liikennöivät varustamot, tulee ottaa mukaan riskeistä käytävään vuoropuheluun.
Merikoordinaattori	Merituulivoimapuistoille olisi hyvä olla oma merikoordinaattori, joka vastaa kaikkien merellä tapahtuvien toimintojen seurannasta ja koordinoinnista. Tämä henkilö vastaa alusliikenteen seurannasta merituulivoimapuiston läheisyydessä tutkan ja AIS:n kaltaisilla työkaluilla. Merikoordinaattori vastaisi myös Suomen kansainvälisen pelastuspalvelun koordinointikeskuksen hälyttämisestä.
Rakentamisen riskianalyysi	Rakennusvaiheelle tehdään täydentävä riskianalyysi.
Työalusmenettelyt	Ennen rakentamista kehitetään menettelyt työalusten turvalliseen navigointiin. Nämä menettelyt kehitetään kuullen asiaankuuluvia sidosryhmiä, kuten alusliikennepalvelua (VTS).
Tietoisuus	Laitosta koskevat tiedot on julkistettava ja niistä on tiedotettava hyvissä ajoin asianomaisille osapuolille ennen energiapuiston rakentamisen tai käytöstä poistamisen aloittamista.
Jäänhallinta	Alukset saattavat joutua odottamaan jäänmurtajan apua turvallisessa paikassa. Viranomaiset määrittelevät, milloin alukset saavat kulkea tiettyjen vaikeiden alueiden läpi yksin tai vain jäänmurtajien avustamina. Nämä alueet muuttuvat ajoittain jääolosuhteiden muuttuessa.
Talviliikenteen yhteistyön, koordinoinnin ja sääntelyn tehostaminen	Viranomaisten ja muiden asianomaisten sidosryhmien olisi osallistuttava vuoropuheluun Itämeren asianmukaisen jäänhallinnan strategioista, esim. jäänmurtajayhteistyön tehostamisesta Suomessa/Ruotsissa, jäänmurtajien valmistelurutiineista, alusten ja jäänmurtajien koordinoinnista, ankkurointi-/odotusalueista kauempana merialueella, jossa ei ole vaaraa ajautua kohti tuulivoimapuistoa, laivareittien suunnittelusta ja alusten hallintaa jääolosuhteissa koskevien sääntöjen ja määräysten parantamisesta.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Tekniset ja fyysiset toimenpiteet

Hätäpysäytystoiminto tuulivoimaloille	Hätäpysäytystoiminnon tulee olla käytettävissä paikallisesti ja etänä esimerkiksi ohjauskeskuksesta.
Laitteet vuotojen varalta	Huoltoaluksissa on oltava varusteita, jotka viivästyttävät ja rajoittavat ympäristölle vaarallisia vuotoja.
Visuaalinen merkintä	Varmista, että tuulivoimalat ja alustat merkitään sovellettavan lainsäädännön tai alan standardien mukaisesti.
Radio- ja tutkamerkinnät	Energiapuisto näkyvyyden parantamiseksi valituille tuulivoimaloille on toteutettava AIS- ja tutkamajakka (racon)-merkinnät.
Sumutorvi	Sumutorvien asennus kaikkiin tuulivoimaloihin tai valittuihin tuulivoimaloihin.
Tunnisteet	Tuulivoimalat on merkittävä yksilöllisellä tunnisteella pelastustoimien helpottamiseksi.
Toimenpiteet tutkahäirintää vastaan (menetetty kohde)	Vertailupoijujen asentaminen vakiintuneille laivaväylille ja muut toimenpiteet kohteen menettämisen riskin vähentämiseksi ovat toimia, joita harkitaan ja joista päätetään ennen energiapuiston lopullista suunnittelua
Navigointivalot	Ylimääräiset navigointivalot tuulivoimapuistossa.
Virtuaalinen väylä	Merituulivoimapuiston lähelle määritetty reitti, jossa alusten on navigoitava puistoa lähestyessään, jotta sumun vaikutus näkyvyyteen voidaan torjua.
Asettelu	Säännöllisempi ruudukkokuvio, jossa tuulivoimalat ovat suorissa riveissä, helpottaisi etsintä- ja pelastustoimia ja navigointia yleisesti merituulivoimapuiston sisällä. Etsintä- ja pelastustoimijoiden tulisi olla mukana asettelua koskevassa keskustelussa.
Teknisten ja fyysisten toimenpiteiden laajuus ja tarkka suunnittelu määritetään, kun päätetään puiston lopullisesta asettelusta. Poikkeuksena on lieventävä toimenpide, jossa mahdollisten tutkahäiriöiden tutkimus suoritetaan puiston perustamisen yhteydessä ja selvitetään, onko tarpeen ryhtyä toimenpiteisiin tutkahäiriöiden torjumiseksi.	

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

15 MELU JA TÄRINÄ

YHTEENVETO

- Merituulivoimapuiston rakentamisajan maan- ja vedenpäälliset meluvaikutukset arvioitiin kokonaismerkittävyydeltään vähäisiksi, koska maan- ja vedenpäällinen liikennevaikutus kohdistuu vilkkaille satama-alueille sekä vesialueille, joissa on ennestään jonkin verran alusliikennettä ja joka on varsin kaukana lähimmistä altistuvista asuin- ja loma-asuinkohteista.
- Merituulivoimapuiston voimaloiden rakentamisajan vedenalaiset meluvaikutukset arvioitiin laskentamallin avulla, jossa hyödynnettiin vedenalaisen melun kattavaa 3D mallinnusta etenkin paalutusmelun arvioinnissa, vaikka hankkeen voimaloiden perustustapaa ei ole vielä valittu. Arviointityön mallinnuksissa lähdettiin siitä, että mikäli paalutusperustus valitaan, ei paalutustyötä ole mahdollista toteuttaa ilman lieventämistoimenpiteitä. Vaikutusten kokonaismerkittävyys arvioitiin kohtalaiseksi eikä hankevaihtoehtojen välillä ollut suuria eroja. Muut perutusvaihtoehdot eivät kuitenkaan aiheuta yhtä voimakasta meluvaikutusta (kaikkein vähiten painovoimaperustus), jolloin ne tarvitsevat todennäköisesti myös vähemmän tai ei ollenkaan melun lieventämistoimia. Tällöin meluvaikutus on verrattuna paalutusmeluun korkeintaan samansuuruinen kohteen herkkyyden pysyessä ennallaan.
- Toiminnan ajan vedenalaiset meluvaikutukset arvioitiin asiantuntija-arviona akustikkojen sekä meriympäristön asiantuntijoiden kesken hyödyntäen muista vastaavista hankkeista ulkomailta saatua tietoa sekä mittauksia tuulivoimaloiden sekä mm. huoltoliikenteen vaikutuksista.
- Merituulivoimapuiston vedyn tuotannon rakentamisen vedenalainen meluvaikutus arvioitiin kahdelle eri laitossijoitteluvaihtoehdolle. Tuulivoimaloiden yhteyteen rakennettavien vedyn tuotantolaitosten meluvaikutus on kaikkiaan vähäisempi, sillä sen ei katsota aiheuttavan merkittäviä vedenalaisia meluvaikutuksia. Sen sijaan erillislaitoksena vedenalainen meluvaikutus arvioitiin olevan kohtalainen eli samansuuruinen kuin tuulivoimalan rakentamisaikana.
- Merituulivoimapuiston vedyn tuotannon rakentamisajan vedenpäällisen meluvaikutuksen merkittävyys arvioitiin vähäiseksi, sillä meluvaikutus on enintään paikallinen, alueella on jo alusliikennettä ja laitokset sijaitsevat kaukana lähimmistä altistuvista asuin- ja loma-asuinkohteista.
- Merituulivoimapuiston merikaapelien ja/tai vetyputken rakentamisen aikainen vedenalainen ja -päällinen meluvaikutus arvioitiin vähäiseksi johtuen työvaiheiden aiheuttamasta vähäisestä melusta ja sen etenevästä luonteesta.
- Merituulivoimapuiston voimaloiden käytönaikaisen vedenpäällisen melun leviäminen laskettiin melumallinnuksen avulla. Tulosten perusteella käytönajan melu ei ylitä tuulivoimamelun keskiäänitason LAeq ohjearvoja ulkona eikä pienitaajuisen melun sisätilan toimenpiderajoja lähimmissä altistuvissa kohteissa eli asutuskohteissa. Pienitaajuinen melu oli kuitenkin laskennan perusteella lähellä toimenpiderajaa VE1:ssä alittaen sen kuitenkin kaikilla taajuuksilla (ml. 50 Hz). Laskennassa on käytetty konservatiivisia laskennan äänipäästöarvoja sekä varmuusarvoa eikä laskenta huomioi lainkaan tuulisella säällä olevan muun taustakohinan äänen peittovaikutusta.
- Merituulivoimapuiston käytönaikaisen vedenpäällisen meluvaikutuksen merkittävyys arvioitiin kohtalaiseksi negatiiviseksi perustuen pienitaajuisen melunlaskennan tuloksiin.
- Merituulivoimapuiston käytönaikaisten vedenalaisten meluvaikutusten suuruutta arvioitiin asiantuntija-arviona ja sen suuruus arvioitiin kohtalaiseksi negatiiviseksi johtuen

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

ennen kaikkea voimalakoon käytönajan epävarmuuksista koskien äänipäästöä ja äänen etenemistietä tornista perustuksiin vedenpinnan alapuolelle. Kokonaisvaikutus kaloihin ja hylkeisiin katsottiin kuitenkin vähäiseksi verrattain alhaisten äänitasojen vuoksi.

- Lähelle Laineen merituulivoimapuiston aluetta on suunnitteilla toinen merituulivoimapuisto (Kappa, Ruotsin talousvyöhykkeellä), jonka vesistörakennusvaihe ei osu samaan aikaan Laineen suunnitellun rakennusvaiheen (2029–2031) kanssa. Näin ollen rakentamisen aikana ei paaluteta kahdella hankealueella samaan aikaan ja näiden merituulivoimapuistojen kumulatiivisten vaikutusten odotetaan olevan olemattomia.
- Käytönaikaisen vedenpäällisen melun yhteisvaikutukset Laineen ja Kappan hankkeiden osalta arvioitiin tässä hyvin vähäisiksi, sillä hankkeet (Ruotsin puolella oleva Kappa) sijaitsevat kaukana rannikolta. Keskiäänitason muutos Suomen puolella on todennäköisesti olematon ja pienitaajuisen melun muutos vähäinen, sillä jo Laineen kauimmaisten voimaloiden pienitaajuinen melu vaimenee merkittävästi ennen saapumistaan rannikolle, missä sijaitsee altistuvia asutus- ja loma-asutuskohteita.
- Tuulivoimaloilla saattaa olla rakentamisvaiheessa (louhinta ja mahdolliset räjäytykset sekä alusliikenne) sekä toimintavaiheessa perustamistavasta ja laitostyypistä riippuen myös tuulivoimaloiden rungon kautta veteen aiheutuvia vedenalaisia tärinävaikutuksia, joiden ei kuitenkaan arvioida aiheuttavan merkittäviä vaikutuksia vedenalaiselle eliöstölle (mukaan lukien kalat ja merinisäkkäät).

15.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Merituulivoimahanke synnyttää vedenpäällistä sekä vedenalaista melua ja melutaso vaihtelee merkittävästi hankkeen eri vaiheissa (rakentaminen, käyttöaika, purkaminen).

Rakentamisajan vedenalainen ja -päällinen melu koostuu ruoppauksista, voimaloiden perustusten asennustoiminnan melusta, voimajohtokaapelien ja merisähköasemien rakentamisen melusta sekä vedyn tuotantolaitosten ja vetyputkien rakentamisen melusta.

Käytönajan vedenalainen ja -päällinen melu koostuu voimaloiden käytönajan melusta sekä voimaloiden huoltotoimintaan liittyvien alusten melusta ja maa-alueilla esim. voimalakomponenttien ja varaosien kuljetusmelusta.

Hankkeen melun vaikutusarviointi tehtiin sekä asiantuntijatyönä että käyttäen matemaattisia mallinnusmenettelyjä melun leviämisen simuloimiseksi sekä vedenpinnan päällä että veden alla. Vedenpäällisen ja vedenalaisen melun leviämislaskennoista tehtiin vaikutusarvioinnin lisäksi omat erillisraportit (Liitteet 20 ja 7).

15.1.1 Vedenpinnan yläpuoliset ja maanpäälliset vaikutukset

Hankkeen meluvaikutukset vedenpinnan yläpuolella ja maa-alueilla syntyvät erityisesti voimaloiden ja niiden perustusten rakentamisen, käytön ja myöhemmin voimaloiden purkamisen aikana, joissa komponenttikuljetukset muodostavat suurimman melukuormitusta aiheuttavan työvaiheen meri/maa-alueilla rakentamisaikana.

Voimaloiden käytönajan vedenpäällisen melun leviäminen laskettiin objektiivisesti melumallinnuksen kautta YM:n melumallinnusohjeen 2/2014 mukaisesti (*Ympäristöministeriö 2014*) missä vedenpinta on mallinnettu akustisesti kovana pintana (G=0) ohjeen mukaisesti.

Valtioneuvoston asetus 1107/2015 tuulivoimamelun ohjearvoista tuli voimaan 1.9.2015. Oheisessa taulukossa (Taulukko 15-1) on esitetty uuden asetuksen mukaiset keskiäänitason ohjearvot LAeq tuulivoimamelulle päivällä ja yöllä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 15-1. Tuulivoimamelun ohjearvot ulkona, LAeq.

Tuulivoimamelun ohjearvot	LAeq päiväajalle (klo 7–22)	LAeq yöajalle (klo 22–7)
Pysyvä asutus, Loma-asutus, Hoitolaitokset, Leirintäalueet	45 dB	40 dB
Oppilaitokset, Virkistysalueet	45 dB	-
Kansallispuistot	40 dB	40 dB

Jos tuulivoimalan melu on impulssimaista tai kapeakaistaista melulle altistuvalla alueella, valvonnan yhteydessä saatuun mittaustulokseen lisätään 5 dB ennen sen vertaamista asetuksen 3 §:ssä säädettyihin arvoihin.

Tuulivoimarakentamisen ulkomelutason ohjearvot määritetään A-taajuuspainotettuna keskiäänitasona LAeq erikseen yhden vuorokauden päiväajan ja yöajan osalta. Kyse ei ole hetkellisistä enimmäisäänitasoista. Kunkin vuorokauden päiväajan 15 tunnin (klo 7–22) keskimääräisen ulkomelutason (LAeq) tulee pysyä annetun päiväajan ohjearvon mukaisena. Vastaavasti kunkin vuorokauden yöajan osalta 9 tunnin (klo 22–7) keskimääräisen ulkomelutason (LAeq) tulee pysyä annetun yöajan ohjearvon mukaisena. (*Ympäristöministeriö 2016b*)

Melumallinnuksessa ei erotella päivä- tai yöajan tilanteita, vaan melun leviämislaskennan tulosvertailu tehdään vain yöajan alempaan 40 dB:n ohjearvoon nähden.

Sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysasetus 545/2015 asettaa sisätilojen äänitasoille toimenpiderajat erityisesti yöajan äänitasoille nukkumiseen tarkoitetuissa tiloissa sekä pientaajuisen melulle taajuusvälillä 20–200Hz (Taulukko 15-2, Taulukko 15-3).

Taulukko 15-2. Melutason toimenpiderajat sisätiloissa (STM 545/2015).

Huoneisto ja huonetila	Päivällä klo 07–22	Yöllä klo 22–07
Asuinhuoneistot, palvelutalot, vanhainkodit, lasten päivähoitopaikat ja vastaavat tilat		
asuinhuoneet ja oleskelutilat	35 dB	30 dB (25 dB*)
muut tilat ja keittiö	40 dB	40 dB
Kokoontumis- ja opetushuoneistot		
huonetila, jossa edellytetään yleisön saavan hyvin puheesta selvän ilman äänenvahvistuslaitteiden käyttöä	35 dB	-
muut kokoontumistilat	40 dB	-
Työhuoneistot (asiakkaiden kannalta)		
asiakkaiden vastaanottotilat ja toimistohuoneet	45 dB	-

* Yöaikainen (klo 22—7) musiikkimelu tai muu vastaava mahdollisesti unihäiriötä aiheuttava melu, joka erottuu selvästi taustamelusta, ei saa ylittää 25 dB yhden tunnin keskiäänitasona LAeq, 1h (klo 22—7) mitattuna niissä tiloissa, jotka on tarkoitettu nukkumiseen.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 15-3. Pientaajuisen sisämelun tunnin keskiäänitason Leq, 1h toimenpiderajat taajuusvälillä 20-200Hz nukkumiseen tarkoitetuissa tiloissa yöaikaan klo 22-07.

Kaista/Hz	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
Leq, 1h	74	64	56	49	44	42	40	38	36	34	32

15.1.1.1 Melumallinnusparametrit

Laskennan lähtötiedot on koottu tilaajan lähettämästä aineistosta, Maanmittauslaitoksen digitaalikartta-aineistosta sekä kirjallisuudesta. Mallinnuksen ohjeena toimii Ympäristöministeriön melumallinnusohje YM OH 2/2014.

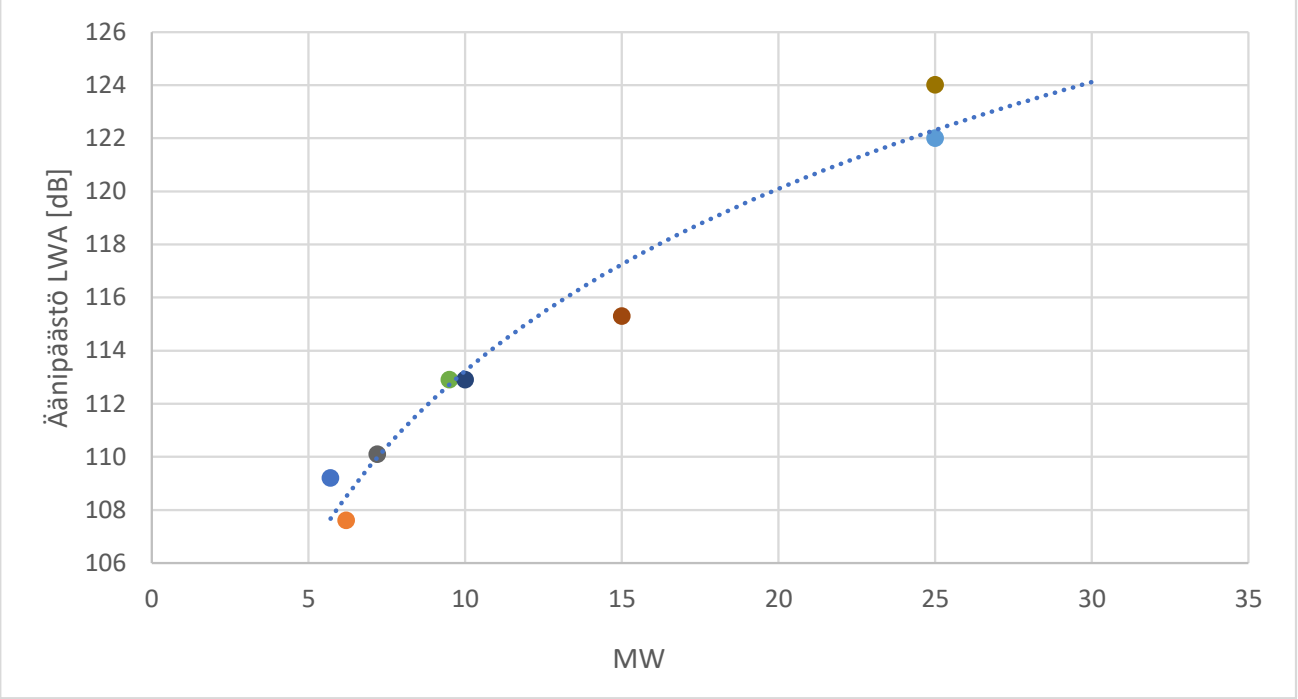
Melumallinnus suoritettiin digitaalikartalle, jonka topografian vertikaalinen korkeusväli maa-alueilla on enintään 0,3 m. Merialueilla topografian korkeustaso on 0 m. Mallikartoissa on kuvattu tuulivoimaloiden paikkatiedon lisäksi maa-alueiden topografian, rakennusten, teiden ja suojelualueiden paikkatiedot sekä asuntojen käyttötarkoitus siten kuin se on esitetty Maanmittauslaitoksen ja Suomen Ympäristökeskuksen aineistossa. Vesialueille akustinen kovuuskerroin on YM:n ohjeen 2/2014 mukaisesti 0 ja maa-alueille 0,4.

Mallinnus suoritettiin molemmissa vaihtoehdoissa maksimiperiaatteella käyttäen oletettua tulevaisuuden teknologian lähtöäänitasoa 25 MW:n merituulivoimalamallille, jonka A-taajuuspainotetun äänipäästön L_{WA} maksimiarvona käytettiin 124 dB ja napakorkeutena 200 m, joka toimii myös mallinnuksen äänilähteen korkeutena merenpinnasta. Äänipäästön L_{WA} arvo on se lukuarvo, jota käytetään mallinnuksen äänilähteen syöttöarvona taajuuskaistoittain. Hankevaihtoehdossa VE1 yksittäisen voimalan teho on kuitenkin todellisuudessa maksimissaan noin 15 MW, jolloin YVA-selostuksen yhteydessä tehty mallinnus on melua yliarvioiva. Hankkeen toimintavaiheessa melun arvioidaan olevan mallinnuksen osoittamia melutasoja alhaisempi. Esimerkiksi tällä hetkellä saatavilla olevan yhden voimalatoimittajan 15 MW:n merituulivoimalalle, Vestas V236, on annettu alustava äänitakuuarvo 115,3 dB (*Vestas 2024*), kun tässä laskennassa on käytetty arvoa 124 dB.

Melun lähtöarvot arvioitiin varovaisuusperiaatteen mukaisesti olemassa olevien kirjallisuustietojen perusteella (maa- ja merituulivoimalat) (ks. Kuva 15-1). Voimalan kokonaiskorkeudella (kun siipi yläasennossa) ei ole vaikutuksia melumallinnuksessa, sillä mallinnus suoritetaan ohjeen mukaan voimalan napakorkeudelle.

Mallinnuksen äänipäästön lähtötietoina on käytetty taajuusjakaumaa oktaaveittain taajuusvälillä 63 Hz – 8 000 Hz ja äänipäästön arvoa 124 dB. Lisäksi laskennassa käytettiin äänipäästön varmuusarvoa K = +2 dB Ympäristöministeriön muistion mukaisesti uusille, vielä tyyppitestaamattomille voimaloille (*YM9/5511/2016*) (*Taulukko 15-4*). Siten laskennassa käytetty äänipäästön kokonaisarvo on 126 dB (Taulukko 15-5). Vertailun vuoksi uusilla 15 MW:n merituulivoimaloilla äänipäästön takuuarvo on asettunut noin 115 dB:n tasolle (*Vestas 2024*).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 15-1. Eri tuulivoimalamallien (maatuulivoimalat alle 10 MW ja merituulivoimalat 10 MW ja sitä suuremmat) äänipäästön ja tehon suhde sekä niiden logaritminen trendikäyrä. Tässä arvioinnissa käytetty äänipäästö on kuvaajan ylin piste.

Taulukko 15-4. 25MW:n tulevaisuuden tuulivoimalan äänipäästö L_{WA} 124 dB lisättynä +2 dB:n varmuusarvolla [dB].

Taaj./Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	YHT
L_{WA}	106	113	117	120	122	118	112	103	126

Taulukko 15-5. Pientaajuisen melun äänipäästö lisättynä +2 dB:n varmuusarvolla [dB].

Taaj./Hz	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
L_W	128	128	128	127	128	125	124	125	122	121	118

Melun leviäminen ulkona havainnollistettiin käyttäen tietokoneavusteista melulaskentaohjelmistoa SoundPlan v8.2, missä äänilähteestä lähtevä ääniaalto lasketaan digitaaliseen karttapohjaan äänenpaineeksi vastaanottopisteessä raytracing -menetelmällä. Mallinnusalgoritmina käytettiin standardia ISO 9613-2, jonka parametrisointi on ohjeistettu Ympäristöministeriön melumallinnusohjeessa kappaleessa 4.1 (*Ympäristöministeriö 2014: Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014*).

Mallissa otetaan huomioon kunkin tuulivoimalan äänipäästö oktaavikaistan resoluutiolla, äänen geometrinen leviämisvaimentuminen, maaston korkeuserot sekä maanpinnan ja ilmakehän melun vaimennusvaikutukset. Rakennusten aiheuttamaa äänen varjostusvaikutusta ei laskennassa huomioitu eli melun leviäminen lasketaan nk. vapaakenttään. Melumallinnus piirtää keskiäänitasokäyrät 5 dB:n välein vakioiduilla laskentaparametreilla.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kaikkiaan tuulivoimamelun laskennan parametrit ovat konservatiivisempia kuin teollisuus- tai tieliikennemelussa yleisesti käytetyt melun leviämislaskennan parametrit (*Ympäristöministeriö 2007*). Melumallinnuksessa käytetyt laskentaparametrit on esitetty oheisessa taulukossa (Taulukko 15-6).

Taulukko 15-6. Vedenpäällisen melulaskennan parametrit (Ympäristöministeriö 2014: Ympäristöhallinnon ohjeita, YM OH, 2/2014).

Lähtötieto	Parametrit
Laskentalogiikka	Standardi ISO 9613-2, ylärajatarkastelu (YM OH 2/2014 kpl 4.1)
Mallinnusalgoritmit	Peruslaskennat: Teollisuusmelun laskentamalli ISO 9613-2. Pientaajuisen melun etenemisvaimennus, YM OH 2/2014 kpl 4.1.9 sekä suomalaisten pientalojen äänitasoeron 84 % ja 90 % persentiilit (*Keränen ym. 2017 & 2019*)
Topografiakartta	Maanmittauslaitos, laserkeilausaineisto (© MML 2023), topografian pystyresoluutiona on 0,3 m. Laskentaohjelmassa muodostetaan maanpinta erillisen kolmioverkkolaskennan kautta. (*YM OH 2/2014* kpl 4.1.8)
Sääolosuhteet	Ilman lämpötila 15 °C, ilmanpaine 101,325 kPa, ilman suhteellinen kosteus 70 prosenttia (*YM OH 2/2014* kpl 4.1.4)
Tuulennopeus	n.12,5 m/s 200 m:n korkeudella (napakorkeus), myötätuuli joka suuntaan, joka vastaa 8 m/s 10 m:n referenssikorkeudella maanpinnan karheudella 0,05 m (*YM OH 2/2014* kpl 4.1.1)
Äänilähde	Pistelähde (*YM OH 2/2014* kpl 4.1.4)
Äänipäästön tunnusarvo	ks. kpl 12.1.1.1
Mallinnuksen äänipäästö	oktaaveittain 63 Hz – 8 000 Hz (*YM OH 2/2014* kpl 4.1.1)
Topografiakorjaus	Ei korjausta (*YM OH 2/2014* kpl 4.1.6)
Laskentaverkko	Laskentapiste 50x50m:n välein laskentaverkolla neljän metrin (4 m) korkeudella seuraten digitaalikartan maanpintaa (*YM OH 2/2014* kpl 4.1.2). Laskenta-alueen kokonaispinta-ala on yhteensä noin 8641 km^2

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Lähtötieto	Parametrit
Maanpinnan akustinen kovuus	0,4 (maa-alueet), 0 (vesialueet) (*YM OH 2/2014* kpl 4.1.5)
Laskentavyöhykkeet, LAeq	35 dB, 40 dB, 45 dB, 50 dB ja 55 dB

Tuulivoimalaitosten pientaajuinen melu laskettiin erillisenä taulukkolaskentana YM:n ohjeen mukaisilla laskentaparametreilla. Pientaajuisen melun leviämisvaimentuminen laskettiin käyttäen voimalan painottamattomia geneerisen voimalan äänipäästön tunnusarvon 1/3 oktaavi-kaistatietoja LW taajuusvälillä 20-200Hz. (*Ympäristöministeriö 2014, YM OH 2/2014* kpl 4.1.9)

Pientaajuisen melun leviämislaskennassa on lisäksi hyödynnetty uusinta suomalaista tutkimustietoa pientalojen ilmaäänieristävyyden arvoista, jotka ovat aiempaa DSO 1284 ohjetta alhaisempia (*Keränen ym. 2017 & 2019*).

Pientalojen ilmaäänieristävyyden tutkimuksen tulokset on julkaistu julkisivurakenteiden äänitasoeron vähimmäisarvon estimaatin 84 % ja 90 % persentiiliarvoina, siten että 84 % persentiiliä käytetään asuinrakennuksiin ja 90 % persentiiliä loma-asuinrakennuksiin. Suomessa voimassa olevien asetusten perusteella laskentaa ei voi ulottaa infraäänitaajuuksille asti vertailuarvon puuttuessa. Ympäristöministeriön ohjeen mukainen taajuusalue on 20-200Hz (*Ympäristöministeriö 2014)*.

15.1.2 Vedenalaiset vaikutukset

Hankkeen aiheuttamaa vedenalaista melua voi esiintyä sekä rakennus-, käyttö- että purkuvaiheessa. Merkittävä melunlähde on rakennusvaiheessa tapahtuva perustusten asentaminen. Lisäksi rakennusvaiheessa esiintyy laivoista lähtevää vedenalaista melua. Käyttövaiheessa melua aiheutuu tuulivoimaloista ja lisäksi melua voi esiintyä kunnossapitoon ja huoltoon liittyvästä alusliikenteestä.

Tuulivoimalan ääni muodostuu aerodynaamisesta äänestä (pyörivät tuulivoimalan lavat) sekä mekaanisesta äänestä. Tuulivoimalan ilmaääni etenee tornin kautta alas perustukseen ja voi levitä sieltä pienitaajuisena äänenä vedenalaiseen ympäristöön.

Vedenalainen melu voi vaikuttaa merinisäkkäisiin ja kaloihin esimerkiksi muuttamalla niiden käyttäytymistä tai aiheuttamalla tilapäisen tai pysyvän kuulon heikkenemisen. Vaikutuksen suuruus riippuu siitä kuinka kova ja pitkäkestoinen ääni on. Käyttäytymisen muutoksella tarkoitetaan ensisijaisesti välttelevää käyttäytymistä, joka voi vaihdella pienestä muutoksesta, kuten lyhyestä ruoanhakuhäiriöstä siihen, että alueelta paetaan.

Melun vaikutusten arviointi tehtiin melumallinnuksen ja asiantuntija-arvioiden avulla. Vedenalaisen melun mallinnus tehtiin käyttämällä dBSea -ohjelmistoa perustuen äänikirjastoihin vedenalaisesta paalutuksesta, louhinnasta, ruoppauksesta ja proomuista. Mallinnuksessa otettiin huomioon paikkakohtaiset ympäristöolosuhteet (esim. pohjan syvyys ja sedimentin koostumus). (*Niras 2023b,* liite 7)

Vedenalaisen melun leviämisen mallinnus tehtiin kolmelle eri paikalle tuulivoimapuiston sisällä, jotka edustavat pahimpia tapauksia, joissa äänen etenemisen arvioitiin olevan suurinta, ja mallinnus ajoitettiin siihen aikaan vuodesta, jolloin äänen eteneminen on suurinta. Vedenalaisen melun mallinnuksessa hyödynnettiin meluntorjuntaa, missä lähtöoletuksena paalutukselle on kaksinkertainen kuplaverho ja pehmeä vaiheittainen käynnistys, jotka sisällytettiin äänipäästön lähtötietolaskelmiin paaluperustusten asentamisen aikana. (*Niras 2023b,* liite 7)

Tuulivoimaloiden rakenteen tärinä välittyy perustusten kautta veden alle, missä se aistitaan meluna. Tärinää välittyy merenpohjaan voimaloiden perustusten lähialueelle ja tärinä vaimenee

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

nopeasti siirryttäessä etäämmälle voimalapaikasta. Tärinällä ei arvioida olevan merkittävää vaikutusta esim. selkärangattomiin eliöihin, jotka elävät sedimentissä. Pinnoille kiinnittyviä lajeja ei havaittu lainkaan avomerialueen kartoituksissa, joten niihin ei myöskään kohdistu vaikutuksia.

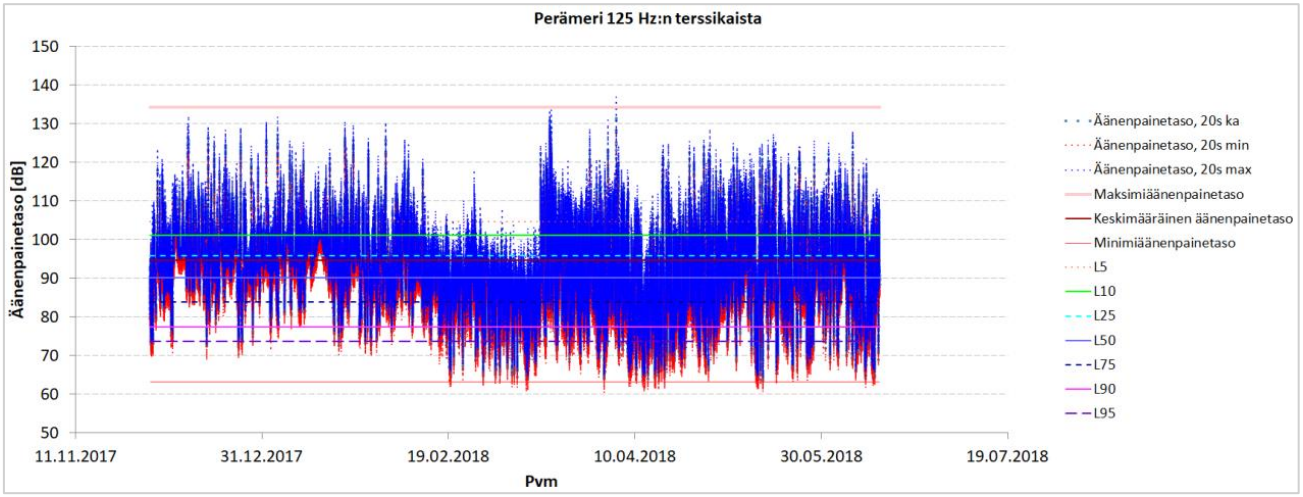
15.2 Nykytila

Hankealueen meriympäristön vedenpäällisen ympäristömelun nykytila koostuu pääsääntöisesti rahtilaivojen, kalastusalusten sekä muiden satunnaisten alusten käyntiajan melusta.

Itämeren vedenalaista äänimaisemaa on tutkittu BIAS (The Baltic Sea Information on the Acoustic Sounscape) -hankkeen yhteydessä. Hankkeessa on tehty vedenalaisia äänimittauksia eri puolilla Itämerta. Mittauksissa on havaittu, että tuulen voimakkuus ja siitä seuraava aallon korkeus on määrittävänä tekijänä Itämeren taustakohinassa (*Sairanen 2014*). Laivaliikenne tuottaa myös oman osuutensa vedenalaiseen taustakohinaan. Kaukainen laivaliikenteen melu on aina läsnä Itämeren taustakohinassa erityisesti matalilla taajuuksilla (63 Hz ja 125 Hz, *Sairanen 2014*). Viiden kilometrin säteellä olevien laivojen tuottamat äänenpainetasot ylittävät taustakohinan äänenpainetasot (*Meriläinen & Lindfors 2018*).

Poikkeuksena muista meristä, Itämeri myös jäätyy osittain talvisin ja vedenalaisen äänenpainetasot laskevat jääpeitteisenä aikana, koska tuuli ei pääse vaikuttamaan taustameluun. Myös ihmisten vapaa-aikaan liittyvä aktiivisuus ja siitä aiheutuva melu vähenee talvisin ja on voimakkaimmillaan kesällä (*Pajala ym. 2016, Sairanen 2014*).

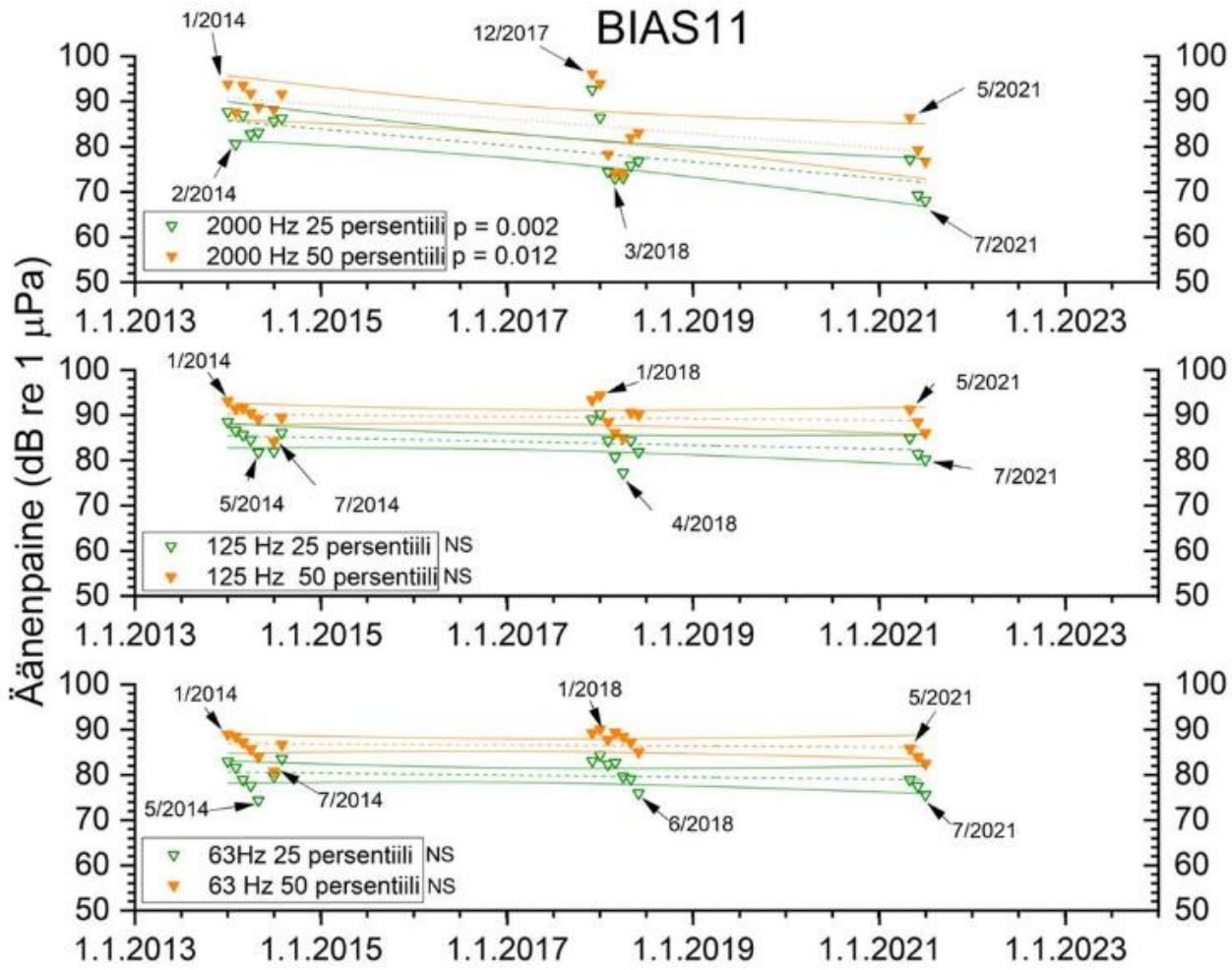
BIAS-hankkeessa Perämerellä sijaitsee yksi hydrofonilla varustettu vedenalainen mittauspiste. Mittaustulosten perusteella alueella vallitsee äänitasollisesti voimakkaasti vaihteleva tilanne (ks. Kuva 15-2).



Kuva 15-2. Perämeren mittauspisteen koko mittausaineiston äänitason vaihtelu 125Hz:n terssikaistan taajuudella (Suomen ympäristökeskus 2019).

Mittauksissa vedenalaiset äänitasot ovat 2021 vuonna olleet keskimäärin 90 dB:n tasolla (50 %:n persentiili) mittauspisteessä tai sen alle hieman vaihdelleen taajuuden mukaan. Korkeamman taajuuden 2000Hz:n kohdalla äänitaso on mittausten perusteella laskenut vuodesta 2014 noin 5 dB, kun muissa mitatuissa taajuuksissa taso on pysynyt lähes ennallaan (Kuva 15-3).

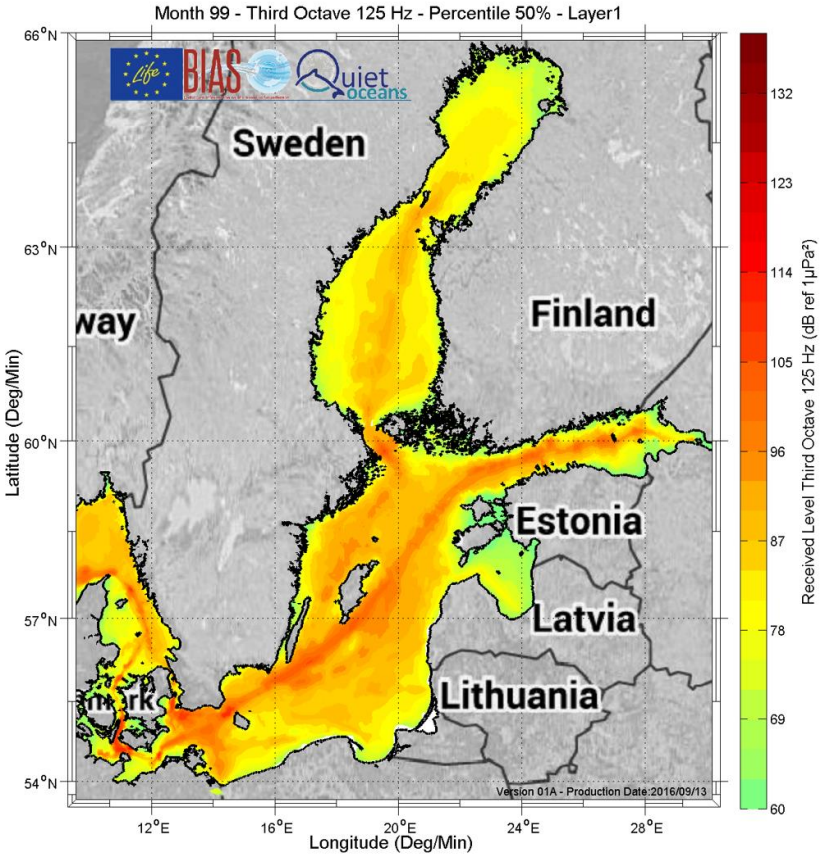
Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 15-3. Perämeren vedenalaisen melun voimakkuus 2014–2021 (itameri.fi 2023).

Merenkurkku sekä Perämeri on vedenalaisen melun osalta myös mallinnettu BIAS-hankkeessa (*Suomen ympäristökeskus 2016*) eri taajuuksille.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 15-4. 125Hz:n terssikaista vedenalaisen melun L50%:n mallinnus koko Itämerelle (BIAS 2014).

Vedenalaisen melun mallinnustulosten perusteella Merenkurkun alue on jonkin verran vähemmän kuormittunut kuin Suomenlahti. Mallinnustulokset ovat Perämerellä 125Hz:n taajuuden kohdalla kuitenkin noin 5-10dB alhaisempia kuin mittaustulokset (Kuva 15-4). On huomioitava, että mallinnustulokset eivät sisällä vedenalaisen melun luonnollista taustakohinaa, vaan vain alusten aiheuttamaa vedenalaista melua.

15.3 Vaikutusten arviointi

15.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

Hankkeen meluvaikutusten arviointi perustui vedenpäällisen ja vedenalaisen melun matemaattisiin mallinnuksiin sekä asiantuntija-arvioon. Mallinnukset toteutettiin eri mallinnusmenetelmiä hyödyntäen, jossa kansallinen ohje koskee vain ulkomelun mallinnusta.

Vedenalainen mallinnus toteutettiin asiantuntijatyönä käyttäen alalle soveltuvaa mallinnusohjelmistoa. Melun vaikutusarviointi on jaettu rakentamisen ajan vaikutuksiin (pääsääntöisesti vedenalaisen melun vaikutuksia) ja toiminnan aikaisiin vaikutuksiin (sekä vedenpäällisiä että vedenalaisia vaikutuksia).

15.3.1.1 Merituulivoimapuisto

Merituulivoimaloiden rakentamisen aikaiset maan- ja vedenpäälliset meluvaikutukset koostuvat mahdollisista ruoppauksista, kiviaineiskuljetuksista, komponenttikuljetuksista sekä rakentamismelusta. Vedenalainen melu syntyy voimaloiden perustusten rakentamisen, pystytyksen sekä alusten ja nostolaitteiden käytöstä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Vedenalaisista meluvaikutuksista rakentamisen aikana merkittävin ympäristövaikutus kaloille ja merinisäkkäille on asennustoiminnasta (esim. paalutus) ja laivaliikenteestä aiheutuva vedenalainen melu (*Madsen ym. 2006*). Merieläimille häiritsevin vaikutus on todennäköisesti perustusasennuksiin liittyvällä paalutuksella. Se voi aiheuttaa viestintäsignaalien peittymistä, välttämisreaktioita, tilapäistä (TTS) ja pysyvää (PTS) kuulonalenemaa ja pahimmassa tapauksessa akustisen vaurion muuhun kuin kuulokudokseen (*Madsen ym. 2006*). Lisäksi paalutusmelu voi aiheuttaa tilapäistä elinympäristökatoa, kun merinisäkkäät ja kalat siirtyvät muualle. (*Niras 2023b, liite 7*)

Merituulivoimapuistoa rakennettaessa yleisimpiä perustusmalleja ovat teräksiset paaluperustukset tai ristikkorakenteiset perustukset, jotka koostuvat 3–4 pienpaalusta, koska ne on helppo asentaa mataliin tai keskisyviin vesiin. Suosituin tapa kiinnittää juntta- tai pienpaalut merenpohjaan on hydraulinen iskupaalutus (vasarointi), joka aiheuttaa voimakasta vedenalaista melutasoa, jolle on ominaista lyhytkestoinen ja jyrkkä energiatason nousu (*Madsen ym. 2006, Bellmann ym. 2020*). Paalutuksen aiheuttaman vedenalaisen melun voimakkuus riippuu muun muassa paalun halkaisijasta. Suurempi halkaisija aiheuttaa voimakkaampaa paalutusmelua (*Bellmann ym. 2009).* (*Niras 2023b, liite 7*)

Merituulivoimapuiston ja sen toimintojen rakentamiseen liittyy mahdollisesti vedenalaisia louhintoja ja räjäytyksiä, joista voi aiheutua tärinää maa- ja kallioperän kautta vesiympäristöön. Rakentamisen aikajänne on kuitenkin rajallinen ja siten vaikutukset jäävät kokonaisuudessaan vähäisiksi.

Vedenalaisen melun arviointimenetelmät

Paalutuksesta aiheutuvan vedenalaisen melun vaikutusten arvioimiseksi tehtiin yksityiskohtainen vedenalaisen melun mallinnus. Vedenalaisen melun mallinnusohjelmistossa DBSea 2.3.4 luotiin 3D-akustinen malli, jossa hyödynnettiin yksityiskohtaista tietoa alueen syvyyskartoituksesta, merenpohjan sedimenttikoostumuksesta, vesimassan suolapitoisuudesta, lämpötilasta ja äänen nopeusprofiileista sekä parhaaseen saatavilla olevaan tietoon perustuvaa muuta lähdemallia. (*Niras 2023b, liite 7*)

Vedenalaisen melun mallintaminen perustuu Tanskan energiaministeriön suosituksiin (*Energistyrelsen 2022*) sekä National Marine Fisheries Servicen (NMFS) (*2018*) ja Southallin ym. suosituksiin (*2019*). Vedenalaisessa melumallinnuksessa kumulatiivinen äänialtistustaso (selcum) mallinnetaan yhden paalun koko arvioidun paalutuksen aikana (oletuksena on, että päivässä asennetaan yksi paalu) ja etäisyydet, joilla pysyvää (PTS) ja tilapäistä (TTS) kuulonalenemaa esiintyy, arvioidaan varovaisesti. (*Niras 2023b, liite 7*)

Lisäksi mallinnusta tehtäessä on huomioitu VESIMALLIT-hankkeen ohjeistukset (https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/163809).

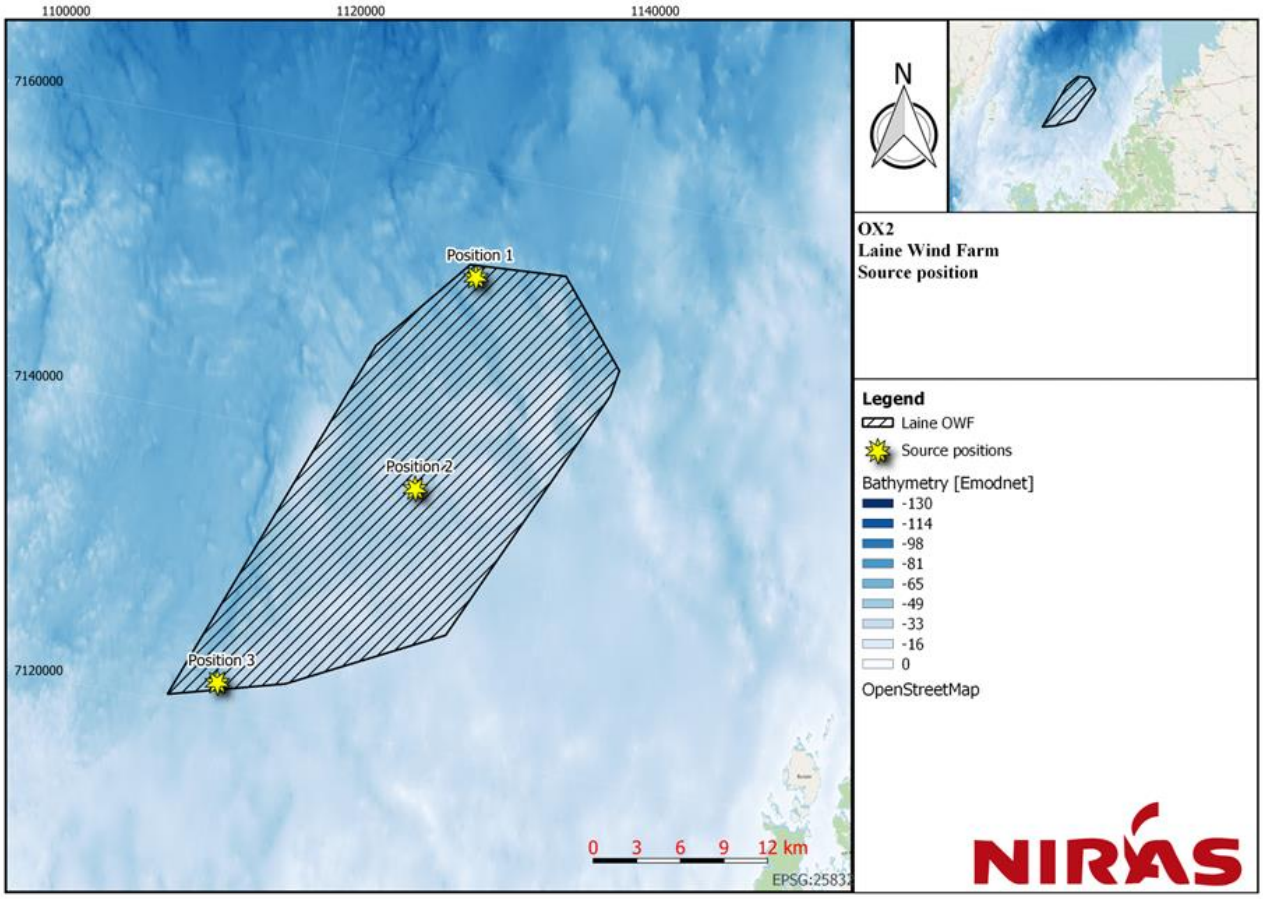
Laskelmissa oletetaan, että käytetään pehmeää käynnistysmenettelyä. Paalutusprosessin alkaessa paalutusvedot suoritetaan pienellä energialla. Energia iskua kohti kasvaa sitten vähitellen, kunnes täysi energia on käytössä. Energiamäärän kasvaessa aiheutuva melu kasvaa hitaasti, jolloin merieläimet voivat siirtyä pois rakennusalueelta ennen kuin melu muuttuu niille fyysisesti haitalliseksi. Malli olettaa myös, että altistuneet eläimet pakenevat melua paalutuksen aikana. (*Niras 2023b, liite 7*)

Vedenalainen melumallinnus tehtiin kolmelle merituulivoimapuiston alueelle sijoittuvalle sijainnille (ks. Kuva 15-5). Sijainnit on valittu niin, että ne edustavat suurinta odotettua vedenalaisen melun etenemistä. Mallinnus tehtiin toukokuulle, joka on asennuksen aikakehyksessä äänen etenemisen kannalta pahin mahdollinen ajankohta (kuukausi, jossa äänen eteneminen on suurinta). (*Niras 2023b, liite 7*)

Vedenalainen melupäästö laskettiin paaluperustukselle (halkaisija 18 m) sekä ankkuroidulle ristikkorakenteiselle perustukselle, jonka pienpaalujen mitat ovat 4 x 8 metriä. (*Niras 2023b, liite 7*)

Vedenalaisten räjäytysten melua ei ole mallinnettu vaan niiden vaikutukset on arvioitu asiantuntijapohjaisesti.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 15-5. Äänen etenemismallinnukseen valitut lähdesijainnit (NIRAS 2023b, liite 7).

Asennusskenaariot perustuvat realistiseen konservatiiviseen asennusmenettelyyn suhteessa tarvittavaan vasaraenergiaan (6000 kJ), iskujen määrään (10 400) ja paalutuksen suorittamiseen tarvittavaan aikaan sekä realistiseen yleistettyyn pehmeään käynnistys-/voimistusvaiheeseen. Molempien perustustyyppien paaluasennusmenettely sisältää pehmeän käynnistyksen, (10 % vasaran maksimienergiasta), voimistusvaiheen (20 % - 100 %), ja konservatiivisen arvion asennuksen täystehovaiheesta 100 % vasaraenergialla. (*Niras 2023b, liite 7*)

Taulukko 15-7 sisältää ohjeistuksia kalalajien tilapäiseen kuulonalenemaan liittyen. Taulukossa turska edustaa kaloja, joilla ei ole suoraa kytkentää uimarakon ja sisäkorvan välillä, kuten lohta, kuoretta ja siikaa, joita kaikkia esiintyy hankealueella. Taulukossa on raja-arvot myös kalojen, mädin ja toukkien kuolleisuuteen vaikuttaville kudosvaurioille ja kuulonalenemalle. Kalalajit, joilla ei ole uimarakkoa, eli pääasiassa pohjakalalajit, ovat paljon vähemmän meluherkkiä, ja voidaan odottaa, että pohjakalojen todelliset sietokynnykset ovat pelagisia kaloja korkeammat. Koska tiedot raja-arvoista ovat kuitenkin hyvin rajalliset, tässä analyysissä käytetään vähiten sietävien kalalajien kynnysarvoja kaikille lajeille, myös pohjakalalajeille. (*Niras 2023b, liite 7*)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 15-7. Painottamattomat raja-arvot kaloille (tilapäinen (TTS) ja pysyvä (PTS) kuulonalenema) (Andersson ym. 2016, Popper ym. 2014).

Laji	Uintinopeus [m/s]	Lajikohtaiset painottamattomat raja-arvot (impulssimelu)	
		$L_{E,cum,24h,painottamaton}$	
		TTS [dB]	Vamma (PTS) [dB]
Paikallaan pysyvät kalat*	0	186	204
Nuori turska	0,38	186	204
Aikuinen turska	0,9	186	204
Silli	1,04	186	204
Toukat ja mäti	-	-	207
*Kalat, jotka eivät pakene meluvaikutusta			

Uusimman tieteellisen kirjallisuuden perusteella suositellaan, että $L_{E,cum,24h}$- ja -taajuuspainotusta käytetään arvioitaessa TTS:ää ja PTS:ää hylje-eläimillä. Paalutusmelulle altistuvien hylkeiden välttämiskäyttäytymisestä ja vaikutusalueista ei ole saatavilla määrällistä tietoa, ja muutamat olemassa olevat tutkimukset osoittavat eri suuntiin. Varotoimenpiteenä on kuitenkin oletettu, että hylkeet reagoivat paalutuksesta aiheutuvaan vedenalaiseen meluun samalla etäisyydellä kuin pyöriäiset, vaikka tämä on todennäköisesti konservatiivinen lähestymistapa. Pyöriäisten käyttäytymisraja-arvoa (103 dB $L_{p,125ms}$ VHF-painotettuna) käytetään siis myös hylkeille. (*Niras 2023b*, liite 7)

Taulukko 15-8. Lajikohtaiset painotetut raja-arvokriteerit hylkeille (tilapäinen (TTS) ja pysyvä (PTS) kuulonalenema). Tämä on NOAA:n taulukon AE-1 tarkistettu versio, jossa korostetaan hankealueen tärkeitä lajeja. (NOAA 2018)

Laji	Lajikohtaiset painotetut raja-arvot (muu kuin impulssimelu)		Lajikohtaiset painotetut kynnysarvot (impulssimelu)		
	$L_{E,cum,24h,xx}$		$L_{E,cum,24h,xx}$		$L_{p,125ms,VHF}$
	TTS [dB]	PTS [dB]	TTS [dB]	PTS [dB]	Käyttäytyminen [dB]
Hylje (PCW)	181	201	170	185	103

Muun kuin impulssimelun raja-arvoja sovelletaan jatkuvaan meluun (esim. laivan meluun), ja vaikka impulssimelun oletetaan muuttuvan jatkuvan melun kaltaiseksi kauempana lähteestä, tämän muutoksen ei odoteta tapahtuvan niillä etäisyyksillä, joilla pysyvää tai väliaikaista kuulonalenemaa voi mahdollisesti esiintyä näiden toimien vuoksi. (*Niras 2023b*, liite 7)

Paalutuksen vedenalaisen melun laskentatulokset

Merituulivoimapuiston alueelle asennetaan yhteensä enintään 150 perustusta. Yhden perustuspaalun asennuksen kokonaisaika on noin yksi päivä, josta varsinaista paalutusta on arviolta kuusi tuntia. Ristikkorakenteisen perustuksen ml. pienpaalujen asennus vie arviolta saman ajan. Perustusten kokonaisasennusaika on siten noin 5 kuukautta. Lisäksi asennusaika voi olla pidempi esimerkiksi huonojen sääolosuhteiden vuoksi, jolloin paalutusta ei voida joka päivä tehdä. (*Niras 2023b,* liite 7)

Laineen merituulivoimapuiston alue on kutualueeksi sopimatonta tai arvioitu epäsuotuisaksi suurimmalle osalle sitä käyttävistä lajeista. Silakka, muikku, siika, kivinilkka, tuulenkala ja

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

härkäsimppu voivat kutea puiston alueen matalissa osissa joissain määrin, vaikkakin todennäköisesti rajoitetusti verrattuna lajin tärkeimpiin kutualueisiin lähempänä rannikkoa tai etelämpänä suolaisemmissa vesissä. Alue on useimmille kalalajeille kutualueeksi sopimaton johtuen sopivien pohjien puuttumisesta, syvyydestä sekä veden alhaisesta lämpötilasta.

Useat lajit, kuten siika, kuore, lohi ja muikku hyödyntävät merituulivoimapuiston aluetta ravinnon hankintaan ja jossain määrin myös vaelluskäytävänä. Laineen tuulivoimapuiston alueen merkitys kalojen kutuympäristönä arvioitiin siksi pieneksi, kun taas merkitys kalojen ravinnonhankinta-alueena ja vaelluskäytävänä arvioitiin pieneksi tai kohtalaiseksi.

Kalat

Paalutuksen aiheuttaman vedenalaisen melun paineen pahimmat vaikutukset (PTS, pysyvä kuulonalenema eli vamma) kohdistuvat yksilöihin paalutustoiminnan välittömässä läheisyydessä. Kaloille etäisyys on vähemmän kuin 100–1100 metriä ja mädille ja toukille vähemmän kuin 650 metriä (Taulukko 15-9). Tämän lisäksi suurin osa kaloista pakenee kauemmas paineen lähteestä ja palaa, kun melu on lakannut, ja mahdollisesti kärsii vain ajan myötä palautuvasta, väliaikaisesta kuulonalenemasta (*Monroe ym. 2015, Smith ym. 2004*). Tilapäisen kuulonaleneman (TTS) vaikutusetäisyys kaloille on 5,9–17,9 kilometriä melulähteestä, riippuen kalalajista. Pysyvän kuulonaleneman (PTS) tai kuolleisuuden riski suurille kalamäärille nähdään merkityksettömänä lyhyiden vaikutusetäisyyksien (< 100–1100 m) vuoksi ja kun käytetään pehmeää käynnistys-/voimistusmenettelyä, joka antaa kaloille aikaa siirtyä vaikutusetäisyyden ulkopuolelle. (*Niras 2023b,* liite 7)

Taulukko 15-9: Vaikutusetäisyyksien raja-arvot kaloille, kun käytetään DBBC:tä (tuplakuplaverho) melun vaimennukseen 18 m:n junttapaalulle huonoimmassa kuussa eli toukokuussa.

Sijainti	Etäisyyden suhde raja-arvoon		
	Vamma (r_{vamma})		TTS (r_{TTS})
	Kalat	Toukat ja mäti	Kalat
1	<100–975 m	525 m	6,9–11,5 km
2	< 100–1100 m	650 m	9,4–17,9 km
3	<100–875 m	525 m	5,9–13,9 km

Lähellä paalutuksen lähdettä vammoja aiheuttavan alueen ulkopuolella, jossa vedenalainen melu on kuitenkin korkea, paine laukaisee välttämisreaktion, jolloin nuoret ja aikuiset kalat pakenevat painetta ja mahdollisesti kärsivät väliaikaisesta kuulonalenemasta. Kalat hyödyntävät Laineen merituulivoima-aluetta kohtalaisesti muihin merialueisiin verrattuna, mutta vain vähän rannikkoalueisiin verrattuna. Ympäröivien alueiden luontotyypit tukevat samojen lajien elämää, useimmissa tapauksissa suuremmalla tiheydellä kuin merituulivoimapuiston alueella. Siksi herkkyys arvioitiinkin pieneksi. (*Niras 2023b,* liite 7)

Paalutusmelun vaikutuksen suuruus ja laajuus arvioitiin kohtalaiseksi negatiiviseksi, koska TTS:n vaikutusetäisyydet ovat suhteellisen pitkiä (jopa 17,9 km). Kaiken kaikkiaan Laineen merituulivoimapuiston hankealueella paalujen asennuksen aiheuttaman vedenalaisen melun seurausten arvioidaan olevan vähäistä kaloille, eikä se vaikuta kalakantoihin lyhyellä eikä pitkällä aikavälillä (liitteen 7 Taulukko 4.2). (*Niras 2023b*)

Kaloihin kohdistuvia vaikutuksia on käsitelty myös luvussa 6.3.

Merinisäkkäät

Mallinnustulokset osoittavat, että jos hylkeet ovat alle 100 metrin ja 200 metrin etäisyydellä paalutuspaikasta, kun paalutus suoritetaan tuplakuplaverhoa (DBBC) vastaavalla melunvaimennusjärjestelmällä ja pehmeällä käynnistys- ja voimistusvaiheella, myös ne voivat altistua edellä

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

mainituilla etäisyyksillä pysyvälle (PTS) ja tilapäiselle (TTS) kuulonalenemalle (Taulukko 15-10). Hyvin lyhyiden vaikutusetäisyyksien vuoksi tilapäisen kuulonaleneman (TTS) riski hylkeille on hyvin rajallinen ja pysyvän kuulonaleneman riski (PTS) lähes olematon. (*Niras 2023b,* liite 7)

Varotoimenpiteenä on oletettu, että hylkeet reagoivat paalutuksesta aiheutuvaan vedenalaiseen meluun samalla etäisyydellä kuin pyöriäiset (7,45 kilometriä tämänhetkisessä mallinnuksessa). Merituulivoimapuiston alueella voi esiintyä sekä norppia että harmaahylkeitä. Lähin norppien tai harmaahylkeiden maallenousualue on kuitenkin yli 20 kilometrin päässä puiston alueelta, eikä aluetta pidetä erityisen tärkeänä ravinnonhankinta-alueena kummallekaan lajille. Tuulivoimapuiston alueella voi esiintyä lisääntyviä norppia ja harmaahylkeitä, mutta niitä on siellä vain keväällä maalis-huhtikuussa, jos jääpeite on riittävä. Perustusten asentamisen ei odoteta olevan mahdollista ajanjaksoina, jolloin alueelle on muodostunut merijäätä ja siten myöskään häiriötä norpille ei aiheudu. (*Niras 2023b,* liite 7)

Riski sille, että hylkeet kärsisivät pysyvästä (PTS) tai tilapäisestä (TTS) kuulonalenemasta, arvioitiin erittäin lyhyiden vaikutusetäisyyksien (alle 200 m) vuoksi olemattomaksi. (*Niras 2023b,* liite 7)

Vedenalaisen melun aiheuttamat käyttäytymisreaktiot voivat vaihdella aktiivisuustason pienistä muutoksista pakoreaktioihin, joissa yksilöt välttävät aluetta kokonaan. Hylkeiden herkkyys käyttäytymisvaikutuksille arvioitiin kohtalaiseksi, koska on odotettavissa, että hylkeet välttelevät vaikutusaluetta jossain määrin. (*Niras 2023b,* liite 7)

Perustusten paalutuksen teoreettinen kesto on noin 5 kuukautta (tehokasta työtä) olettaen, että päivässä asennetaan yhden perustukset ilman taukoja ja paalutusta tehdään 6 tuntia päivässä. Kuten mainittua, perustusten kokonaisasennusaika on kuitenkin yli 5 kuukautta. Väliaikaisen elinympäristön menetyksen kestoa ja käyttäytymisen välttämisreaktioiden pysyvyyttä pidetään kuitenkin molempien lajien tapauksessa lyhytaikaisena, koska hylkeet voivat palata alueelle perustusten asennuksen jälkeen. (*Niras 2023b,* liite 7)

Mallinnuksen perusteella ristikkorakenteisen perustuksen asennus aiheuttaa hylkeille pisimmät vaikutusalueet, ja seuraava hylkeiden arviointi perustuu ristikkorakenteisen perustuksen asennuksen aiheuttamaan meluun. Hylkeiden vaikutusarviointiin käytetyt tulokset on esitetty taulukossa 15-10. Akustisessa mallinnuksessa oletetaan, että läheiset merinisäkkäät siirtyvät poispäin vedenalaisesta melusta paalutuksen aikana, ja uintinopeudeksi oletetaan 1,5 m/s, mikä on todennäköisesti molempien hyljelajien tapauksessa varovainen arvio. (*Niras 2023b,* liite 7)

Taulukko 15-10: Vaikutusetäisyyksien raja-arvot hylkeille, kun käytetään tuplakuplaverhoa (DBBC) ristikkorakenteisille perustuksille 4 kpl 8 metrin pienpaaluilla huonoimmassa kuussa eli toukokuussa (PTS pysyvä kuulonalenema, TTS tilapäinen kuulonalenema).

Sijainti	**Etäisyyden suhde raja-arvoon**			
	PTS (r_{PTS})	TTS (r_{TTS})	Välttämis- ($r_{käytt.}$)	Vaikutusalue (välttämiskäyttäytyminen)
	Hylje	Hylje	Hylkeet	Hylkeet
1	<100 m	<200 m	7,45 km	122 km^2
2	<100 m	<200 m	6,05 km	82 km^2
3	<100 m	<200 m	6,05 km	63 km^2

Paalutusmelun vaikutuksen suuruus ja laajuus arvioitiin pieneksi negatiiviseksi, koska vaikutusetäisyydet ovat suhteellisen lyhyitä ja koska vaikutusalue ei ole tärkeä ravinnonhankinta-alue norpille tai harmaahylkeille. Vaikutusalue on suhteellisen pieni osa niiden asuinalueesta, ja vaikutukset siihen väliaikaisia. Näin käyttäytymisen välttämisreaktioiden todennäköisyys on pieni.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kaiken kaikkiaan Laineen merituulivoimapuiston hankealueella paaluajon aiheuttaman vedenalaisen melun seurausten arvioitiin olevan vähäistä hylkeille, eikä se vaikuta hyljekantoihin lyhyellä eikä pitkällä aikavälillä (liitteen 7 Taulukko 4.3). (*Niras 2023b*)

Tuulivoimapuiston rakentamisen ja operatiivisen kunnossapidon aikana Laineen merituulivoimapuiston hankealueella ja sen läheisyydessä on odotettavissa sekä pienten että suurten alusten laivaliikenteen kasvua. Vedenalaisen melun leviäminen ympäröivään veteen riippuu vedenalaisen melun taajuudesta, ympäröivästä ympäristöstä (esim. lämpötila, suolapitoisuus ja syvyys) ja muista tekijöistä, kuten käyttönopeudesta, aluksen koosta, lastista jne. (*Niras 2023b,* liite 7)

Merinisäkkäisiin kohdistuvia vaikutuksia on käsitelty myös luvussa 5.3.

15.3.1.2 Energiansiirtoreitit, sähköasemat, vedyn tuotanto

Energiansiirtoreitit

Merikaapelin ja/tai vetyputkireitin rakentamisen aikana melua syntyy merialueella putkenlaskuun soveltuvien alusten melusta, joka on luonteeltaan etenevää merialusten ääntä, missä päämelulähteitä ovat pääkoneet, putkenlaskun laitteet, generaattorit, ilmanotto ja ilmastointi, potkurin aiheuttama kavitaatio- ja värähtelymelu veden alla sekä aluksen liikkeen hydrodynaaminen melu veden alla. Melu johtuu veteen joko ilman tai pohjarakenteiden värähtelyiden kautta.

Vetyputken ja merikaapelien rantautumiskohdassa melua voi aiheutua kallionporauksesta sekä maan- tai rantautumisalueen merenpohjan kaivuutöistä. Laineen merituulivoimahankkeessa vetyputken suunniteltu yksi rantautumisalue on kuitenkin Alhoman tehdasalueella Pietarsaaressa, jossa rakentamisen aikainen melu sekoittuu teollisuusalueen muuhun meluun.

Vedyn tuotanto

Vedyn tuotannon rakentamisen ajan melu riippuu tuotantotavan valinnasta (erilliset keskitetyt asemat vai hajautetusti tuulivoimalan alaosassa) sekä valittavasta perustusvaihtoehdosta. Erillisen aseman rakentamisen ajan meluvaikutus voi kohdistua pääasiassa veden alle aseman perustustavan mukaan. Suurin meluvaikutus voi syntyä, jos perustus tehdään merenpohjaan iskettävien paalujen avulla. Tällöin paalutuksen vedenalaisen melun vaikutus voi vastata tuulivoimalan perustuspaalutuksen melua, jolloin siihen on todennäköisesti kohdistettava myös melun lievennystoimia. Ristikkoperustuksella vaikutus voi olla vähäisempi tai samansuuruinen, mutta pienemmällä määrällä lievennystoimia. Rakentamisen aikana vedenpäällinen melu on vähäisempää kuin vedenalainen melu johtuen puiston alueen suuresta etäisyydestä rannikolle, joka todennäköisesti vaimentaa meluvaikutuksia merkittävästi ennen altistuvia asuin- ja loma-asuinkohteita. Koska rakentamisen ajan melussa on aina jonkin verran impulssimaisuutta, voi se kantautua pidemmälle kuin tasainen toiminnan aikana syntyvä melu.

Sähköasemat

Erillisen merelle asennettavan sähköaseman rakentamisen ajan meluvaikutus voi kohdistua pääasiassa veden alle aseman perustustavan mukaan. Suurin meluvaikutus voi syntyä, jos perustus tehdään merenpohjaan iskettävien paalujen avulla. Tällöin paalutuksen vedenalaisen melun vaikutus voi vastata tuulivoimalan perustuspaalutuksen melua, jolloin siihen on todennäköisesti kohdistettava myös vaimennustoimia. Ristikkoperustuksella vaikutus voi olla vähäisempi tai samansuuruinen, mutta pienemmällä määrällä lievennystoimia. Rakentamisen aikana vedenpäällinen melu on vähäisempää kuin vedenalainen melu johtuen puiston alueen suuresta etäisyydestä rannikolle, joka todennäköisesti vaimentaa meluvaikutuksia merkittävästi ennen altistuvia asuin- ja loma-asuinkohteita. Koska rakentamisen ajan melussa on aina jonkin verran impulssimaisuutta, voi se kantautua pidemmälle kuin tasainen toiminnan aikana syntyvä melu.

15.3.1.3 Räjäytysten aiheuttama vedenalainen melu ja tärinä

Tuulivoimapuiston ja energiansiirron rakentamiseen liittyy mahdollisesti vedenalaisia louhintoja ja räjäytyksiä, joista voi aiheutua tärinää maa- ja kallioperän kautta vesiympäristöön.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Räjäytyksissä syntyvän tärinän suuruuteen vaikuttaa eniten momentaaninen (täysin samanaikaisesti räjähtävä) räjähdysainemäärä. Lisäksi syntyvään tärinään vaikuttavat erilaiset räjäytystekniset seikat, kuten räjähdysaineen laatu, porauksen ja sytytyksen suuntaus, niin sanotun etutäytteen käyttö ja sytytysjärjestelmän valinta. Tärinän suuruuteen vaikuttavat merkittävästi myös kallion ja maaperän rakenne, niiden kosteus ja lämpötila sekä topografia. Kovassa maapohjassa (esimerkiksi kiinteä kallio ja moreeni) tärinä vaimenee nopeasti.

Räjäytyksessä kallioon syntyy jännitysaalto, joka aiheuttaa tärinää. Tärinä voidaan kuvata sen heilahdusnopeuden (mm/s) ja taajuuden (Hz) avulla. Lähellä louhintaräjäytyspaikkaa tärinän heilahdusnopeus voi olosuhteista riippuen nousta yli tason 100 mm/s. Kauempana olevissa kohteissa tärinä jää usein kymmenesosaan tästä, sillä jännitysaalto menettää energiaansa etäisyyden kasvaessa. Tärinän taajuus lähietäisyyksillä on noin 50–220 Hz, mutta pienenee etäisyyden kasvaessa.

Yleisesti tärinä voi olla rakenteita ja herkkiä laitteita vaurioittavaa sekä ihmisiä ja eläimiä häiritsevää. Rakennusten rakennevaurioiden synty ei johdu pelkästään tärinän voimakkuudesta, vaan myös rakenteen oma paino, kunto sekä muut ominaisuudet ja rasitukset vaikuttavat rakenteen tärinänkestoon. Tärinälle herkkiä laitteita ovat esimerkiksi tietokoneet, mikroskoopit ja mittalaitteet, joihin tärinä voi aiheuttaa vaurioita tai rikkoutumisia. Käytännössä riski rakenteiden ja laitteiden vaurioitumiselle louhintatärinän seurauksena on noin 50–100 metriä suoraan louhinnasta mitattuna. Ihminen kokee tärinän yksilöllisesti. Yhdysvaltalaisen Bureau of Mines -tutkimuslaitoksen mukaan ihminen havaitsee tärinän, kun sen heilahdusnopeus on 2–10 mm/s. Heilahdusnopeudeltaan yli 20 mm/s tärinä koetaan usein häiritsevänä.

Yleisesti tärinä voi olla ulkomerialueella eläimiä häiritsevää. Louhintaräjäytyksistä aiheutuva tärinävaikutus on luonteeltaan lyhytaikaista. Räjäytyksen aiheuttama tärinä kestää yleensä joitakin sekunteja kerrallaan. Tärinä on havaittavaa yleensä korkeintaan 500 metrin etäisyydellä räjäytyspaikasta, kun räjäytykset tehdään hallitusti. Energiansiirtoreitit sijoittuvat paikoin lähemmäksi kuin 500 metriä lähimpien häiriintyvien kohteiden eli asutuksen kannalta. Jos näissä sijainneissa on tarvetta suorittaa louhintaa, tärinävaikutuksia räjäytysteknisesti rajoitetaan siten, että aiheutettu tärinä ei ole asuinviihtyvyyttä häiritsevää eikä rakenteita rikkovaa. Yksittäisen kohteen kannalta rakentamisen aikajänne on kuitenkin rajallinen ja siten vaikutukset jäävät kokonaisuudessaan vähäisiksi. Merituulivoimapuiston alue sijoittuu hyvin etäälle lähimpien häiriintyvien kohteiden, kuten asuntojen kannalta. Melun ja tärinän vaikutuksia eläimistöön ja kalastoon on arvioitu luvuissa 5.3 ja 6.3.

15.3.1.4 Ruoppaaminen ja sedimenttien läjitys

Kuten kaikkien vedenalaisten äänilähteiden kohdalla, ruoppaustoiminnan lähdetaso vaihtelee ja siihen voivat vaikuttaa monet tekijät, kuten ruopattava sedimenttityyppi, veden syvyys, meriveden suolapitoisuus ja vuodenaikojen ilmiöt, kuten lämpötilakerrostuneisuus (termokliinin esiintyminen) (*Robinson ym. 2014, Jensen ym. 2000*). Nämä tekijät vaikuttavat myös ruoppaustoiminnasta peräisin olevan äänen etenemiseen ja vaikuttavat jo olemassa olevan ympäristön äänen ohella etäisyyteen, jolla ruoppaajan äänet voidaan havaita (*Jensen ym. 2000, Reine ym. 2014*). Erityyppiset ruoppaajat emittoivat myös erilaisia äänitasoja, jotka vaihtelevat edelleen riippuen suoritettavasta toiminnasta (*Reine ym. 2014, Reine ym. 2012*).

Ruoppaaminen aiheuttaa jatkuvaa laajakaistaista melua ja äänenpainetaso on samaa luokkaa yleisen laivaliikenteen kanssa. Suurin osa äänienergiasta on matalilla, alle 500 Hz taajuuksilla. Ruoppaamisesta syntyvä melupäästö vaihtelee 160 ja 180 dB:n (re 1µPA) välillä metrin etäisyydellä äänilähteestä (*Meriläinen & Lindfors 2018*).

15.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset

Tuulivoimaloiden toimintaan liittyvät meluvaikutukset muodostuvat aerodynaamisesta ja mekaanisesta melusta, jotka ovat tässä arvioinnissa käsitellyistä melutasoista kaikkein matalimmat. Muista merituulipuistoista tehdyissä tutkimuksissa on todettu, että useiden toiminnassa olevien

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

tuulivoimaloiden aiheuttama kumulatiivinen melutaso on selvästi alle ympäristön melutason alueilla, joilla alusten aiheuttama melutaso on korkea ja tuulennopeus on suuri (*Niras 2023b,* liite 7). Näin arvioitiin olevan myös Laineen merituulivoimapuiston alueella. Tuulivoimaloiden melun luonteen ja voimakkuuden vuoksi on todennäköistä, että ääniherkät pelagiset kalat, kuten kilohaili ja silakka, havaitsevat sen. Siitä ei ole kuitenkaan viitteitä, että nämä kalat reagoisivat käyttämisellään ja pakenisivat tai siirtyisivät muualle. Tästä johtuen toiminnan aikaisesta melusta arvioitiin aiheutuvan alueen kaloille ja hylkeille merkitykseltään enintään vähäisiä vaikutuksia.

Hankkeessa ei ole tehty erillistä toiminnan aikaisen vedenalaisen melun mallinnusta. Kuten edellä kuvattu, kumulatiivisen ympäristömelun taso ylittää tuulivoimaloista aiheutuvan melutason. Toiminnan aikaisen melun ei ole arvioitu vaikuttavan kalojen tai hylkeiden käyttäytymiseen voimaloiden vieressä, jossa melutasot ovat korkeimmillaan. Toiminnan aikaisen melun mallinnus ei ole vakiintunut tapa, esimerkiksi naapurimaissa, kuten Tanskassa tai Ruotsissa, ja mallinnuksia tehdään joskus yksittäistapauksissa kohdistuen tiettyihin hankekohtaisiin herkkiin kohteisiin tai vaikutuksiin. Vedenalaisen melun mallinnus toiminnan aikaiselle melulle tulisi tehdä kohdekohtaisesti (esimerkiksi tiettyyn lajiin keskittyen), sillä eri lajien ja kohteiden herkkyys melulle vaihtelee esimerkiksi taajuuden osalta ja täten yleismallinnus ei tuota tällaista tietoa. Mikäli hankkeessa todetaan tarve toiminnan aikaiselle mallinnukselle, esimerkiksi tietyn kohteen suhteen, tai tarkemmalle tarkastelulle, voidaan se toteuttaa tarvittaessa hankkeen jatkoluvituksessa.

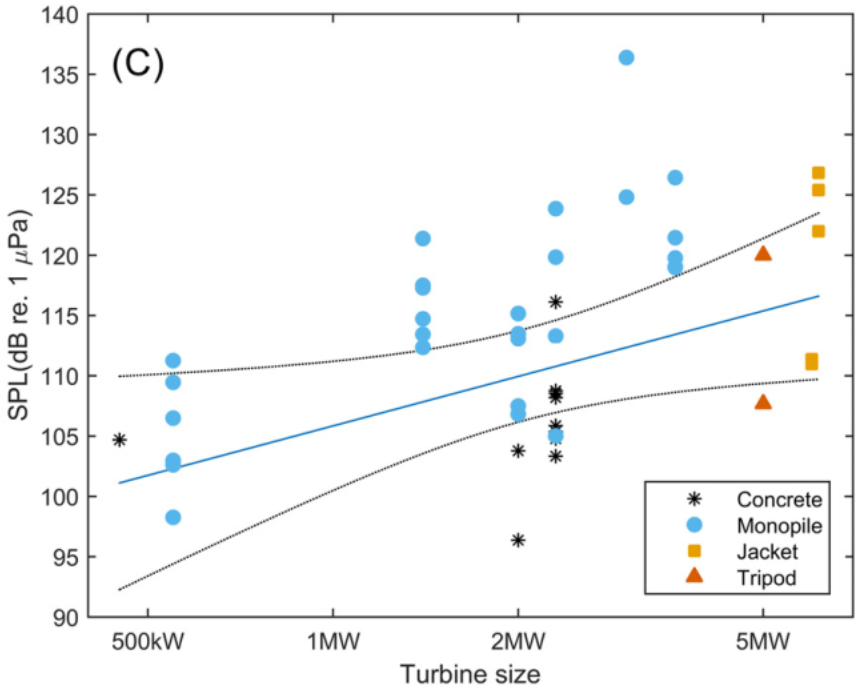
15.3.2.1 Merituulivoimapuisto, vedenalaiset vaikutukset

Voimalan toiminnanaikaiset vedenalaiset vaikutukset koostuvat tuulivoimalan siipien ja koneiston käyntiäänistä, jotka välittyvät tornia ja perustusta pitkin veden alle. Koneistoon kuuluvat generaattori, mahdollinen vaihteisto, sähkölaitteet, ilmastointi/jäähdytyslaiteet sekä muut tornin ja siipien asentosäätöön osallistuvat moottorit.

Voimalan rungon kautta välittyvä tuulivoimamelun runkomelu on tasoltaan alhaista ja vastaa usein esimerkiksi laivaliikenteen vedenalaista melutasoa usean sadan metrin päässä laivaväylästä. Voimalan perustusmalli vaikuttaa kuitenkin merkittävästi runkoäänen välittymiseen veden alle riippuen perustusrakenteesta. Näistä painovoimaperustus aiheuttaa vähiten runkomelua, koska runkoääntä välittävän runkoputken osuus on vaihtoehdoista tyypillisesti vähäisin. Äänessä voi kuitenkin esiintyä paikoin merkityksellistä kapeakaistasuutta riippuen tuulivoimamallista sekä säätilasta, joka voi kasvattaa osaltaan vedenalaisen melun vaikutuksia. Lisäksi runkoäänen taajuus on usein alle 1000 Hz:n taajuudella (*Tougaard ym. 2020*).

Eräässä tutkimushankkeessa toiminnan aikaista vedenalaista tuulivoimamelua mitattiin 14 eri merituulivoimapuistoissa, joissa käytettiin erilaisia perustustapoja ja pääsääntöisesti äänitaso oli noin 10–20 dB alle laivaliikenteen tason samalla etäisyydellä (*Tougaard ym. 2020*). Melussa havaittiin kapeakaistaisuutta taajuuksilla 14 Hz – 400 Hz, missä tyypillinen hallitseva taajuus oli alle 200 Hz:n taajuudella. Mitatut voimalat olivat kooltaan kuitenkin alle 7 MW:n tehotasolla (200 kW – 6,15 MW) ja iältään vanhempia, jolloin tulokset eivät ole täysin vertailukelpoisia isompien ja uudemman sukupolven voimaloiden kanssa. Mitatuista tiedoista oli mahdollista tehdä karkea lineaarinen korrelaatio äänitasosta 100 metrin päässä, ks. Kuva 15-6 (*Tougaard ym. 2020*).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 15-6. Kuvassa esitetty sovitettu regressiokäyrä (sininen) ja vaihteluvälit (mustat viivat) äänitason mittaustuloksista, jotka on normalisoitu 100 m päähän voimalasta. Musta on painovoimaperustus, sininen on paaluperustus, keltainen on ristikkorakenteinen (neljä jalkaa) ja oranssi kolmijalkainen ristikkorakenteinen perustus. (Tougaard ym. 2020).

Yllä olevan kuvan yleisen regressiokäyrän (sininen) perusteella voidaan karkeasti arvioida, että äänitasoltaan 100 metrin päässä noin 25 MW:n voimalan äänitaso käyttöaikana voisi olla tasolla 155–160 dB (re 1µPa) voimalan nimellisteholla, joka on samalla tasolla aktiivisen laivaväylien melutason kanssa noin 300–500 metrin etäisyydellä laivan kulkiessa havaintopaikan ohi. Kyseessä on kuitenkin vasta yhden voimalan hyvin karkeasti arvioitu äänitaso, jolloin kumuloituva äänitaso muodostuu koko tuulivoimapuiston kaikista voimaloista. Asteikko sisältää kuitenkin merkittäviä epävarmuuksia, sillä voimalakoon kasvu ei välttämättä korreloi lineaarisesti turbiinikoon kasvun kanssa vaan voi noudattaa myös asteikon alempaa regressiokäyrää.

Tuulivoimapuiston rakentamisen ja operatiivisen kunnossapidon aikana Laineen merituulivoimapuiston hankealueella ja sen läheisyydessä on odotettavissa sekä pienten että suurten alusten laivaliikenteen kasvua. Vedenalaisen melun leviäminen ympäröivään veteen riippuu vedenalaisen melun taajuudesta, ympäröivästä ympäristöstä (esim. lämpötila, suolapitoisuus ja syvyys) ja muista tekijöistä, kuten käyttönopeudesta, aluksen koosta, lastista jne. Alueella odotetaan käytettävän sekä pieniä ja nopeita veneitä että suurempia, hitaammin liikkuvia aluksia.

Tuulivoimapuiston alueella on jo nykyisellään laivaliikennettä, ja alue sijaitsee Pohjanlahden ja Merenkurkun pääväylien välittömässä läheisyydessä tai osuu niille. Siksi Laineen hankkeen alueella odotetaan kuuluvan pääasiassa matalataajuuksista laivamelua. BIAS-hankkeesta saatujen tietojen perusteella 500 Hz:n taajuusalueella mitatun vedenalaisen melutason arvioitiin olevan yli 85–95 dB re 1uPa tuulivoimapuiston alueen keskeisissä osissa (50 % ajasta), erityisesti talvikaudella, jolloin äänellä on taipumus kulkea pidemmälle kuin kesäkaudella. (*Niras 2023b,* liite 7)

Laineen merituulivoimapuisto rajautuu Pohjanlahden päälaivaliikenneväyliin ja on päällekkäinen niiden kanssa. Aluetta hallitsee siis jo nyt vedenalaista melua aiheuttava alusliikenne, ja alueella olevat kalat ovat todennäköisesti jo mukautuneet tiettyyn määrään vedenalaista melua. Laineen tuulivoimapuiston alue on vähäkalainen ja kalat käyttävät sitä suhteellisen vähän, ja sekä pelagisten että pohjakalojen herkkyys laivaliikenteestä aiheutuvalle vedenalaiselle melulle on pieni.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kaiken kaikkiaan laivoista aiheutuvan vedenalaisen melun seurausten arvioitiin olevan vähäisiä kalojen osalta, eikä melu vaikuta kantoihin lyhyellä tai pitkällä aikavälillä. (*Niras 2023b,* liite 7)

Suurin vaikutus laivamelulla on todennäköisesti hylkeisiin ja niiden käyttäytymiseen. Se voi esimerkiksi aiheuttaa muutoksia niiden ravinnonhankintamallissa alusten läheisyydessä. Hylkeiden herkkyys laivamelulle arvioitiin tässä kuitenkin pieneksi, koska vaikutus käyttäytymiseen on rajallinen ja hyvin lyhytkestoinen. Aluetta ei ole arvioitu tärkeäksi ravinnonhankinta-alueeksi norpille tai harmaahylkeille, ja välttämisreaktiota odotetaan vain alusten välittömässä läheisyydessä. Kaiken kaikkiaan laivoista aiheutuvan vedenalaisen melun seuraukset hylkeille Laineen merituulivoimapuiston hankealueella arvioitiin vähäisiksi, eikä melu vaikuta kantoihin lyhyellä tai pitkällä aikavälillä. (*Niras 2023b,* liite 7)

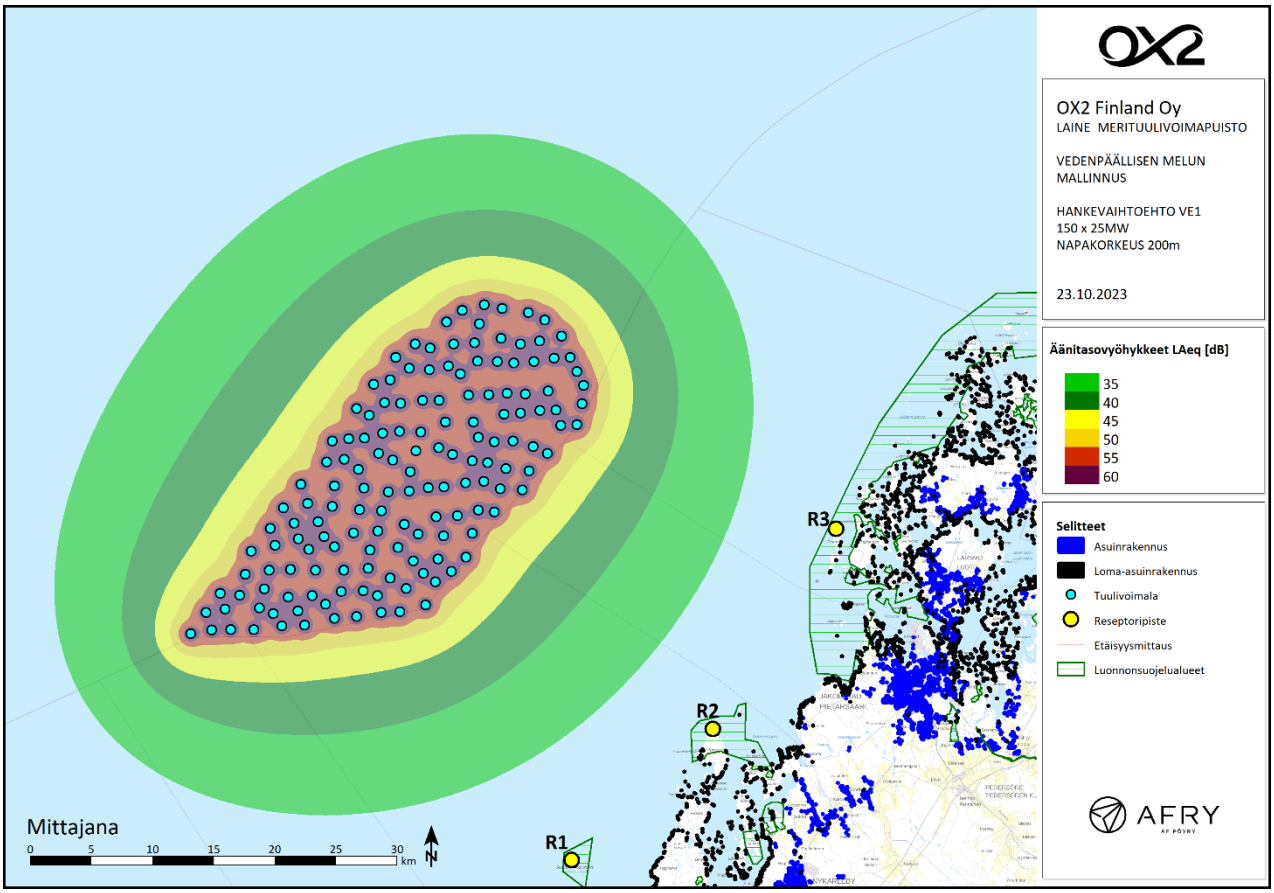
Tuulivoimaloilla saattaa olla perustamistavasta ja laitostyypistä riippuen myös tuulivoimaloiden rungon kautta merenpohjaan aiheutuvia tärinävaikutuksia. Merenpohjassa tärinävaikutukset vaimenevat voimaloiden välittömässä läheisyydessä. Tärinällä ei ole vaikutusta lähimpien häiriintyvien kohteiden kannalta.

15.3.2.2 Merituulivoimapuisto, vedenpäälliset meluvaikutukset

Toiminnan aikainen vedenpäällisen melun leviäminen Laineen VE1 ja VE2 voimaloista on esitetty oheisissa melukartoissa (Kuva 15-7 ja Kuva 15-8). Pientaajuisen melun laskentatulokset lähimmille altistuville kohteille on esitetty kaaviokuvan avulla seuraavassa kappaleessa.

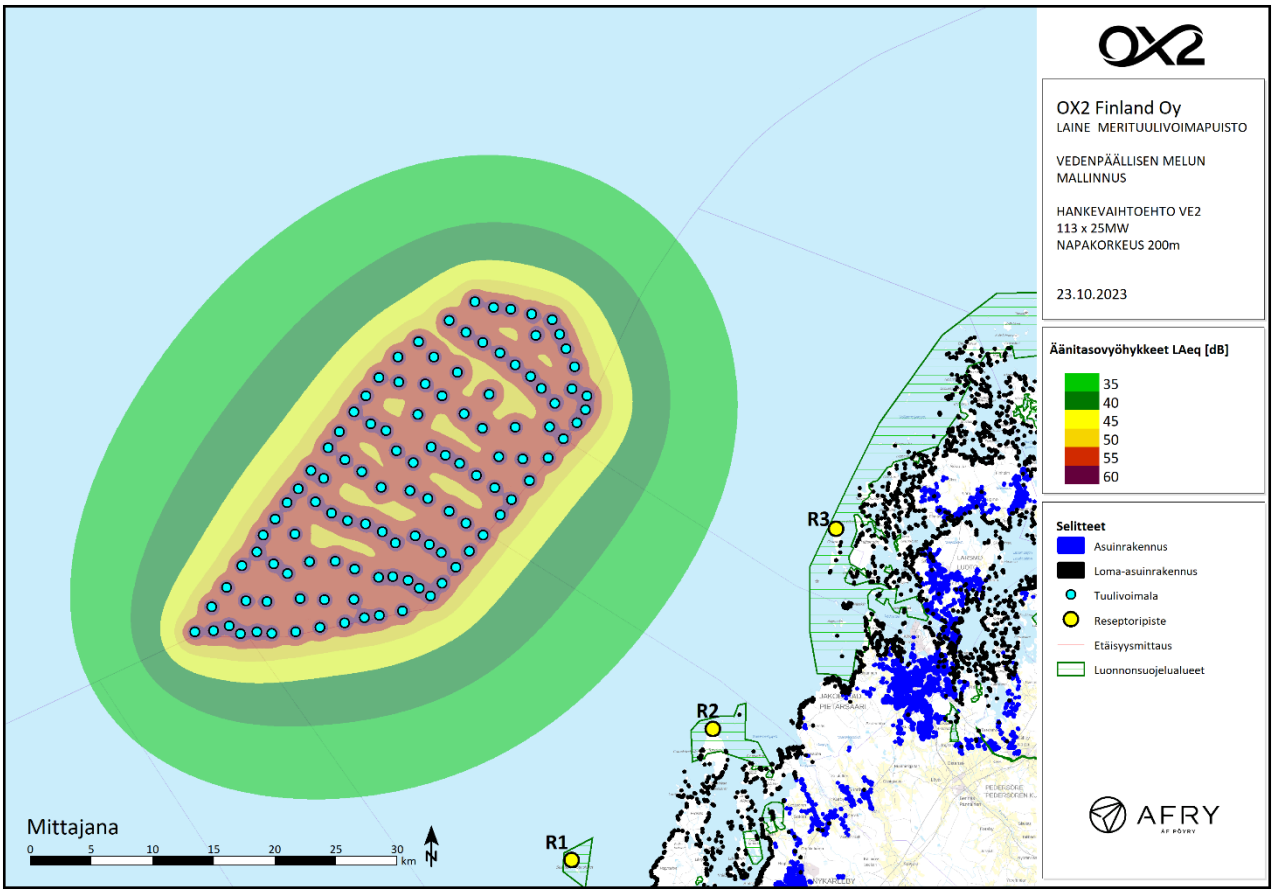
Melumallinnuksen LAeq keskiäänitason tulokset on laskettu 35 dB:n vyöhykkeelle asti. Alla olevassa kuvassa on esitetty melun VE1 leviämiskartta keskiäänitasolla LAeq meluvyöhykkeineen. Meluvyöhykkeet on esitetty 5 dB:n välein siten, että tummanvihreän alueen raja vastaa LAeq 40 dB:n tasoa ja vaaleankeltaisen alueen raja 45 dB:n tasoa.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 15-7. Vedenpäällisen melun leviämismallinnuskartta, 150 voimalaa, VE1.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 15-8. Vedenpäällisen melun leviämismallinnuskartta, 113 voimalaa, VE2.

Edellä olevien melun leviämiskarttojen lisäksi oheisessa taulukossa on esitetty maa-alueilla sijaitsevien lähimpien altistuvien kohteiden reseptoripistetulokset (Taulukko 15-11). Reseptoripisteiden sijainnit on esitetty edellä olevissa kartoissa. Valitut kohteet ovat merkitty loma-asuinrakennuksiksi Maanmittauslaitoksen kartta-aineistossa.

Taulukko 15-11. Maan- ja vedenpäällisen melulaskennan tulokset kolmessa eri reseptoripisteessä

Reseptori-piste	X	Y	Korkeus [m]	LAeq VE1 [dB]	LAeq VE2 [dB]
R1	259427,2	7053285,7	4	30	29
R2	270961,7	7064005,7	4	31	30
R3	281048,9	7080377,3	4	30	29

Ulkomelun leviämislaskentojen perusteella tuulivoimamelun yöajan ohjearvoa 40 dB ei ylitetä huolimatta varsin konservatiivisista voimaloiden äänipäästöarvoista. Vaikutuksiltaan VE2 on noin 1 dB pienempi kuin VE1. Tulokset edustavat puhdasta tuulivoimamelun osuutta, eivätkä sisällä äänen

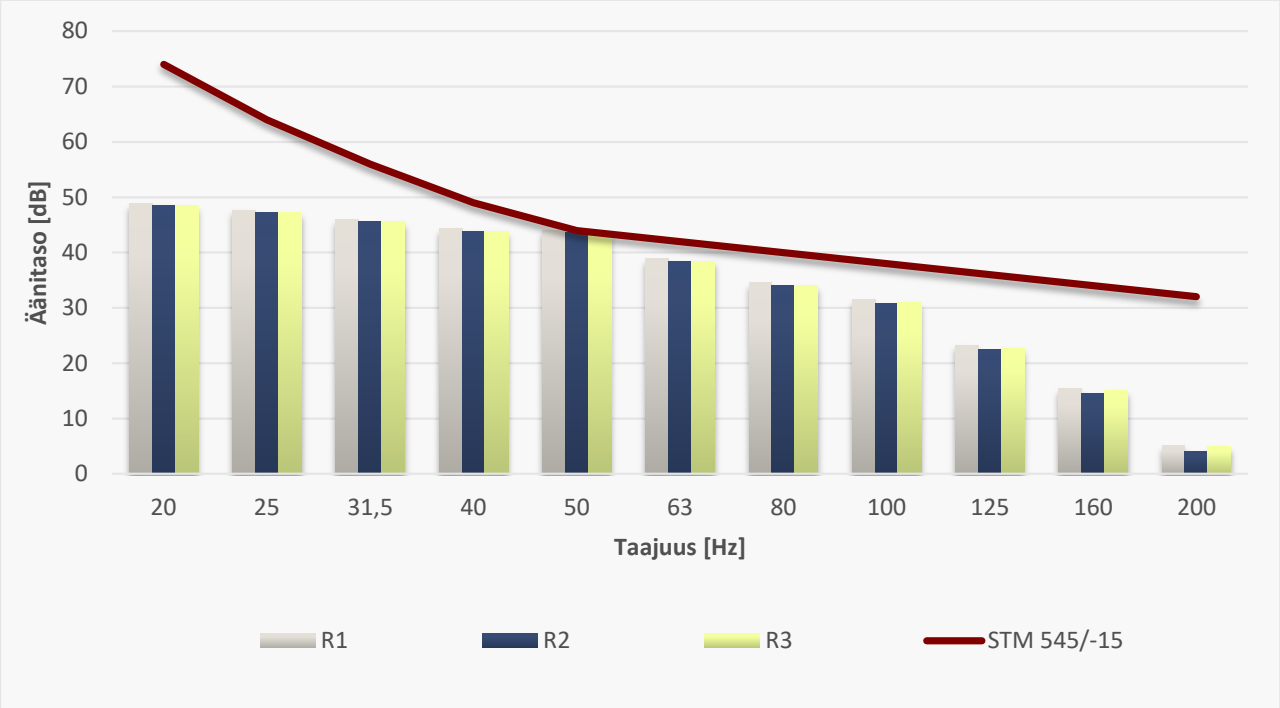
Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

peittovaikutusta lisäävää taustakohinaa, joka on läsnä etenkin rannikkoalueiden ulapan puoleisella rannalla, missä sijaitsevat myös valitut lähimmät reseptoripisteet.

Tuulikohina esimerkiksi puustossa on taajuuskaistaltaan laajakaistaista ja tuulensuunnasta, puulajeista, vuodenajasta ja tuulennopeudesta riippuva. Puustokohinan äänitaso mittauskorkeudella 1,5 metriä voi nousta kuitenkin tuulennopeuden mukaan kokemusperäisesti jopa yli 60 dB:n tasolle (*Halstead & Tam 2019*). Vastaavasti aallokon ääni ilmassa voi aallon murtuessa tuottaa yli 75 dB:n äänitasoja lähietäisyydellä riippuen voimakkaasti aallon ja kohtaavan maanpinnan koosta ja muodosta (*Bolin 2012*).

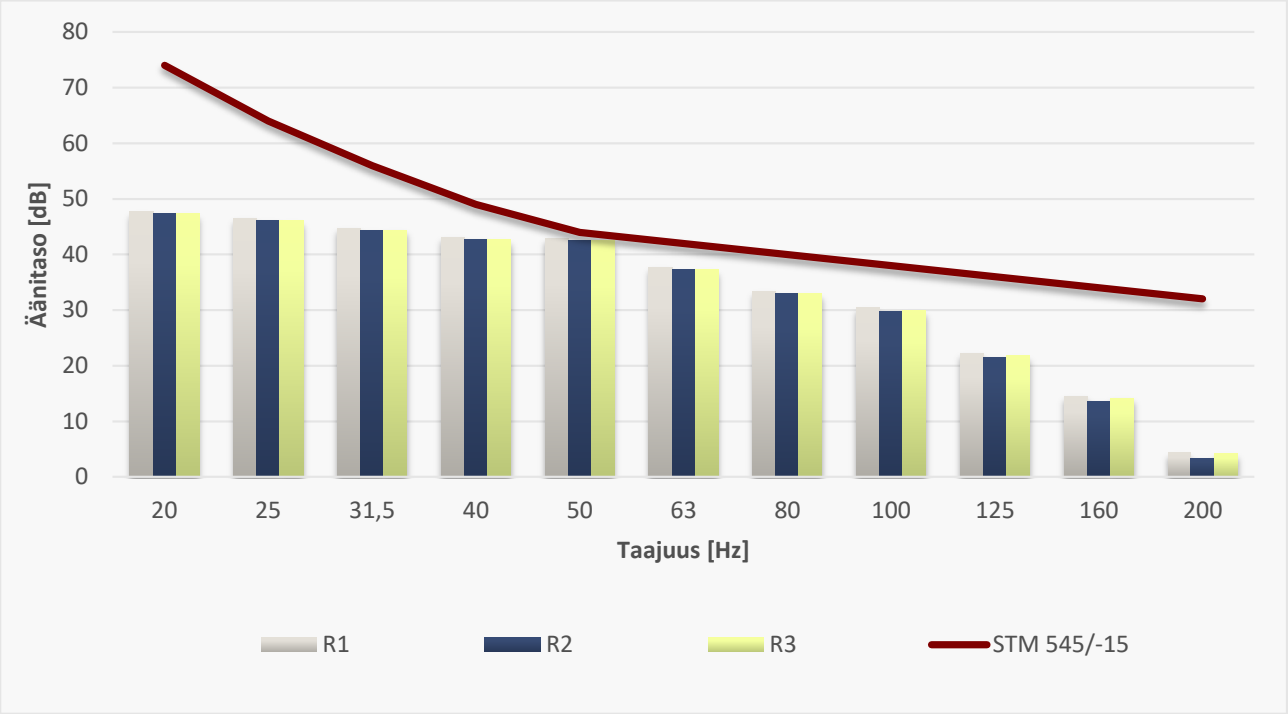
15.3.2.3 Pienitaajuisen melun mallinnustulokset

Tuulivoimalaitosten pienitaajuinen melu laskettiin käyttäen painottamattomia ääniteho-tason 1/3 oktaavikaistatietoja taajuusvälillä 20-200Hz. Laskenta suoritettiin YM ohjeen laskentaohjeen mukaisesti käyttäen suomalaistutkimuksen antamia pientalojen julkisivurakenteiden äänitasoeron estimaattiarvoja DL84% ja DL90%, jotka ovat aiempaa DSO 1284 ohjetta alhaisempia (*Keränen ym. 2017 & 2019*).



Kuva 15-9. Pienitaajuisen melun laskentatulokset lähimmissä reseptoripisteissä R1-R3, VE1.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 15-10. Pienitaajuisen melun laskentatulokset lähimmissä reseptoripisteissä R1-R3, VE2

Laskennan mukaan sisätilan toimenpiderajat ovat VE1:ssä toimenpiderajalla taajuudella 50 Hz reseptoripisteessä R1 ja alittuvat kaikissa muissa reseptoripisteissä sekä VE1:ssä että VE2:ssa taajuudella 50 Hz. On syytä korostaa, että laskenta on suoritettu käyttäen konservatiivisia äänipäästöarvoja, taajuusjakaumaa sekä reseptoripisteissä alhaista rakennusten ääneneristävyyttä.

15.3.2.4 Merikaapeli, vedyn tuotanto ja vetyputkireitit

Vedyn tuotantolaitos merellä aiheuttaa paikallista melua etenkin pumppujen ja puhaltimien vuoksi. Koska tuotantolaitos sijaitsee avomerellä kaukana rannikon tai esim. Luodon loma-asuinrakennuksista, kohdistuu meluvaikutus vain avomerialueelle tuotantolaitoksen ympärille ja melu on luonteeltaan tasaista teollisuusmelua.

Merikaapelit eivät aiheuta käytönaikaista vedenalaista melua, ja vetyputken virtausmelu on tasaista ja tasoltaan matalaa, jolla voi olla vain vähäisiä negatiivisia vedenalaisen melun vaikutuksia.

15.3.2.5 Sähköasemat

Avomerellä tuulivoimapuiston luona sijaitseva erillinen sähköasema aiheuttaa paikallista, tyypillisesti hieman kapeakaistasta melua, jossa pääosa äänienergiasta on verkkotaajuuden mukaisella kapealla taajuusvälillä ja sen kerrannaisilla. Koska asema sijaitsee avomerellä kaukana rannikon tai esim. Luodon loma-asuinrakennuksista, kohdistuu meluvaikutus vain avomerialueelle aseman ympärille ja melu on luonteeltaan tasaista teollisuusmelua.

15.3.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset

Toiminnan jälkeen tuulivoimalat puretaan, jolloin syntyy jonkin verran vedenpäällistä paikallista melua purkaustöiden sekä purkualusten toiminnasta. Maanpäällinen melu rannikolla on tällöin pääasiassa raskaiden ajoneuvojen tieliikennemelua. Tieliikennemelun taso muodostuu ajettavien kuormien liikennetiheydestä, reitistä ja ajonopeuksista. Kuljetusten aiheuttama keskiäänitaso on arviolta samaa luokkaa tai pienempi kuin rakentamisvaiheen aikana ja voi vaihdella eri työvaiheiden aikana merkittävästi.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Purkamistöiden aiheuttama vedenalainen melu voi koostua etenkin perustusten poistamisesta, johon voi kuulua materiaalien leikkausta ja pohjaruoppausta, sekä osien siirron laivaliikenteen vedenalaista melua. Vedenalaisen melun määrään vaikuttavat paljolti toteutettu perustustyyppi sekä valitut purkamismenettelyt. Perustusten vedenalainen leikkaaminen voi tapauskohtaisesti olla toimintana äänekästä ja siten aiheuttaa meluhaittoja kaloille ja vesinisäkkäille (*Topham & McMillan 2017*). Tällöin on tapauskohtaisesti tarkasteltava purkamisessa syntyvää meluhaittaa sekä meluntorjuntakeinoja pahimman häiriövaikutuksen välttämiseksi.

15.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

Meluvaikutusten kasvua tai vähenemistä ei tapahdu hankkeen toteuttamatta jättämisen vuoksi.

15.4 Yhteisvaikutukset

Yhteisvaikutusten arviointi perustuu hankkeen vaikutusarviointiin sekä muihin paikallisiin tai alueellisiin hankkeisiin tai suunnitelmiin, jotka voivat vaikuttaa kumulatiivisiin ympäristövaikutuksiin. Yhteisvaikutuksia syntyy, kun useat samalle alueelle suunnitellut hankkeet vaikuttavat samaan aikaan samoihin ympäristövastaanottajiin. Tässä on jaettu yhteisvaikutukset vedenpäällisiin ja vedenalaisiin yhteisvaikutuksiin.

15.4.1 Vedenpäällisen melun ja tärinän yhteisvaikutukset

Vedenpäällisen melun ja tärinän yhteisvaikutukset muiden, Laineen kanssa arviolta samassa hankekehitysvaiheessa olevien merituulivoimapuistojen osalta arvioitiin tässä hyvin vähäisiksi, sillä viereinen hanke, Ruotsin talousvyöhykkeellä sijaitseva Kappa, on Laineen merituulivoimapuiston läheisyydessä noin kilometrin päässä ja siten kaukana rannikolta. Viimeisimmän tiedon mukaan Kappan hankealuetta on muutettu siten, että se on osittain kiinni talousvyöhykkeen rajassa, ollen nyt noin 100 metrin etäisyydellä Laineen hankealueesta *(Statkraft Offshore Wind AB 2024*), mutta muutos ei vaikuta vaikutusten arviointiin. Keskiäänitason muutos Suomen puolella on todennäköisesti olematon ja pienitaajuisen melun muutos vähäinen, sillä jo Laineen pienitaajuisen melun laskenta osoittaa, että kauimmaisten voimaloiden vaikutus on noin 15–30 dB alhaisempi kuin pienitaajuisen melun tulokset hankevaihtoehdoissa VE1 ja VE2.

15.4.2 Vedenalaisen melun ja tärinän yhteisvaikutukset

Laineen merituulivoimapuiston tapauksessa vedenalaisen melun ja tärinän kumulatiivisia vaikutuksia voi syntyä, jos samaan aikaan rakennetaan muita tuulivoimapuistoja tai muita hankkeita, jotka aiheuttavat samantyyppisiä vaikutuksia. Arviointi perustuu luvan saaneisiin hankkeisiin sekä suunnitteluvaiheessa oleviin hankkeisiin ja merituulivoimapuistojen samanaikaiseen rakentamiseen. Suhteellisen lähelle Laineen merituulivoimapuiston kehitysaluetta on suunnitteilla yksi merituulivoimapuisto (Kappa). Alustavien aikatauluarvioiden perusteella Laineen voimaloiden perustuksiin liittyvä rakentaminen tapahtuisi vuosina 2029–2030 ja Kappan rakentaminen alkaisi vuonna 2031. Näin ollen hankkeiden yhteisenä rakentamisvuonna 2031 ei perutuksia paalutettaisi kahdella hankealueella samaan aikaan. Laineen ja Kappan merituulivoimapuistojen kumulatiivisten meluvaikutusten odotetaan siksi olevan olemattomia.

Hankkeilla voi kuitenkin olla käytönaikaisia yhteisvaikutuksia itse tuulivoimapuistojen alueilla riippuen toteutettavasta voimalakoosta sekä hankkeiden voimalamääristä. Yhteisvaikutukset voivat olla arviolta samalla tasolla tai vähäisempiä kuin Laineen hankkeen omat käytönajan vaikutukset.

15.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys

Vaikutusten merkittävyys ja vaihtoehtojen vertailu tehtiin rakentamisajalle sekä käytönajalle erikseen. Nämä jaettiin vielä veden- ja maanpäällisiin sekä vedenalaisiin meluvaikutuksiin näiden erilaisten vaikutuskohteiden vuoksi. Vedyn tuotannon meluvaikutuksia on lisäksi arvioitu tuotantolaitosten ollessa joko voimaloiden yhteydessä tai erillislaitoksina.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

15.5.1 Rakentamisajan meluvaikutusten vertailu ja merkittävyys

Satama-alueilla lisääntyneen komponenttikuljetusten ja laivaliikenteen sekä muun rakentamistoiminnan **veden- ja maanpäällisen meluvaikutuksen** muutoksen suuruus arvioitiin tässä vähäiseksi ja herkkyys kohtalaiseksi (kohde loma-asuinrakennukset). Vaikutusten kokonaismerkittävyys on siten vähäinen, eikä eri hankevaihtoehtojen (VE1 ja VE2) välillä ollut suuria eroja. Energiansiirtoreittien osalta vaikutusten kokonaismerkittävyys oli myös vähäinen (Taulukko 15-12).

Vedenalaisia meluvaikutuksia aiheuttavan paalutuksen vaikutuksen suuruus ja laajuus arvioitiin kohtalaiseksi negatiiviseksi, koska tilapäisen kuulonaleneman (TTS) vaikutusetäisyydet ovat suhteellisen pitkiä (kaloille jopa 17,9 km). Kaiken kaikkiaan Laineen merituulivoimapuiston hankealueella paalujen asentamisen aiheuttaman vedenalaisen melun seurausten arvioitiin olevan kaloille vähäistä, eikä se vaikuta kalakantoihin lyhyellä eikä pitkällä aikavälillä.

Hylkeiden osalta paalutuksen meluvaikutusten alue on suhteellisen pieni osa niiden asuinalueesta, ja vaikutukset siihen väliaikaisia. Näin käyttäytymisen välttämisreaktioiden todennäköisyys on pieni. Kaiken kaikkiaan Laineen merituulivoimapuiston hankealueella paaluajon aiheuttaman vedenalaisen melun seurausten arvioitiin olevan hylkeille vähäistä, eikä se vaikuta hyljekantoihin lyhyellä eikä pitkällä aikavälillä.

Merituulivoimapuiston perustusten rakentamisen meluvaikutusten muutoksen suuruus lieventämistoimet huomioon ottaen arvioitiin tässä siten kokonaisuudessaan kohtalaiseksi ja herkkyys kohtalaiseksi. Vaikutusten kokonaismerkittävyys on siten kohtalainen eikä hankevaihtoehtojen (VE1 ja VE2) välillä ollut suuria eroja (Taulukko 15-12). Mikäli perustustapa on jokin muu kuin paalutus, on sen meluvaikutus todennäköisesti paalutusta pienempi. Tämä ei kuitenkaan muuta vaikutuksen merkittävyyden tulosta, sillä tällöin ei ole yhtä suurta tarvetta kohdistaa työvaiheisiin lieventämistoimia.

Merikaapeli- ja/tai vetyputkireittien rakentamisen meluvaikutus arvioitiin tässä vähäisen negatiiviseksi ja kohteen (merinisäkkäät) herkkyys kohtalaiseksi (Taulukko 15-12). Melu on pääasiassa luonteeltaan etenevää työalusten normaalia ääntä. Lisäksi melua aiheutuu matalilla osuuksilla ja rannan lähellä louhinnasta ja räjäytyksistä sekä ainakin osalla reittiä rakenteiden peittämisestä kiviaineksella, joiden vaikutus arvioitiin kohtalaisen kielteiseksi. Rakentaminen kestää tietyllä paikalla vain lyhyen aikaa, edeten suhteellisen nopeasti reittiä pitkin, jolloin meluvaikutus tietyllä alueella jää ajallisesti lyhyeksi ja siten kielteiset vaikutuksetkin kohtalaisiksi. Merinisäkkäät karkottuvat kovista äänistä ja työn suunnittelun suhteen on tärkeää varmistaa, ettei alueella ole merinisäkkäitä lähellä mahdollisia räjäytyskohteita (aiheesta lisää luvussa 15.7 ”Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen”).

Vedyn tuotantolaitosten rakentaminen sisältyy molempiin hankevaihtoehtoihin VE1 ja VE2. Vedyn tuotantolaitoksen rakentamisen vedenalaiset vaikutukset voidaan kuitenkin jakaa erillislaitoksen (3–8 kpl) ja tuulivoimaloiden yhteyteen rakennettavien laitosten vaikutuksiin ja tässä niiden vaikutuksia on kuvattu hieman tarkemmin. Vaikutukset on arvioitu vain eniten melua aiheuttavan rakentamisvaihtoehdon eli paalutuksen osalta.

Erillislaitosten rakentamisen kohdalla kohteen (hylkeet) herkkyys on samalla tasolla kuin tuulivoimalan rakentamisen (kohtalainen) ja muutoksen suuruus kohtalainen negatiivinen (sisältää myös tuulivoimaloiden rakentamisen). Arvion lähtöoletuksena on, että rakentamiseen kohdistetaan lieventämistoimia aivan kuten tuulivoimaloiden rakentamisessa, mikäli joudutaan käyttämään paalutusta (Taulukko 15-12). Tuulivoimalan yhteyteen rakennettavien vedyn tuotantolaitosten vedenalaisen melun muutoksen suuruus on vähäisempi, mutta itse tuulivoimaloiden rakentamisen merkittävyys on kohtalainen molemmissa hankevaihtoehdoissa.

Vedenpäällinen meluvaikutuksen merkittävyys arvioitiin molemmissa rakentamisvaihtoehdoissa vähäiseksi, sillä meluvaikutus on enintään paikallinen (sisältää myös tuulivoimaloiden rakentamisen) (Taulukko 15-12). Rakentaminen voi sisältää monia eri vaiheita, mutta näiden ei uskota aiheuttavan kuin enintään vähäisiä paikallisia negatiivisia vaikutuksia.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 15-12. Veden- ja maanpäällisen sekä vedenalaisen meluvaikutusten merkittävyys eri hankevaihtoehdoissa rakentamisen aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus					Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohta-lainen	Vähäi-nen	Ei muu-tosta	Vähäi-nen	Kohta-lainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäi-nen				MVE1-5 VVE1-3					
	Kohta-lainen			VE1* VE2*	VE1 VE2 MVE1*-MVE5* VVE1*-VVE3*	VE0				
	Suuri									
	Erittäin suuri									

*) Vedenalaisten meluvaikutusten merkittävyys

15.5.2 Toiminnan aikaisten meluvaikutusten vertailu ja merkittävyys

Merituulivoimapuiston molempien hankevaihtoehtojen (VE1 ja VE2) käytönaikaisten **veden- ja maanpäällisten** meluvaikutusten muutoksen suuruus arvioitiin tässä kohtalaiseksi ja herkkyys kohtalaiseksi suurimman vaikutuksen perusteella (pienitaajuinen meluvaikutus). Keskiäänitasolla merituulivoimapuiston käytönaikaisen melunvaikutuksen muutoksen suuruus on vähäinen, mutta pienitaajuisen melun taajuusalueella kohtalainen.

Huoltoalustoiminnan muutoksen suuruus on vähäinen, samoin huoltotoiminnan maaliikenteen. Maaliikenteessä herkkyys voi kuitenkin olla kohtalainen, mutta huoltoalustoiminnassa vähäinen. Vaikutusten kokonaismerkittävyys on siten vähäinen, eikä vaihtoehtojen välillä ollut suuria eroja. Huoltoalustoiminta sisältyy merituulivoimapuiston toiminnan aikaisiin meluvaikutuksiin, jotka sisältyvät jo edellä esitettyyn vaikutusarvioon.

Merikaapeli-/vetyputkireiteistä ei aiheudu veden-/maanpäällisiä meluvaikutuksia toiminnan aikana.

Käytönajan laivaliikenteen sekä voimaloiden toiminnasta aiheutuvan **vedenalaisen meluvaikutuksen** muutoksen suuruus arviointiin kohtalaiseksi molemmissa hankevaihtoehdoissa (VE1 ja VE2) johtuen ennen kaikkea voimalakoon käytönajan meluvaikutustason epävarmuuksista, sillä tämän kokoluokan voimaloiden käytönajan vaikutuksista ei ole saatavissa tietoa (Taulukko 15-13). Vaikutusarvioinnin voimalan äänitasojen arviointi on tehty hyödyntäen olemassa olevaa dataa ja tulokset on extrapoloitu vastaamaan 25 MW:n voimalakoon tasoa.

Vetyputkireitin käytönaikainen vedenalainen meluvaikutus arvioitiin tässä vähäiseksi negatiiviseksi (hankevaihtoehtojen välillä ei eroa) (Taulukko 15-13). Vetyputkireitin melutaso, joka muodostuu vedyn virtausmäärästä ja putken ominaisuuksista sekä eristeen määrästä, on todennäköisesti merkityksetön eikä sitä pystyttäne mittauksilla todentamaan. Muutoksen suuruus on pieni ja kohteiden herkkyys virtausmelulle on todennäköisesti vähäinen. Merikaapelista ei aiheudu melua.

Vedyn tuotannon mahdollisuus sisältyy molempiin hankevaihtoehtoihin VE1 ja VE2. Vedyn tuotannon käytönaikainen meluvaikutus kohdistuu pääasiassa veden päälle avomerelle. Vedyn tuotannon aiheuttama melutaso on suurimmillaan laitoksen vieressä ja leviää vastaavalla tavalla kuin tuulivoimamelu. Laitteiden äänipäästön summa voi vastata yhden tuulivoimalan äänipäästötasoa,

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

mutta mahdollisesti eri tavalla suuntautuen ja alemmalta korkeudelta. Tällöin voidaan todeta, että muutoksen suuruus on tuulivoimalan käyntitasoa jonkin verran vähäisempi (suuruus vähäinen), mutta kohteen herkkyys on kuitenkin kohtalainen (loma-asuinrakennukset). Siten vedyn tuotannon vaikutuksen merkittävyys arvioitiin tässä vähäiseksi negatiiviseksi. Eri hankevaihtoehdoilla on vain vähäisiä eroja. Itse tuulivoimaloiden meluvaikutus on edellä arvioitu kuitenkin kohtatalaiseksi molemmissa hankevaihtoehdoissa

Taulukko 15-13. Toiminnan ajan veden- ja maanpäällisten sekä vedenalaisten meluvaikutusten merkittävyys eri hankevaihtoehdoissa.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen		Muutoksen suuruus						Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen			VE1* VE2*	VVE1*-VVE3*	MVE1 - MVE5 VVE1-VVE3 MVE1* - MVE5*				
	Kohtalainen			VE1 VE2		VE0				
	Suuri									
	Erittäin suuri									

*) Vedenalaisten meluvaikutusten merkittävyys

15.6 Arvioinnin epävarmuudet

Vedenpäällisen mallinnuksen epävarmuus on käytönaikaisen toiminnan osalta huomioitu siten, että äänipäästöön on tehty +2 dB:n äänipäästöä korottava korjaus Ympäristöministeriön muistion ohjeen mukaisesti (*YM9/5511/2016*). Mallinnus laskee jo lähtökohtaisesti ylärajatilanteen, jossa voimalan äänipäästö on arvioitu korkeaksi, tuulensuunta vastaa myötätuulitilannetta jokaisesta äänilähteestä jokaiseen tarkastelupisteeseen ja mallinnuksen muu parametrisointi on tehty Ympäristöministeriön mallinnusohjeen mukaisesti (*Ympäristöministeriö 2014*).

Vedenalaisen melumallinnuksen kaikissa parametreissa on epävarmuustekijöitä, ja mallinnuksessa käytettiin realistista pahimman tapauksen lähestymistapaa. Paalutusperustuksen vedenalaisen melun leviämislaskentaan sisältynyt lähtötaso perustuu keskimääräisiin empiirisesti mitattuihin tietoihin, jotka ekstrapoloitiin ehdotettuun paalukokoon. Äänen etenemisen osalta valittiin sedimenttiä, suolapitoisuutta ja lämpötilaa koskien konservatiiviset huonoimman tapauksen parametrit saatavilla olevien historiallisten tietojen perusteella siten, että mallinnettua äänen etenemistä voidaan pitää konservatiivisena. Vaikka tässä ennusteessa sovellettiin tuplakuplaverhoa (DBBC) vastaavaa lieventävää vaikutusta, paalu- ja ristikkorakenteisista perustuksista on mainittava, että tarvitaan myös yksityiskohtainen laskelma todellisesta lievennysratkaisusta, jota käytetään todellisessa paalun asennuksessa, kun lopullinen perustussuunnitelma on saatavilla.

Toiminnan aikaa ei erikseen mallinnettu. Mikäli hankkeessa todetaan tarve toiminnan aikaiselle mallinnukselle, esimerkiksi tietyn kohteen suhteen, tai tarkemmalle tarkastelulle, voidaan se toteuttaa tarvittaessa hankkeen jatkoluvituksessa.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

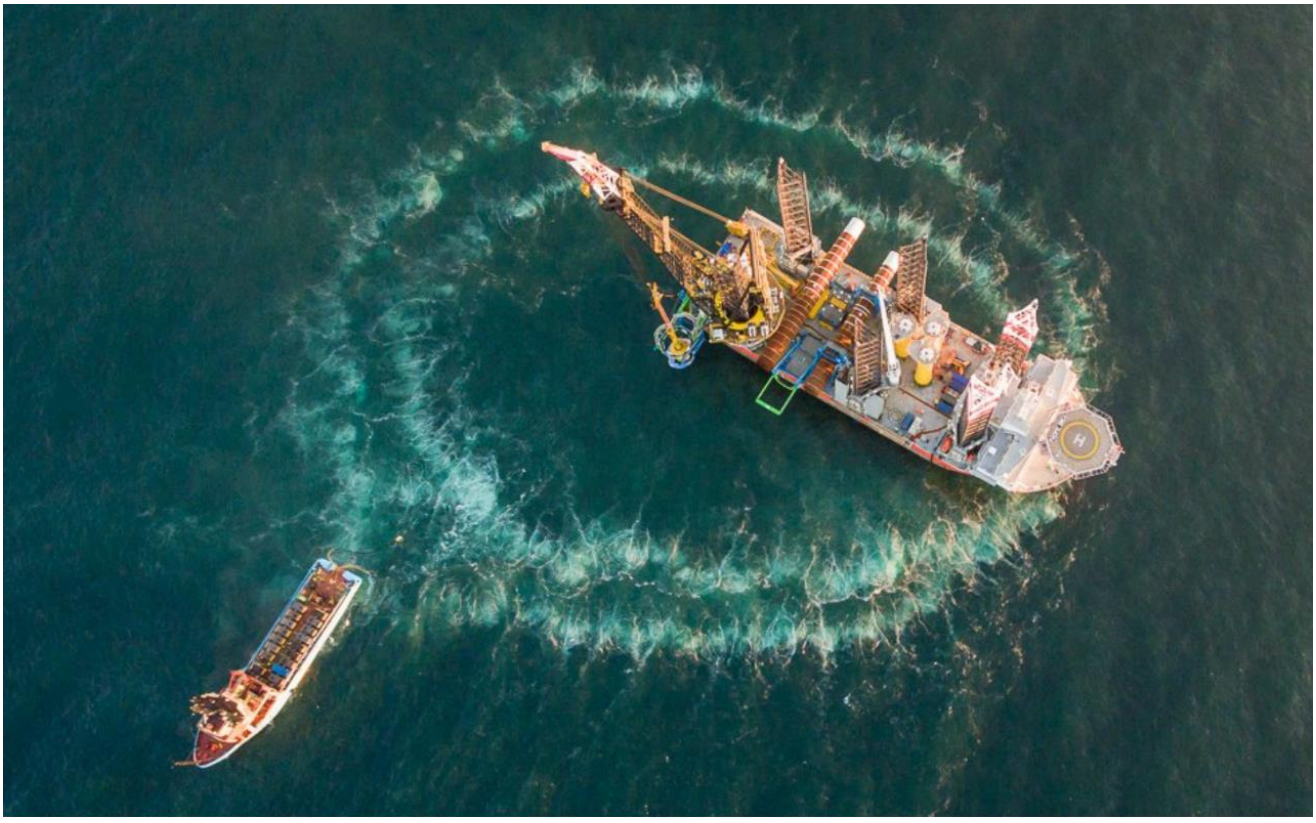
15.7 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen

Vedenalaisen melun haitalliseen vaikutusalueeseen voidaan vaikuttaa laskemalla melulähteen äänitasoa, vaimentamalla melun etenemistä sekä huomioimalla alueella esiintyvien lajien erityispiirteitä.

15.7.1 Rakentamisajan haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen

Hankkeen rakentamisen vedenalaisten meluvaikutusten lieventämiseksi on tarjolla nykyisin useita teknisiä vaihtoehtoja. Keskeisin vedenalaisen melun torjuntakeino on voimakkaan äänialtistuksen vaimentaminen mm. paalutuksissa kuplaverhouksen tai meluesteen avulla sekä louhintaräjäytyksissä, jonka vaimennusvaikutus riippuu valittavasta tekniikasta ja on tyypillisesti 5–18 dB:n luokkaa (*Andersson ym. 2016*). Ennen voimakasta vedenalaista melua aiheuttavia työvaiheita käytetään tapauskohtaisesti menetelmiä, joissa melutasoa kasvatetaan vaiheittain (nk. ”soft start” -menetelmä), mikä mahdollistaa esimerkiksi kalojen ja vesinisäkkäiden siirtymisen kauemmas rakennuspaikalta. Kuplaverhon vaimentava taajuusvaikutusalue on välillä 80-800Hz ja paalutusmelun suurimmat desibeliarvot ovat taajuusalueella 100-300Hz.

Kuplaverhot ovat yksi yleisimmin käytetyistä menetelmistä vedenalaisen melun vaimentamiseen varsinkin paalutus- ja räjäytystöissä. Kuplaverho muodostetaan päästämällä paineilmaa pohjasta rei’itetyn letkun läpi, joka on ankkuroitu pysymään pohjassa. Verhoja voi olla yhdessä tai kahdessa rivissä riippuen tarvittavasta vaimennustarpeesta.



Kuva 15-11. Esimerkkikuva kaksirivisen kuplaverhon käytöstä (Meriläinen & Lindfors 2018).

Merenpohjan louhinnan räjäytyksistä syntyvän shokkiaallon voimakkuuteen voidaan vaikuttaa myös räjähdyksen latauskoolla. Jos porausreikien välistä etäisyyttä lyhennetään, voidaan käyttää pienempiä räjähdemääriä. Myös käytettävällä räjähteellä on vaikutusta räjähdysnopeuteen. Samoin kuin paalutusmelun torjunnassa, louhinnan yhteydessä voidaan harkita ns. ”soft start” -

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

menetelmää, jossa merinisäkkäät karkotetaan kauemmaksi louhinta-alueelta pienemmillä panoksilla ennen varsinaista louhintaa. (*Meriläinen & Lindfors 2018*)

15.7.2 Käytönajan haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen

Käytönajan vedenpäällisten sekä vedenalaisten meluvaikutusten laajuuteen voidaan vaikuttaa teknisten vaimennusratkaisujen, tuulivoimalamallin sekä siipityypin valinnalla. Vedenpäällisiin ja osin vedenalaisiin meluvaikutuksiin voidaan vaikuttaa käyntitehon optimoinnin kautta siten että tuulivoimaloita on mahdollista ajaa nk. melumoodeilla, jolloin esim. roottorin pyörimisnopeutta rajoitetaan kovemmilla tuulennopeuksilla siiven lapakulmaa säätämällä. Näitä meluoptimointiajomoodeja on yleensä eritasoisia riippuen tarvittavasta vaimennustarpeesta. Säätöparametreiksi voidaan valita tuulennopeus, -suunta ja kellonaika. Meluoptimoitu ajo rajoittaa tehontuoton lisäksi myös voimalan äänipäästöä. Vedenpäällisen melumallinnuksen perusteella tarvetta nk. melumoodin käytölle tässä hankkeessa ei kuitenkaan ole.

Käytönajan vedenalaisen meluvaikutuksen ehkäiseminen toteutetaan parhaiten hankkeen suunnittelun yhteydessä. Käytönajan lieventämistoimet ovat joitain osin sidoksissa samaan vedenpäällisen melutason optimointiin sekä lisäksi laitteistojen kunnossapitoon

Vedenalaisten räjäytysten tärinävaikutuksia rannan lähellä, missä on kiinteistöjä, voidaan vähentää hyvällä louhintasuunnittelulla. Tarvittaessa räjähdeainemäärää voidaan pienentää tai tihentää panostusreikien väliä, jolloin tärinävaikutuksen etäisyys pienenee.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

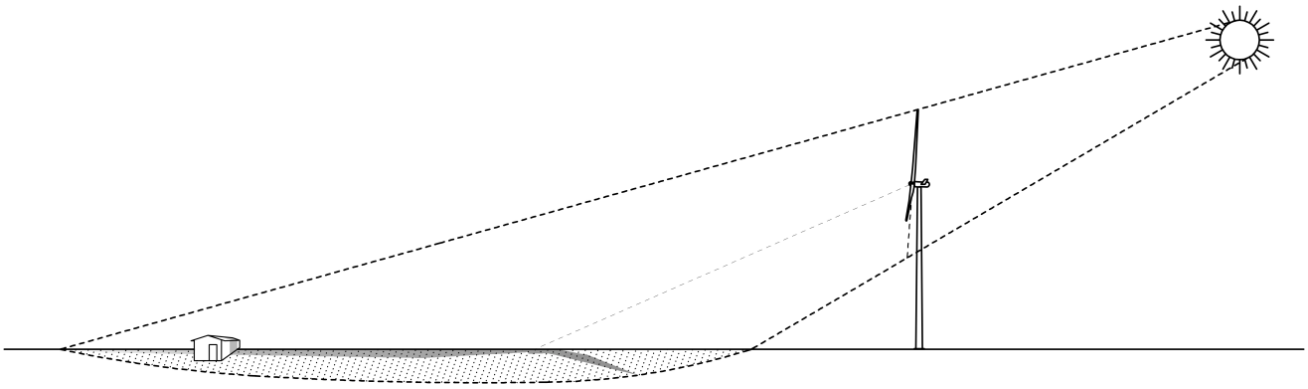
16 VÄLKEVAIKUTUSTEN ARVIOINTI

YHTEENVETO

- Tuulivoimala voi aiheuttaa lähiympäristöönsä välkettä, kun auringon valo osuu käynnissä olevan tuulivoimalan pyöriviin lapoihin.
- Tuulivoimahankkeen välkevaikutusta arvioitiin mallintamalla.
- Välkemallinnusten mukaan Laineen merituulivoimahankkeesta ei aiheudu asutukselle välkevaikutusta tarkastelluilla suunnitteluvaihtoehdoilla (VE1 ja VE2), voimalasijainneilla, napakorkeuksilla ja roottorin halkaisijoilla.
- Laineen voimaloiden aiheuttama välkevaikutus rajoittuu pelkästään merialueille, eikä ulotu Suomen tai Ruotsin maa-alueille.

16.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Tuulivoimala voi aiheuttaa lähiympäristöönsä välkettä, kun auringon valo osuu käynnissä olevan tuulivoimalan pyöriviin lapoihin. Tällöin lapojen pyöriminen aiheuttaa liikkuvan varjon, joka voi ulottua jopa 3 kilometrin päähän. Välkkeen kantama ja kesto riippuvat siitä, missä kulmassa auringon valo osuu lapoihin, lapojen pituudesta ja paksuudesta, tornin korkeudesta, maaston muodoista, ajankohdasta sekä näkyvyyttä vähentävistä tekijöistä kuten kasvillisuudesta ja pilvisyydestä. Tuulivoimapuistojen lähiympäristöön leviävä välke tapahtuu usein juuri auringonnousun jälkeen tai auringonlaskua ennen, jolloin voimaloiden varjot ylettyvät pisimmälle. Muulloin varjot jäävät lyhyiksi voimaloiden läheisyyteen. Tuulivoimalan aiheuttama välke saattaa aiheuttaa häiriötä esimerkiksi voimaloiden läheisyydessä asuville ihmisille. Ilmiötä on havainnollistettu oheisessa kuvassa (Kuva 16-1).



Kuva 16-1. Havainnollistus välkkeestä. Tuulivoimalan lavat voivat aiheuttaa lähiympäristöönsä välkettä, kun auringon valo paistaa tuulivoimalan takaa ja osuu käynnissä olevan tuulivoimalan pyöriviin lapoihin. Kuva: AFRY Finland Oy

Välkevaikutusta, eli varjon vilkkumisen vaikutuksia, aiheuttavat siis ainoastaan voimalan pyörivät lavat, eikä esimerkiksi torneista tai voimajohdoista ei aiheudu välkettä.

Tuulivoimahankkeen välkevaikutusta arvioitiin mallintamalla AFRY Numerola mallinnusohjelmistolla. Laskentamalli huomioi tuulivoimapuistoalueen sijainnin (auringonpaistekulma, päivittäinen valoisa aika), tuulivoimaloiden sijoitussuunnitelman, voimaloiden aiheuttaman vilkunnan yhteisvaikutuksen ja tuulivoimaloiden mittasuhteet (napakorkeus, roottorin läpimitta, lapaprofiili).

Välkevaikutus laskettiin 1,5 metrin korkeudelle. Auringonpaistekulman rajana horisontista käytettiin kolmea astetta, jonka alle menevää säteilyä ei oteta huomioon varjostuksessa. Merialueiden lisäksi välkevaikutuksen laskenta ulottui myös maa-alueille. Maa-alueilla maanpinnan korkeuserot on saatu Maanmittauslaitoksen aineistosta *Korkeusmalli 10 m*. Laskennassa huomioitiin

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

maanpinnan korkeuserot siten, että jos auringon, voimalan ja tarkastelupisteen kautta kulkeva jana leikkaa maanpintaa, niin varjostusta ei esiinny.

Välkelaskennassa kaikille voimaloille käytettiin napakorkeutta 200 m, roottorin halkaisijaa 340 m (kokonaiskorkeus 370 m) ja lapaprofiilia, jonka maksimileveys on 8,6 m 10 % etäisyydellä lavan tyvestä ja joka kapenee lineaarisesti arvoon 3,4 m 90 % etäisyydellä lavan tyvestä.

Välkevaikutuksen laskenta on tehty sekä todennäköisen välkkeen että teoreettisen maksimivälkkeen menetelmin. Todennäköisen välkkeen menetelmä ottaa huomioon paikallisen tuulen suunnan jakauman, sekä paikalliset auringonpaistehavainnot. Tämä menetelmä antaa realistisen arvion todennäköisestä välkkeen määrästä. Teoreettisen maksimivälkkeen laskennassa oletetaan, että päiväaikaan aurinko paistaa jatkuvasti, tuulivoimaloiden roottorit pyörivät jatkuvasti, ja roottorit ovat aina kohtisuorassa aurinkoa kohden. Menetelmä antaa absoluuttisen ylärajan, jota välkevaikutuksen kesto ei voi ylittää.

Välkevaikutus huomioidaan mallinnuksissa, mikäli lapa peittää vähintään 20 % auringosta. Käytännössä tämä asettaa lavan leveydestä riippuvan maksimietäisyyden yksittäisen voimalan aiheuttamalle välkevaikutukselle, eikä sen ulkopuolella välkevaikutusta ole. Yleensä välkelaskennan maksimietäisyyden laskenta perustuu lavan keskimääräiseen leveyteen, joka määrää maksimietäisyyden. Käytännössä tuulivoimalan lapa ei ole vakiolevyinen: levein kohta sijaitsee lähellä voimalan napaa, ja lapa kapenee huomattavasti kärkeä kohti liikuttaessa. Tällä perusteella lavan tyven välkevaikutus ulottuu huomattavasti pidemmälle kuin lavan kärjen, kun arviointiperusteena käytetään auringon peittoastetta. Tässä selvityksessä välkelaskennassa ei ole käytetty tavanomaista maksimietäisyyttä, vaan on huomioitu voimalan muuttuva lapaprofiili.

Todelliseen välkevaikutukseen vaikuttavat voimaloiden käyttöaste ja paikallinen säätila (pilvisyys ja tuulisuus). Voimaloiden roottorit asettuvat tuulensuunnan mukaan ja roottorin orientaatio vaikuttaa merkittävästi välkevaikutuksen määrään. Suurin välkevaikutus syntyy, kun roottori on kohtisuoraan tarkastelupisteen ja auringon välissä. Jos roottori kääntyy tarkastelupisteen ja auringon linjaan nähden poikittain, niin välkettä ei synny. Tämä tuulen suunnan vaikutus on huomioitu laskemalla välkevaikutus usealla eri roottorin orientaatiolla, josta saadaan realistinen välkeaika painottamalla tuulen suuntien todennäköisyyksillä. Tuulen suuntien todennäköisyydet otettu Suomen tuuliatlaksesta tuulivoima-alueen keskeltä korkeudelta 200 m.

Realistisen välkeajan laskennassa paikallinen pilvisyys huomioitiin skaalaamalla eri roottoriorientaatioilla laskettuja varjostusaikoja Seinäjoen Pelmaan sääasemalta mitattujen auringonpaistetuntien suhteellisella osuudella teoreettisesta maksimipaistetuntien määrästä. Suuntakohtaisesti skaalatut välketuntimäärät yhteen laskien saadaan arvio todellisesta, säätilan huomioonottavasta välketuntimäärästä tarkastelualueella.

Laskennan tuloksena saatiin arvio siitä, kuinka monta tuntia vuodessa alueen eri kohteet ovat välkevaikutuksen alaisena. Todennäköinen vuotuinen välkeaika on esitetty karttakuvina. Tulosten havainnollistamista varten määritettiin niin kutsuttuja reseptoripisteitä (lähellä tuulivoimaloita sijaitsevia vakituisia ja vapaa-ajan asuntoja), joille laskettiin yksityiskohtaisemmat tulokset. Reseptoripisteiden oletetaan olevan ”kasvihuonetyyppisiä”, jolloin joka suunnasta tuleva välke otetaan huomioon. Reseptoripisteiden kohdilla lasketut välkeajat on esitetty taulukkomuodossa, sekä todennäköiselle välkkeelle että teoreettiselle maksimivälkkeelle.

Välkemallinnuksesta laadittiin erillinen raportti, joka on liitteenä 21.

Arvioinnin suoritti välkevaikutuksiin perehtynyt asiantuntija.

16.1.1 Sovellettavat raja- ja ohjearvot

Suomessa ei ole raja-arvoja koskien tuulivoimaloista aiheutuvaa välkevaikutusta tai olemassa olevia suosituksia sen mallintamisesta. Ympäristöhallinnon ohjeen (*Ympäristöministeriö 2016b*) mukaan Suomessa välkevaikutusten arvioinnissa on suositeltavaa käyttää apuna muiden maiden suosituksia. Samassa oppaassa mainitaan asutuskohteiden lisäksi muut häiriintyvät kohteet,

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

mutta näidenkään välkemääriä ei ole käsitelty tarkemmin, vaan on viitattu muiden maiden ohjeistuksiin. Välkevaikutusten arvioinnin taustaksi esitellään seuraavassa Ruotsissa, Tanskassa ja Saksassa käytössä olevia raja-arvoja, ohjeita ja suosituksia.

Ohjeistus Saksassa

Saksassa on annettu yksityiskohtaiset ohjeet välkevaikutuksen raja-arvoista ja mallinnuksesta (*WEA-Shcattenwurf-Hinweise 2002*). Saksan ohjeistuksessa annetaan kolme erilaista raja-arvoa suurimmalle sallitulle tuulivoimapuistosta syntyvälle välkevaikutukselle:

- Korkeintaan 30 tuntia vuodessa ns. teoreettisessa maksimitilanteessa
- Korkeintaan 30 minuuttia päivässä ns. teoreettisessa maksimitilanteessa
- Mikäli voimalan automaattinen säätely on käytössä, ns. todennäköinen välkevaikutus tulee rajoittaa korkeintaan kahdeksaan tuntiin vuodessa.

Ohjeistus Ruotsissa

Ruotsissa ei ole virallisia raja-arvoja välkevaikutukselle, vaan ainoastaan suositukset (*Boverket 2009*), jotka perustuvat Saksassa olevaan ohjeistukseen. Ruotsin suositusten mukaan todennäköinen välkevaikutus saa olla asutuskohteissa korkeintaan 8 tuntia vuodessa ja 30 minuuttia päivässä. Käytännössä vuotuisen välkkeen rajoittamisesta 8 tuntiin on tullut Ruotsin viranomaisten vaatimus (*Vindlov 2020*).

Ohjeistus Tanskassa

Tanskan suosituksen (*Danish Government 2015*) todennäköistä välkevaikutusta saa syntyä korkeintaan 10 tuntia vuodessa.

16.2 Vaikutusten arviointi

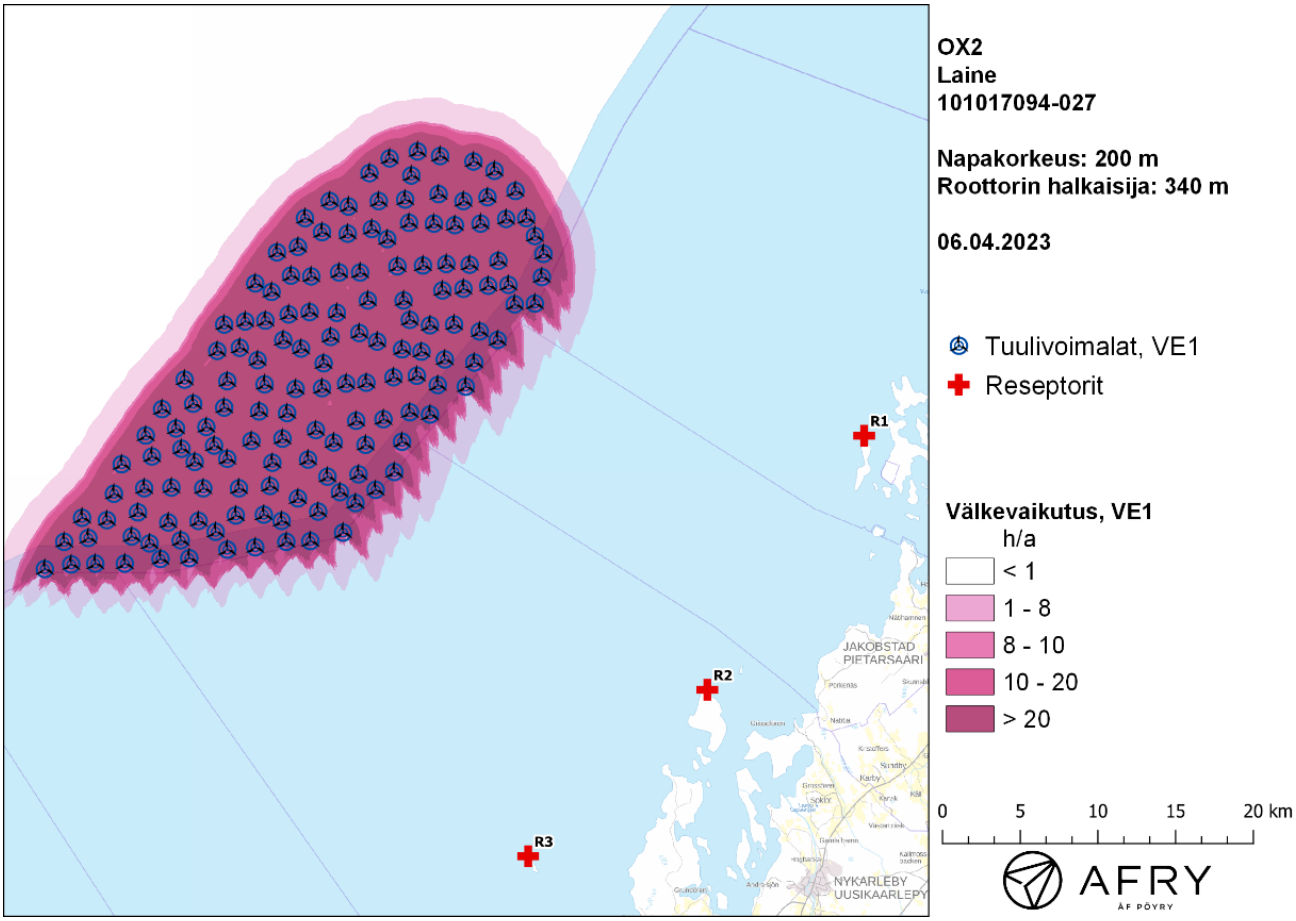
16.2.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

Vain pyörivistä tuulivoimaloista aiheutuu välkevaikutusta, joten rakentamisen aikaisia välkevaikutuksia ei ole.

16.2.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset

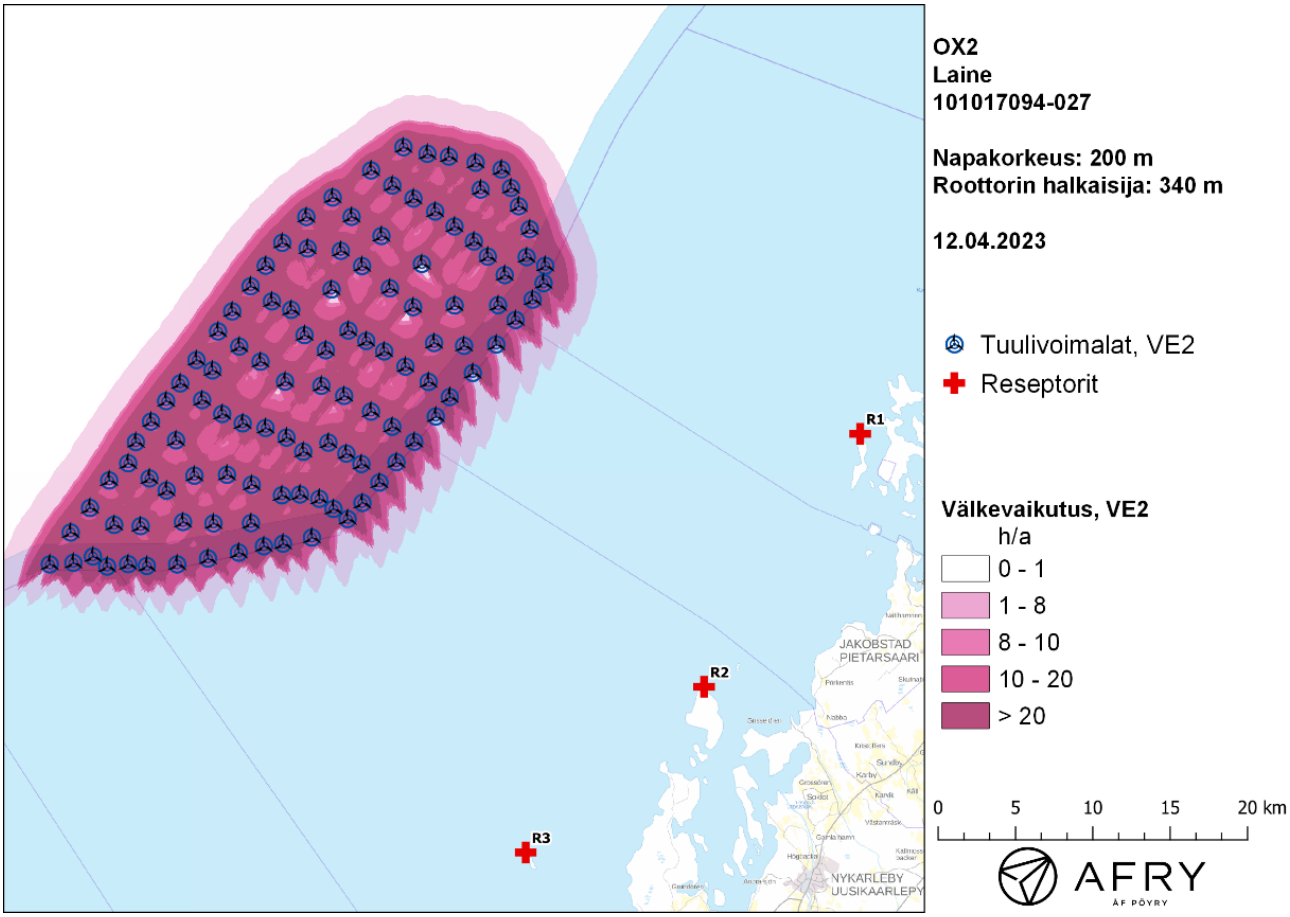
Mallinnettu todennäköinen vuotuinen välketuntien määrä toteutusvaihtoehdoille VE1 ja VE2 on esitetty oheisissa kuvissa (Kuva 16-2 ja Kuva 16-3). Taulukossa 16-1 on lueteltu molemmille toteutusvaihtoehdoille todennäköinen välkevaikutus ja teoreettinen maksimivälke reseptoreiden kohdilla, sekä vuotuisena tuntimääränä että suurimpana päiväkohtaisena arvona. Mallinnusten perusteella Laineen voimaloiden välkevaikutus ei ulotu asutukseen saakka, vaan rajoittuu pelkästään merialueille. Koska välkevaikutuksen alueella ei ole asutusta, välkevaikutuksen ohjearvot eivät ylity.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 16-2. Todennäköinen vuotuinen välkevaikutus Laineen vaihtoehdolle VE1.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 16-3. Todennäköinen vuotuinen välkevaikutus Laineen vaihtoehdolle VE2.

Taulukko 16-1. Mallinnusten mukaiset välkeajat reseptoripisteittäin Laineen hankealueella. Taulukossa on esitetty vuotuinen välketuntien määrä (h/a) ja suurin päiväkohtainen arvo (h/d). Reseptoripisteiden koordinaatit on esitetty ETRS-TM35FIN-koordinaatistossa.

			Vaihtoehto VE1				Vaihtoehto VE2			
			Todennäköinen välke		Teoreettinen maksimivälke		Todennäköinen välke		Teoreettinen maksimivälke	
	Itä-koordinaatti	Pohjois-koordinaatti	h/a	h/d	h/a	h/d	h/a	h/d	h/a	h/d
R1	285100	6850259	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
R2	288328	6849705	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
R3	289702	6848398	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00

16.2.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset

Vain pyörivistä tuulivoimaloista aiheutuu välkettä ja välkevaikutusta ei ole, jos voimalat eivät ole käytössä.

16.2.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

Välkevaikutusta ei ole, jos hanke jätetään toteuttamatta.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

16.3 Yhteisvaikutukset

Laineen tuulivoimaloiden aiheuttama välkevaikutus rajoittuu pelkästään merialueille, eikä ulotu Suomen tai Ruotsin maa-alueille tai lähimpiin saariin, joten hankkeella ei ole asutukseen kohdistuvia yhteisvaikutuksia muiden tuulivoimahankkeiden kanssa.

Asutukseen kohdistuvia rajat ylittäviä vaikutuksia ei muodostu näin ollen myöskään Bothnia Offshore Kappa -merituulivoimahankkeen kanssa (*Njordr Offshore Wind AB 2022*), joka sijaitsee Laineen merituulivoimapuistoalueen vieressä, Ruotsin talousvyöhykkeellä.

16.4 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys

Suomessa ja Ruotsissa sovellettavat välkevaikutuksen arvioinnin kriteerit koskevat vain asutusta, eikä meriä ole määritelty välkevaikutukselle herkiksi alueiksi. Laineen merituulivoimaloista ei aiheudu välkevaikutuksia asutukselle kummallakaan toteutusvaihtoehdolla.

Taulukko 16-2. Vaikutusten merkittävyys eri hankevaihtoehdoissa.

Vaikutuksen merkittävyys		**Negatiivinen**				**Muutoksen suuruus**				**Positiivinen**
		Erittäin suuri	**Suuri**	**Kohtalainen**	**Vähäinen**	**Ei muutosta**	**Vähäinen**	**Kohtalainen**	**Suuri**	**Erittäin suuri**
Kohteen herkkyys	**Vähäinen**									
	Kohtalainen					**VE0 VE1 VE2**				
	Suuri									
	Erittäin suuri									

16.5 Arvioinnin epävarmuudet

Teoreettisen maksimivälkkeen mallinnus antaa sääolosuhteista riippumattoman ylärajan välkkeen vaikutusalueelle ja kestolle. Maksimivälkkeen arviossa ei siis ole säähän tai vuotuiseen vaihteluun liittyvää epävarmuutta.

Koska Laineen voimalat sijaitsevat yli 20 km etäisyydellä asutuksesta, muutkin välkevaikutuksen arvion epävarmuudet ovat erittäin pieniä asutuksen kohdalla. Arvion perusteella voidaan sanoa hyvin suurella varmuudella, että Laineen voimaloista ei aiheudu välkevaikutusta asutukselle.

16.6 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen

Tässä välkeselvityksessä esitettyjen tulosten perusteella Laineen merituulivoimapuiston läheisyydessä oleviin asuin- ja lomarakennuksiin ei kohdistu välkevaikutusta, eikä välkkeen rajoitukselle ole tarvetta.

Tarvittaessa välkevaikutusta voitaisiin vähentää voimalakohtaisella välkkeen hallintatyökalulla, joka sisältää valoanturin ja välkkeenhallintasovelluksen. Työkalun avulla voimala voidaan pysäyttää joko havaitun auringonpaisteen perusteella ja/tai haluttuina vuoden- ja kellonaikoina. Pysäytetty voimala ei aiheuta välkettä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

17 TALOUS JA ELINKEINOT

YHTEENVETO

Arvioinnin kvantitatiiviset tulokset perustuvat Gaia Consulting Oy:n OX2lle tekemään selvitykseen. Selvitys tehtiin suuremmalle hankevaihtoehdolle VE1.

- Hankkeen rakentamisella on monipuolisia myönteisiä vaikutuksia alueen talouteen ja elinkeinotoimintaan. Aluetaloudelliset vaikutukset ovat suurimmillaan hankkeen tuotannon aikana ja ne ovat kokonaisuutena merkittävät.
- Hankevaihtoehdon VE1 vaikutusten voidaan arvioida olevan hieman suuremmat kuin hankevaihtoehdon VE2 johtuen suuremmasta rakennettavien voimaloiden määrästä.
- Hankkeen investointikustannukset ovat arviolta 5,5 miljardia euroa, mistä noin 60 prosenttia kohdistuu tuulivoimaloihin ja voimalaperustuksiin. Tehdyn selvityksen mukaan kotimaisten investointikustannusten osuus on 15 prosenttia, mistä paikallinen osuus on kolmasosa. Investointikustannuksista suurin osa, 85 % kohdistuu ulkomaille. Aluetaloudellinen potentiaali kohdistuu tyypillisesti etenkin yrityksiin, jotka osallistuvat tuulivoimapuiston infrastruktuurin, kuten perustusten ja sähköverkon rakentamiseen sekä voimaloiden pystytystyöhön, rakentamisessa tarvittavien materiaalien kuljetuksiin ja muihin rakentamisvaiheen palveluihin.
- Hankkeen käyttökustannukset ovat hankkeen elinkaaren ajalta arviolta 2,8 miljardia euroa, mistä yli puolet kohdistuu huoltoon, asennuksiin ja varaosiin. Sekä käytönaikaisten vakuutusten että sähkönsiirtokustannusten osuus on vähän alle 20 prosenttia. Kotimaisten käyttökustannusten osuus on yli 90 prosenttia, mistä paikallinen osuus on noin kolmasosa. Käyttökustannuksista noin 9 prosenttia kohdistuu ulkomaille.
- Hankkeen työllisyysvaikutukseksi Suomessa on arvioitu 13 000 henkilötyövuotta, mistä paikallisen työvoiman osuus on noin kolmasosa. Työllisyysvaikutuksia muodostuu muun muassa suunnittelusta, tuulivoimapuiston infrastruktuuriin liittyvästä rakentamisesta, kuljetuksista, tuulivoimaloiden asennus- ja huoltotöistä sekä tuotannon hallinnosta ja valvonnasta. Merituulivoimapuiston on arvioitu tuottavan 35 vuoden elinkaaren aikana Suomeen yhteensä noin 7,3 miljardin euron verotulot.
- Hankkeella on positiivisia aluetaloudellisia vaikutuksia myös verotulojen kautta. Hankkeeseen suoraan tai välillisesti liittyvät paikalliset työntekijät maksavat ansiotuloistaan kunnallisveroa kotikunnalleen. Ansioverotulojen määräksi on arvioitu 170 miljoonaa euroa, mistä paikallinen osuus on noin kolmasosa. Lisäksi investointi- ja hankekustannuksista maksetaan yhteisöveroa, minkä suuruus on arviolta 41 miljoonaa euroa.
- Hankkeen kiinteistöverokertymään rinnastettavan tulon arvioitiin puolestaan olevan suuruusluokaltaan noin 310–620 miljoonaa euroa riippuen sovellettavasta kiinteistöveroprosentista. Voimalat eivät sijaitse minkään kunnan alueella, vaan Suomen talousvyöhykkeellä. Sille rakennettavasta tuulivoimasta ja niiden rakenteista ei talousvyöhykelain (1058/2004) perusteella makseta tällä hetkellä kiinteistöveroa, mutta laskennassa kiinteistöverokertymää rinnastettavaa tuloa on tarkasteltu kahdella eri teoreettisella kiinteistöveroprosentilla.
- Lisäksi tuotetusta sähköstä maksetaan sähköveroa sekä sähkön arvonlisäveroa minkä kokonaisverokertymäksi on arvioitu noin 6 500–8 300 miljoonaa euroa. Oletuksena on, että sähkön megawattituntihinta on 40 ja 60 euron välillä.
- Läheisten virallisten laivaväylien sekä satamien toimintaedellytykset säilyvät ennallaan tuulivoimapuiston operoinnin aikana ja mahdolliset haitalliset vaikutukset pyritään minimoimaan eri osapuolet osallistavalla suunnittelulla. Merituulivoimahankkeet tuovat merkittäviä positiivisia mahdollisuuksia alueen satamille laajentaa liiketoimintaansa

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

kehittämällä palveluitaan merituulivoimahankkeille sopiviksi. Mahdollisia haitallisia vaikutuksia merenkulun navigointiin ja sitä kautta kauppamerenkulkuun pyritään välttämään.

- Muista hankkeista aiheutuvat Laineen hankkeen kanssa mahdolliset kielteiset yhteisvaikutukset kohdistuvat ennen kaikkea matkailuun.

17.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Aluetaloudellisten vaikutusten kvantitatiivinen arviointi perustuu Gaia Consulting Oy:n OX2:lle (*2023)* tekemään selvitykseen hankkeen aikaan saamista aluetaloudellisista vaikutuksista.

Mallinnus perustuu Tilastokeskuksen vuoden 2008 TOL luokituksiin ja Talous- ja elinkeinoministeriön toimialakohtaiseen dataan. Tarkastelu kattaa maantieteellisesti eriteltynä paikallistason, mihin kuuluvat Pohjanmaan maakuntaan kuuluvat kunnat ja kaupungit, minkä lisäksi tarkastelu kattaa muun Suomen ja ulkomaat. Gaia Consulting Oy:n arviointi kattaa ainoastaan merituulivoimapuistosta syntyvät aluetaloudelliset vaikutukset eikä se huomioi vedyn tuotannon vaikutuksia. Tiedot on kerätty tarkemmin hankekehityksen, rakentamisen, purkamisen sekä käytön ja kunnossapidon osalta. Tulokset on esitetty myöhemmin jaettuna kahteen elinkaaren vaiheeseen: tuotantoon sekä suunnittelu, rakentamisen ja käytöstä poisto -vaiheeseen. Tuotanto kattaa kokonaisuutena tuotannon valvonnan ja hallinnon, tasehallinnan, sähkön myynnin ja toimituksen, huollon ja asennuksen, varaosat, käytönaikaiset vakuutuskustannukset, vuokrat ja korvaukset merialueen omistajille sekä sähkönsiirtokustannukset. Arviointi ajoittuu koko merituulivoimapuiston elinkaarelle (35 vuotta).

Hankkeen aluetaloudellisten vaikutusten arvioinnin yhteydessä selvitettiin alueen elinkeinorakenteen nykytila, hankkeen lähialueella sijaitsevat elinkeinot sekä arvioitiin elinkeinoihin ja aluetalouteen kohdistuvia kvalitatiivisia vaikutuksia. Aluetalouteen kohdistuvia vaikutuksia ovat esimerkiksi hankkeen välittömät ja välilliset työllisyysvaikutukset, paikallisten palveluiden ostot sekä lisääntyvät verotulot. Vaikutuksia arvioitiin toteutuneista hankkeista saatujen tulosten sekä kirjallisuuden avulla. Kaupalliseen kalastukseen liittyvät arviointimenetelmät on kuvattu luvussa 6.1.

Vaikka laskennassa onkin huomioitu vain merituulivoimapuiston kokonaisuus, tehtiin vaikutusarviointi asiantuntijapohjaisesti koko hankekokonaisuudelle, joka käsittää merituulivoimapuiston sekä vedyn tuotannon ja niihin liittyvät rakenteet merellä, energiansiirron mantereelle sekä sähkönsiirron mantereella. Sähkönsiirron aluetaloudelliset vaikutukset on arvioitu kvalitatiivisesti asiakirjassa (YVA-selostuksen B-osa).

Talousvyöhykkeelle sijoittuvasta tuulivoimalasta tai vedyn tuotannosta ei nykylainsäädännön mukaan makseta kiinteistöveroa tai maanvuokraa. Tuulivoimalasta aluevesillä kiinteistöverotettavat rakennelmat ovat perustukset, konehuoneen rungot ja tornit. Merituulivoimalassa on massiivisemmista perustuksista johtuen maatuulivoimaan verrattuna noin kolminkertainen määrä kiinteistöverotettavaa rakennelmaa (*Suomen tuulivoimayhdistys 2023a*). Taloudellista hyötyä tulee hankkeen rakentamisen ja operoinnin aikana myös muiden mekanismien kuin suorien vero- ja vuokratulojen kautta, niin paikallisesti, alueellisesti kuin valtakunnallisestikin. On lisäksi syytä huomioida, että valtioneuvostolla on laaja harkintavalta talousvyöhykkeen hyödyntämiseen liittyen, eikä talousvyöhyke siten ole täysin vapaasti kaupallisesti hyödynnettävissä. Aluetaloudellisissa laskelmissa ei ole huomioitu erikseen inflaation vaikutusta.

Arvioinnin on koostanut aluetaloudellisiin vaikutuksiin perehtynyt asiantuntija.

17.2 Nykytila

Koko hankkeen vaikutusalue sijoittuu laajalti Pohjanmaan rannikolle ja sähkönsiirron osalta osin myös Keski-Pohjanmaan alueelle Kokkolaan. Taulukkoon (Taulukko 17-1) on koottu uusimpia

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

saatavilla olevia Tilastokeskuksen kunnittaisia avainlukuja (*Tilastokeskus 2023b*). Vaikutusalueen kaikissa kunnissa jalostuksen työpaikkojen osuus on suurempi kuin koko maassa keskimäärin. Jalostus käsittää esimerkiksi toimialaluokat ”teollisuus” ja ”rakentaminen”. Alkutuotannon osuus on selvästi keskimääräistä suurempi Kruunupyyssä, Pedersören kunnassa, Uudessakaarlepyyssä ja Vöyrissä. Nämä kuuluvat toimialaluokkaan ”maatalous, metsätalous ja kalatalous”. Palvelujen osuus on lähellä koko maan keskiarvoa vain Kokkolassa ja Vaasassa. Kaikissa kunnissa työttömien osuus työvoimasta on pienempi kuin koko maassa keskimäärin. Erityisen pieni se on Luodossa ja Pedersören kunnassa. Kokkolassa, Pietarsaaressa ja Vaasassa sijaitsevien työpaikkojen lukumäärä on suurempi kuin kunnassa asuvan työllisen työvoiman lukumäärä.

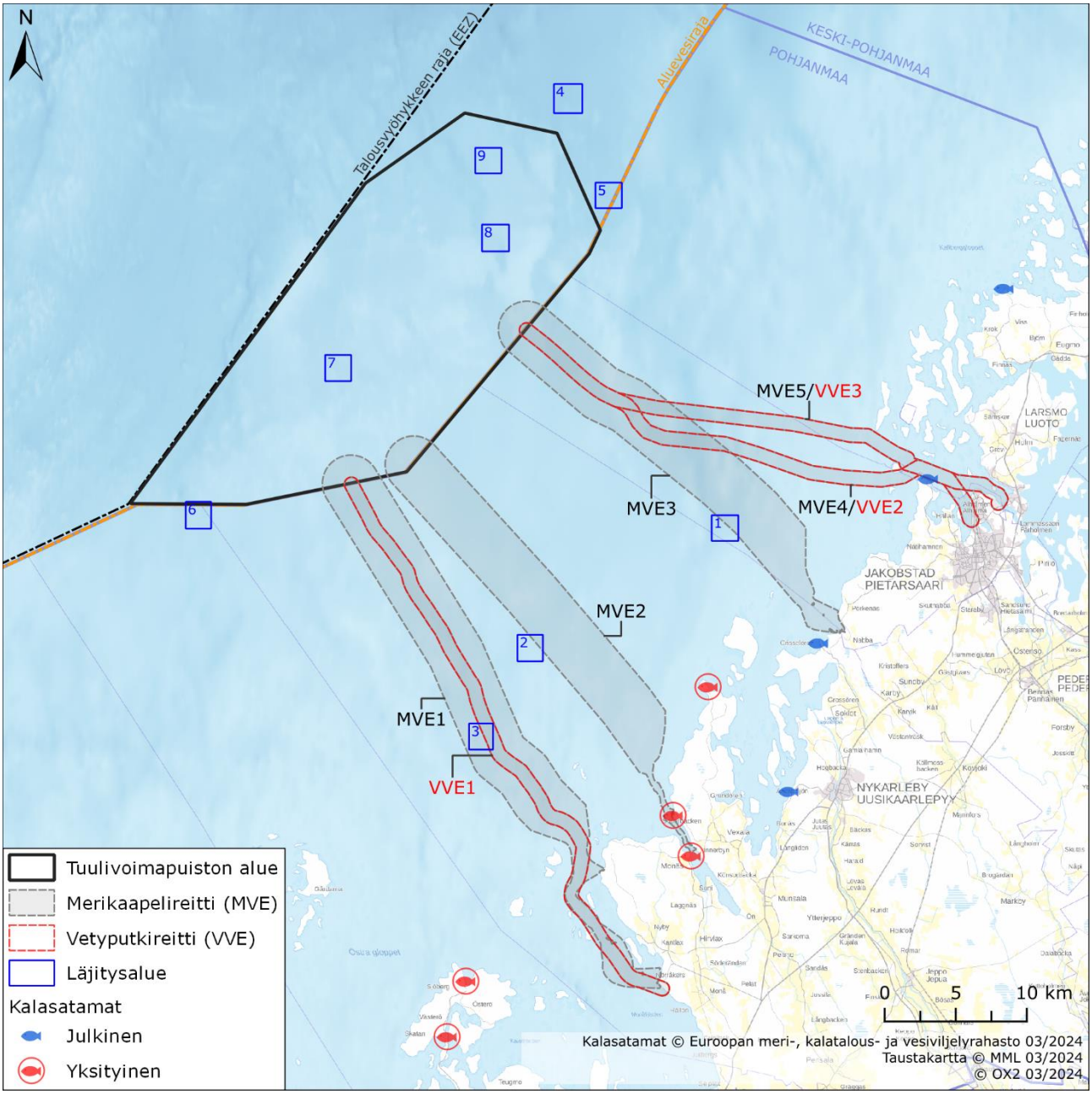
Taulukko 17-1. Hankkeen vaikutusalueen kuntien avainlukuja sekä vertailun vuoksi koko maan tiedot (Tilastokeskus 2023b). Lihavoidut prosenttiarvot ovat yli koko maan keskiarvon. Taulukossa käytetty viimeisimpiä saatavilla olevia tietoja.

	Väkiluku (vuosi 2022)	**Työpaikkojen lukumäärä (2021)**	**Palvelujen työpaikkojen osuus % (2021)**	**Jalostuksen työpaikkojen osuus % (2021)**	**Alkutuotannon työpaikkojen osuus % (2021)**	**Työttömiä työvoimasta % (2021)**	**Työpaikkaomavaraisuus % (työpaikat/työlliset) (2021)**
Kokkola	48 006	20 962	73,0	**23,5**	**2,7**	8,4	**104,8**
Luoto	5 732	1 179	55,7	**40,8**	2,1	1,9	47,7
Kruunupyy	6 405	2 341	43,3	**43,3**	**11,9**	4,1	82,5
Pedersören kunta	11 206	4 526	39,8	**50,6**	**8,4**	2,8	88,0
Pietarsaari	19 203	10 935	60,3	**37,9**	1,0	6,9	**135,9**
Uusikaarlepyy	7 434	3 254	44,9	**39,5**	**14,3**	3,5	98,8
Vöyri	6 287	2 383	51,6	**34,1**	**13,0**	3,9	87,5
Mustasaari	19 662	5 241	64,5	**28,0**	**5,4**	4,0	57,7
Vaasa	67 988	37 474	72,2	**26,7**	0,4	8,0	**124,3**
Koko maa	5 563 970	2 377 126	75,0	21,2	2,6	10,2	100

Lähiseudun satamien toimintaa on tarkasteltu luvussa 14.2.1. Merituulivoimapuiston ja merikaapelireittien lähiseudun ja vaikutusalueiden kalastusta on käsitelty luvussa 6.

Seuraavassa on kuvattu alueen elinkeinoja. Kuvassa 17-1 on esitetty hankkeen lähiseudun kalasatamat Meri- ja kalatalousverkoston tietojen (*2024*) mukaisesti.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 17-1. Hankealueen lähiseudulla sijaitsevat kalasatamat.

Hankkeen vaikutusalueen merkittävimpien yksittäisten matkailukohteiden sijainnit on esitetty luvun 19.2.2 kuvassa 19-10. Rannikolla ja saaristossa on tarjolla muun muassa seuraavia matkailupalveluja:

- saaristoristeilyt, veneretket ja -kuljetukset
- suppailu- ja melontakurssit ja -retket
- kalastus- ja pilkkiretket
- majoitusta

Yksittäisistä kohteista Kokkolan ulkosaaristossa sijaitseva Tankarin majakkasaari on suosittu vierailukohde, johon liittyen on tarjolla muun muassa seuraavia matkailupalveluja (*Visit Kokkola 2024*):

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

- kuljetukset saaristoristeilijällä tai taksiveneellä
- opastettu saarikierros ja majakkaesittely
- majoitusta (hostelli ja vierasmaja)
- kesäkahvila
- vierasvenesatama
- kokous- ja juhlapalvelut

Pietarsaaren Fäbodan alueella on kolme hiekkarantaa ja ravintola-kahvila sekä asuntovaunualue. Mässkärin saarella on luontoasema, jossa on ravintola sekä kokous- ja yöpymistilat. Saarelle pääsee säännöllisesti kulkevalla veneellä (*Visit Pietarsaari Jakobstad region 2023*). Merikaapelireitin MVE3 rantautumispaikan lähellä sijaitsee Pietarsaaren suomalaisen seurakunnan Merilän toimintakeskus, jossa on mahdollista järjestää juhlia, kokouksia, virkistyspäiviä tai leirikouluja. Kohteessa on mahdollista yöpyä ja myös rantasauna on vuokrattavissa. Seurakunnat järjestävät siellä esimerkiksi leirejä (*Pietarsaaren suomalainen seurakunta 2023*). Välittömästi Merilän eteläpuolella sijaitsee Svedjan leirikeskus, jota vuokrataan lumettomana aikana (*Elimförsamlingen i Jakobstad 2023*). Merilän pohjoispuolella muutaman sadan metrin etäisyydellä sijaitsee Pörkenäsin leirikeskus, jossa on mahdollista järjestää rippikouluja, leirikouluja, lasten- ja nuorisoleirejä ja yrityspäiviä sekä kokouksia (*Pörkenäs Lägergård 2023*).

Merikaapelireittien MVE1 ja MVE2 rantautumispaikkojen välissä Storsandin hiekkarannan kupeessa sijaitsee Klippanin leirikeskus, jossa voidaan järjestää erilaisten leirien lisäksi esimerkiksi kokouksia, juhlia ja muita yksityistilaisuuksia (*SLEF 2023*). Etäisyyttä lähimmille kaapelin vaihtoehtoiselle rantautumisalueille on noin kolme kilometriä.

Kaapelireittivaihtoehto MVE1a:n rantautumisalueen välittömässä läheisyydessä sijaitsee Kanäsin entinen öljyterminaali, jonka viimeaikaisesta toiminnasta ei ole saatavilla olevaa tietoa. Nykyisestä toiminnasta ei ole varmuutta, mutta luultavasti aluetta tullaan käyttämään energiavarastointiin (*Svenska Yle 2023*).

Mikkelinsaarten Kummelskärin luontoasema palvelee veneilijöitä ja matkailuyrittäjiä ryhmineen. Sinne järjestetään kesäaikaan runsaasti risteilyjä ja saarella on myös muun muassa näkötorni, kahvila, varaustupa ja venesatama. (*Luontoon.fi 2023*) Björköbyn Svedjehamnissa sijaitsee kalasataman lisäksi muun muassa kahvila-ravintola, näkötorni ja camping-alue (*Visit Björkö 2023*).

17.3 Vaikutusten arviointi

17.3.1 Investointi- ja käyttökustannukset

Gaia Consulting Oy:n tekemän selvityksen mukaan Laineen merituulivoimapuiston hankkeen investointikustannus on noin 5 500 miljoonaa euroa. Käyttökustannukset arvioitiin olevan merituulivoimapuiston elinkaaren aikana noin 2 800 miljoonaa euroa.

Taulukossa 17-2 on esitetty hankeinvestointikustannusten jakautuminen alueellisesti Pohjanmaan maakuntaan, muuhun Suomeen ja ulkomaille. Noin 85 prosenttia investointikustannuksista jakautuu ulkomaille, minkä arvo vastaa noin 4 700 miljoonaa euroa. Noin 5 prosenttia, eli noin 280 miljoonaa euroa kaikista hankeinvestointikustannuksista kohdistuu Pohjanmaan maakuntaan ja 550 miljoonaa euroa muualle Suomeen.

Taulukko 17-2. Hankeinvestointikustannusten (5 500 miljoonaa euroa "M€") jakauma alueellisesti. (Gaia Consulting Oy 2023)

Alueellinen taso	Osuus, %	Arvo, M€
Paikallinen	5	275
Muu Suomi	10	550

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Ulkomaat	85	4 675

Investointikustannuksista yli puolet, noin 60 prosenttia kohdistuu tuulivoimaloihin ja perustuksiin, mikä vastaa arvoltaan noin 3 200 miljoonaa euroa. Noin neljäsosa kustannuksista, noin 1 600 miljoonaa euroa kohdistuu sähköinfraan. Kierrätyskategorian vaikutusten on oletettu olevan 2 % kokonaiskustannuksista ja kohdistuvan 100 % Suomeen. Loput investointikustannuksista (14 %) jakautuvat hankekehityksen ja muiden kustannusten välillä (Taulukko 17-3).

Taulukko 17-3. Hankeinvestointikustannusten (5 500 M€) jakauma käytön mukaan. (Gaia Consulting Oy 2023)

	Osuus, %	Arvo, M€
Tuulivoimalat	40	2 200
Perustukset	18	990
Sähköinfra	26	1 430
Kierrätys	2	165
Hankekehitys	2	110
Muut kustannukset	12	660

Taulukossa 17-4 on esitetty käyttökustannusten jakautuminen alueellisesti Pohjanmaan maakuntaan, muuhun Suomeen ja ulkomaille. Noin 67 prosenttia investointikustannuksista jakautuu muualle Suomeen ja vastaa arvoltaan noin 1 900 miljoonaa euroa. Neljäsosa, eli 700 miljoonaa euroa kaikista käyttökustannuksista kohdistuu Pohjanmaan maakuntaan, ja loput noin 250 miljoonaa euroa (9 %) ulkomaille.

Taulukko 17-4. Käyttökustannusten (2 800 M€) jakauma alueellisesti. (Gaia Consulting Oy 2023)

Alueellinen taso	Osuus, %	Arvo, M€
Paikallinen	25	700
Muu Suomi	66	1 876
Ulkomaat	9	252

Käyttökustannuksista yli puolet, noin 50 prosenttia kohdistuu huoltoon, asennukseen ja varaosiin, mikä vastaa arvoltaan noin 1 500 miljoonaa euroa. Noin viidesosa kustannuksista, eli noin 500 miljoonaa euroa kohdistuu sekä sähkönsiirtokustannuksiin, että käytönaikaisiin vakuutuksiin. Noin 10 %, eli 250 miljoonaa euroa kuluu tuotannon valvontaan ja hallinnollisiin kuluihin ja loput 3 prosenttia, eli noin 50 miljoonaa euroa, vuokriin ja tuotannon tasapainon kustannuksiin, sähkön myyntiin ja toimitukseen (Taulukko 17-5). Laineen hankkeen investointien ja käytön suurin paikallinen vaikutus, noin 18 prosenttia syntyy huollosta, asennuksista ja varaosista.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 17-5. Käyttökustannusten (2 800 M€) jakauma käytön mukaan. (Gaia Consulting Oy 2023)

	Osuus, %	Arvo, M€
Huolto, asennus ja varaosat	53	1 484
Sähkönsiirtokustannukset	18	504
Käytönaikainen vakuutus	17	476
Tuotannon valvonta ja hallinto	9	252
Vuokrat	2	56
Tuotannon ja kulutuksen tasapainon kustannukset, sähkön myynti ja toimitus	1	28

Suomen Tuulivoimayhdistyksen arvion mukaan merelle rakennettaessa tuulivoimalan investointikustannukset ovat 20–50 % per MW korkeammat kuin maalle rakennettaessa (*Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2023b*). Laineen merituulivoimahankkeessa voimaloiden yksikköteho on maksimissaan 25 MW ja voimaloita rakennetaan enintään 150 kpl. Hankkeen tässä suunnitteluvaiheessa ei vielä tiedetä lopullista käytettävää voimalatyyppiä, mutta kokoluokaltaan Tuulivoimayhdistyksen arvioidun tiedon pohjalta merituulivoimalan investointikustannukset ovat noin 1,44–2,25 miljoonaa euroa per MW (*Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2023b)*. Tuulivoimapuiston kokonaisinvestointi koostuu hankekehityksen jälkeen itse tuulivoimaloiden lisäksi perustuksista, sähköinfrasta, sähköverkkoon liittämisen kustannuksista, suunnittelun ja valvonnan kustannuksista, asennus- ja käyttökustannuksista sekä vakuuttamisesta.

Tuulivoimalan vuotuiset käyttö- ja kunnossapitokustannukset ovat Tuulivoimalayhdistyksen mukaan noin 2–3 % projektin alkuperäisistä investointikustannuksista ja ne muodostuvat huolto-, vakuutus-, korjaus- ja hallinnointikustannuksista (*Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2023c*). Huolto- ja korjauskustannukset vaihtelevat voimakkaasti riippuen mm. tuulivoimapuiston koosta ja laitosten yksikkökoosta sekä huoltoetäisyyksistä ja -yhteyksistä. Merituulivoimaloiden huolto on huomattavasti kalliimpaa kuin maalla sijaitsevien voimaloiden. Voimaloiden ikääntyessä huolto- ja korjauskustannukset yleensä vähitellen kasvavat. Tuulivoimapuiston käytöstä poistosta muodostuu kustannuksia ja sitä myötä taloudellisia vaikutuksia liittyen mm. määrätyllä tavalla tehtävään puiston infrastruktuurin purkamiseen. Suomessa ei ole tietoa vastaavan kokoluokan merituulivoimahankkeisiin liittyvistä alueellisten investointien arvosta, koska kyseisen kokoisia tuulivoimapuistoja ei ole toteutettu. Suomessa on toteutettu vain yksi varsinainen merituulivoimahanke, olemassa oleva Tahkoluodon merituulivoimapuisto.

Yleisesti talous- ja työllisyysvaikutuksia tarkasteltaessa on huomioitava, että kyseessä ovat suuruusluokkatason arviot, joihin vaikuttavat erityisesti valittava tuulivoima- ja erityisesti perustustekniikka, paikalliset olosuhteet sekä toimitusketjuja koskevat valinnat. Tuulivoimapuiston rakentamisaikana usean vuoden ajan alueella työskentelee laajalti myös paikkakunnan ulkopuolisia asentajia pitkäaikaisesti majoittuen alueen majoitusliikkeissä. He myös hyödyttävät ostovoimallaan paikallisia yrityksiä tuomalla lisätuloja tukien näin esim. yritysten toiminnan kannattavuutta.

Vedyn tuotannon vaikutusmekanismit investointien kautta aluetalouteen ovat samantyyppisiä kuin merituulivoimankin ja niiden voidaan arvioida tässä hankkeessa aiheuttavan samansuuntaisia ja suuruisia vaikutuksia alueelle. Hankkeessa voidaan lopputilanteessa tuottaa joko pelkästään sähköä tai pelkästään vetyä tai osin sähköä ja osin vetyä. Hankkeen aluetaloudelliset vaikutukset

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Pohjanmaalla ja Keski-Pohjanmaalla ovat suurimmillaan hankkeen operoinnin aikana ja ne ovat kokonaisuutena merkittävät.

Käytön aikaiset investoinnit jäävät suuremmissa määrin paikallisiksi ja Suomen laajuisiksi. Gaia Consulting Oy:n arvion mukaan käyttökustannukset jakautuvat alueellisesti noin 25 %, muualle Suomelle noin 66 % ja Suomen ulkopuolelle 9 %.

17.3.2 Työllisyysvaikutukset

Gaia Consulting Oy:n tekemän selvityksen mukaan Laine työllistää Suomessa suunnittelu- ja rakentamisvaiheissa sekä käyttöaikana noin 13 000 henkilötyövuotta ja tuottaa yhteensä noin 7 300 miljoonaa euroa veroja. Selvityksen tulokset on esitetty alla taulukossa (Taulukko 17-6).

Taulukko 17-6. Henkilötyövuosien jakautuminen aluekohtaisesti ja elinkaaren aikana. (Gaia Consulting Oy 2023)

	Osuus, %	Henkilötyövuotta
Aluekohtaisesti, yht. 13 000 HTV		
Alueellisesti	34	4 420
Muu Suomi	66	8 580
Elinkaaren vaiheittain, yht. 13 000 HTV		
Suunnittelu, rakentaminen ja käytöstä poisto	30	3 900
Tuotanto	70	9 100

Tuulivoiman ja vedyn tuotannon todennäköisiä suoria työllisyysvaikutuksia muodostuu tuulivoimaloissa käytettävien osien ja materiaalien valmistamisesta sekä hankkeiden suunnittelusta, rakentamisesta, käytöstä, kunnossapidosta ja käytöstä poistosta. Etenkin rakentamisvaiheessa on käytetty laajalti muiden toimialojen tuottamia välituotteita ja palveluja liittyen mm. koneisiin, rakennusmateriaaleihin ja monenlaisiin palveluihin. Todennäköisiä työllistäviä vaikutuksia syntyy mm. seuraaville sektoreille:

- Projektikehitys- ja asiantuntijapalvelut
- Infrastruktuurin rakentaminen ja asentaminen
- Satama- ja teollisuusalueet
- Maa- ja merikuljetukset
- Majoitus- ja ravitsemuspalvelut
- Rahoitus- ja vakuutuspalvelut
- Sosiaali- ja terveyspalvelut

Työllisyysvaikutus jakautuu sekä hankealueen lähiseudulle Pohjanmaalla että kauemmas tuulivoimapuistossa käytettävien raaka-aineiden sekä voimalaitoskomponenttien kautta. Arviot tuotannon työllisyysvaikutusten alueellisesti jakaumasta on esitetty alla taulukossa (Taulukko 17-7).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 17-7. Tuotannon työllisyysvaikutusten jakauma alueellisesti. (Gaia Consulting Oy 2023)

	Paikallinen, %	Muu Suomi, %	Ulkomaat, %
Huolto, asennus ja varaosat	90	0	10
Tuotannon valvonta ja hallinto	50	50	0
Tasehallinta, sähkön myynti ja toimitus	0	100	0

Yleensä rakentamisen aikana työllisyysvaikutuksia muodostuu ennen muuta suunnittelusta, vesirakennustöistä ja muusta tuulivoiman ja vedyn tuotannon infrastruktuuriin liittyvästä rakentamisesta (mm. ruoppaukset, läjitykset, voimaloiden perustukset, vedyntuotantoasemien perustukset ja sähkönsiirto), esikokoonpanoon satamissa, kuljetuksista ja tuulivoimaloiden asennustöistä. Rakentamisvaiheessa tarvittavia alihankintapalveluita ovat esim. erilaiset konetyöt, kuljetukset (esim. kiviainesten ajo ja meriliikennöinti), voimaloiden perustustöihin liittyvät rakennustoimenpiteet, erilaiset asennuspalvelut, majoitus- ja ruokailupalvelut, vartiointipalvelut, koneiden ja laitteiden vuokraus, siivous ja jätehuolto sekä polttoaineiden hankinta. Tuulivoimapuiston ja vedyn tuotannon rakentamisessa käytetään mahdollisuuksien mukaan paikallista työvoimaa, mikä on riippuvainen siitä, miten alueella toimivat yritykset pystyvät tarjoamaan tarvittavia alihankintapalveluja. Paikallisen työvoiman osuus selviää hankkeen myöhemmässä suunnittelu- ja kilpailutusvaiheessa. Mitä enemmän tuulivoimapuiston ja vedyn tuotannon infrastruktuurin rakentamisessa voidaan hyödyntää paikallista työvoimaa, kalustoa sekä palveluita, sitä enemmän kohdentuu hyötyä paikalliselle elinkeinotoiminnalle ja sen kautta myös esim. verotuloja kunnille. Alueella työskentelevät paikkakunnan ulkopuoliset asentajat käyttävät lähiseudun palveluja monipuolisesti hyödyttäen näin alueen yrityksiä ja luomalla edellytyksiä työpaikoille.

Gaia Consulting Oy:n selvityksen mukaan hanke työllistää tuulivoimapuiston operointivaiheessa suoraan noin 9 100 henkilötyövuoden verran, eli 70 % hankkeen elinkaaren aikaisista henkilötyövuosista. Hanke työllistää jaksottaisesti ja välillisesti erilaisien työtehtävien kautta liittyen esim. tuulivoimaloiden ja tuulivoimapuiston muun infrastruktuurin huoltoon, kunnonvalvontaan, erilaisiin selvityksiin ja seurantoihin sekä tuotantoon liittyviin toimiin. Lisäksi koko tuulivoimapuiston elinkaaren ajan on kysyntää majoitus-, ravintola- ja muille tuulivoima-alan ulkopuolisille palveluille. Yleensä operointivaiheessa käytetään paljon paikallista työvoimaa. Esimerkiksi valvonnasta, kunnossapidosta ja huollosta vastaa tuulivoimalavalmistajan käyttämä paikallinen koulutettu työvoima. Yleensä erityisosaamista vaativa voimalakohtainen osaaminen hankitaan koulutuksin tuulivoimalavalmistajalta, jotta huolloista voi ensisijaisesti vastata paikallinen työvoima työssäkäyntialueelta.

Tuulivoimapuiston ja vedyn tuotannon toiminnan lopettaminen työllistää saman tyyppisellä tavalla kuin rakennusvaihe, muttei kuitenkaan kokonaisuutena yhtä mittavasti. Työvoiman tarve on pitkälti riippuvainen hankkeen infrastruktuurin purkamisen mittakaavasta, joka tehdään määrätyllä tavalla.

Yhteenvetona voidaan todeta hankkeesta aiheutuvan paikallisesti ja seudullisesti merkittäviä positiivisia suoria ja välillisiä työllisyysvaikutuksia, joiden merkitys arvioitiin kokonaisuutena merkittäväksi. Vuosikohtaiset vaikutukset ovat todennäköisesti suurimmillaan hankkeen rakentamisen aikana, mutta hanke työllistää jatkuvasti myös koko operointivaiheen ajan, mikä näkyy suurimpana osuutena koko elinkaaren henkilötyövuosien määrän arvioinnissa. Toiminnan lopettamisen aikana ulkopuolisen työvoiman tarve todennäköisesti kasvaa hetkellisesti.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

17.3.3 Verotulot

Gaia Consulting Oy:n tekemän selvityksen mukaan suurimmat mahdolliset verotulot syntyvät sähkön hintaan sisältyvästä arvonlisäverosta sekä sähkön hinnasta riippuvasta yhteisö- ja sähköverosta. Alla esitettävät mallinnukset perustuvat Tilastokeskuksenvuoden 2008 TOL-luokkiin ja toimialadataan. Työllisyys- ja ansiotuloverovaikutus perustuu toimialakohtaisiin tietoihin liikevaihdon rahavirtojen jakautumisesta ja alan keskimääräisistä palkkatiedoista.

17.3.3.1 Ansiotulovero

Gaia Consulting Oy:n tekemän arvion mukaan hankkeesta syntyvän ansiotuloveron määräksi on arvioitu 170 miljoonaa euroa, mistä 31 prosenttia kohdistuu alueellisesti esim. Pohjanmaan maakuntaan ja 69 prosenttia muualle Suomeen. Palkansaajan keskimääräiseksi ansiotuloveroprosentiksi on arvioitu 30 %. Kunnallisveron keskimääräinen osuus ansiotuloverosta on 24,6 % ja valtion osuus 75,4 %.

Taulukko 17-8. Ansio- ja yhteisöveron (170 M€ ja 41 M€) jakauma tuotantovaiheiden mukaan. (Gaia Consulting Oy 2023)

	Ansioverotulo	Yhteisövero
Tuotanto, %	65	76
Tuotanto, arvo M€	110,5	31,16
Suunnittelu, rakentaminen ja käytöstä poisto, %	35	24
Suunnittelu, rakentaminen ja käytöstä poisto, arvo M€	59,5	9,84

17.3.3.2 Yhteisövero

Gaia Consulting Oy:n tekemän arvion mukaan hankkeesta syntyvän yhteisöveron määräksi on arvioitu 41 miljoonaa euroa, mistä 22 prosenttia kohdistuu alueellisesti Pohjanmaan maakuntaan ja 78 prosenttia muualle Suomeen. Yhteisöveron määrä on laskettu olettaen yhteisöveroprosentiksi 20 %. Kuntien osuus yhteisöverosta on 23,9 % ja valtion osuus 76,1 %. Lisäksi hankkeen tuottaman sähkön myynnistä syntyy arviolta 600–2100 miljoonan euron yhteisöverotulot. Yhteisöverolaskelmien taustaoletuksena on, että OX2 perustaa hankekohtaisen projektiyhtiön, joka sijaitsee Suomessa, Suomen aluevesillä tai Suomen yksinomaisella talousvyöhykkeellä minkä seurauksena yhteisövero maksetaan kokonaisuutena Suomeen. Laineen merituulivoimahanketta varten on perustettu hankeyhtiö nimeltään Laine Offshore Wind Oy, jonka kotipaikka on Pietarsaari. Yhteisöverosta 76 prosenttia on arvioitu kohdistuvan tuotantovaiheeseen ja loput 24 % suunnittelu-, rakentamis- ja käytöstä poistovaiheeseen.

Taulukko 17-9. Sähkön myynnistä kerättävä yhteisöveron määrä (M€). (Gaia Consulting Oy 2023)

	Yhteisövero, M€
Energian hinta 40 €/MWh	600
Energian hinta 60 €/MWh	2 100

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Yhteisövero on arvioitu kassavirtapohjaisesti perustuen OX2:n toimittamiin hankeinvestointi- ja käyttökustannuksiin sekä sähkön myynnistä saatavaan liikevaihtoon, joka on arvioitu kahdella eri energian hinnalla: 1) 40 €/MWh ja 2) 60 €/MWh. Käytetty yhteisöveron suuruus on 20 %. Yhteisöveron suuruus on arvio teknologiakohtaisesti (merituulivoima, maatuulivoima ja aurinkosähkö). Yhteisövero on tämän jälkeen jyvitetty projektikohtaisesti tuotetun energian perusteella. Lisäksi laskennassa on oletettu, että projektiyhtiöiden liiketoiminnasta vierasta pääomaa olisi 70 % ja omaa pääomaa 30 %. Lainan koroksi on oletettu 5 % ja poistot on jyvitetty tasaisesti koko laitoksen sähköntuoton ajalle.

Taulukko 17-10. Ansio- ja yhteisöveron (170 M€ ja 41 M€) jakauma alueellisesti. (Gaia Consulting Oy 2023)

	Ansioverotulo	Yhteisövero
Paikallinen, %	31	22
Paikallinen, arvo M€	52,7	9,02
Muu Suomi, %	69	78
Muu Suomi, arvo M€	117,3	31,98

17.3.3.3 Sähkön arvonlisävero

Sähkön arvonlisänvero (24 %) on arvioitu tuotetun energian ja sähkönhinnan perusteella. Arvonlisäverokertymälaskelmissa sähkön hintana on käytetty kahta arviota: 1) 40 €/MWh 2) 60 €/MWh. Alemmalla 40 euron megawattituntihinnalla kokonaisarvonlisäverokertymäksi on arvioitu 3 700 miljoonaa euroa ja korkeammalla 60 euron megawattituntihinnalla 5 500 miljoonaa euroa.

17.3.3.4 Sähkövero

Merituulivoimapuiston tuottamasta sähköstä saatavan sähköveron kokonaiskertymäksi on arvioitu 2 800 miljoonaa euroa. Sähköveron suuruus on arvioitu oletuksella, että 30 % energiasta käytetään sähkön veroluokka I:ssä ja 70 % sähkön veroluokka II:ssa. Sähköveron suuruudeksi veroluokassa I on arvioitu 22,53 €/MWh ja veroluokassa II 0,63 €/MWh.

17.3.3.5 Kiinteistövero

Laineen merituulivoimahankkeen tuulivoimalat sijaitsevat talousvyöhykkeellä ja sen tuottamat kiinteistöverotuloon rinnastettavat tulot on mallinnettu nykyisen lainsäädännön mukaan (kiinteistövero-% 0) sekä huomioiden kaksi potentiaalista eri veroprosenttia (mahdollisesti tulevaisuudessa 1,55 % & 3,10 %). Korkein kiinteistöveroon rinnastettava tulo syntyisi 3,1 prosenttiyksikön kiinteistöverolla, mikä vastaisi noin 624 miljoonan euron verotuloja. Puolet pienemmällä veroprosentilla, 1,55 % kiinteistöverotuksen kokonaiskertymä olisi noin 312 miljoonaa euroa. Mikäli kiinteistöverossa sovellettaisiin nykyistä lainsäädäntöä, olisi veroprosentti nolla ja kiinteistöverokertymä myös siten nolla euroa (Taulukko 17-11). Esitetyillä veroprosenteilla on pyritty skaalaamaan mahdollisia talousvyöhykkeellä sovellettavia kiinteistöveroprosentteja sekä haettu verrokkia olemassa oleviin energiantuotantolaitoksiin. Voimalaitosten tapauksessa kiinteistövero saa olla korkeintaan 3,1 % ja 1,55 % vastaa siten kiinteistövero skenaariota, missä veroprosenttia pienennettäisiin tästä puoleen.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 17-11. Kiinteistöveroon rinnastettavat tulot eri kiinteistöveroprosenttien mukaan. *(Gaia Consulting Oy 2023)*

	Kiinteistöveroprosentti, %	Kiinteistöveroon rinnastettava tulo, M€
Nykyinen lainsäädäntö	0	0
Mahdollinen merituulivoimaan sovellettava kiinteistövero-% tulevaisuudessa	1,55	312
Korkein voimalaitokselle asetettava kiinteistövero-%	3,10	624

17.3.4 Kvalitatiiviset vaikutukset

Hankkeen synnyttämillä verotuloilla on positiivisia aluetaloudellisia vaikutuksia. Hanke työllistää laajalla alueella työntekijöitä, jotka maksavat ansiotuloistaan kunnallisveroa kotikunnalleen. Positiivisia vaikutuksia seuraa sekä suorista että epäsuorasti syntyvistä uusista työpaikoista ja olemassa olevien työpaikkojen säilymisestä. Paikalliset yritykset hyötyvät niin ikään hankkeen rakentamisesta ja toiminnasta ja ne maksavat kunnalle veroja esim. yhteisöveron muodossa.

Varsinaisen tuulivoimapuiston ja vedyn tuotannon toiminnasta kertyy yhteisöveroa, mutta sen määrä vaihtelee eikä veron saaja ole automaattisesti hankkeen sijaintikunta. On mahdollista, että Suomen talousvyöhykelain uudistuksen myötä jatkossa maksettaisiin kiinteistöveroja tai niihin rinnastettavia veroja myös talousvyöhykkeen hankkeiden osalta. Jo nyt talousvyöhykkeen merituulihankkeet maksaisivat kiinteistöveroa alueen kunnille maalle sijoittuvan sähköaseman osalta.

Hankkeella on myös mahdollisia vaikutuksia mm. alueen kalastukseen, jota on käsitelty luvussa 6.3. Sidosryhmäkeskusteluissa mm. kalastajien ja metsästäjien kanssa on noussut esille pohdintaa siitä, voisiko merituulivoimaloiden perustukset toimia oikein rakennettuina kaloille sopivana elinympäristönä ja siten lisätä kalastusmahdollisuuksia. Merialueen monikäyttöön eli MariPark-konseptiin liittyviä mahdollisuuksia suositellaan selvitettävän hankkeen jatkosuunnittelussa, jolloin voidaan vähentää mahdollisia kielteisiä vaikutuksia matkailuun, veneilyyn, kalastukseen (virkistyskalastus ja kalankasvatus) sekä metsästykseen liittyen ja jopa edistää niiden toimintaedellytyksiä jossain määrin.

Vaikutuksia liikenteeseen ja erityisesti meriliikenteeseen on arvioitu luvussa 14.3.

17.3.5 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

Mikäli hanketta ei toteuteta (VE0), jäävät hankkeen myötä syntyvät merkittävät positiiviset talous- ja työllisyysvaikutukset toteutumatta. Toisaalta tällöin myös rakentamisen aikaiset haitat kalastukselle sekä mahdolliset haitat ja hyödyt luontomatkailulle jäävät toteutumatta.

17.4 Yhteisvaikutukset

Tällä hetkellä tiedossa ei ole muita lähialueelle sijoittuvia aktiivisessa hankekehityksessä olevia merituulivoimahankkeita Suomen aluevesillä tai talousvyöhykkeellä. Lähimmät muut Suomeen suunnitteilla olevat merituulivoimahankkeet sijaitsevat yli 100 kilometrin etäisyydellä alueen kunnista. Johtuen hankkeen sijainnista talousvyöhykkeellä kuntiin kohdistuu suoria kiinteistöveroja

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

tämänhetkisen lainsäädännön mukaan vain maalle rakennettavista sähköasemarakennuksista. Näin ollen mahdollisista muista vastaavista talousvyöhykkeen hankkeista ei synny paikallisen tason suoria kiinteistöverotuloja nykylainsäädännön mukaan.

Merituulivoimahankkeiden etenkin rakentamissatamat saattavat olla satojenkin kilometrien etäisyydellä, ja niistä hoidetaan usean merituulivoimahankkeen rakentaminen. Tällä olisi huomattavat positiiviset vaikutukset ko. satamaan.

Ruotsin aluevesillä tai talousvyöhykkeellä on useita merituulivoimahankkeita suunnitteilla. Usean ison merituulivoimapuiston rakentamisella on monipuolisia myönteisiä vaikutuksia alueiden talouteen ja elinkeinotoimintaan myös kansainvälisellä tasolla. Aluetaloudelliset vaikutukset usean merituulivoimapuiston toteutuessa ovat kokonaisuutena merkittävät ja voivat ulottua välillisesti myös maiden rajojen yli. Yhteisvaikutusten osalta suurimmat voimalamäärät omaavilla hankevaihtoehdoilla on suuremmat taloudelliset yhteisvaikutukset kuin pienemmillä hankevaihtoehdoilla. Se, mihin maihin kansainvälisen tason myönteiset rakentamisen aikaiset talousvaikutukset kohdentuvat riippuu siitä, mistä maasta mm. rakentamisen aikaista työvoimaa ja kalustoa hankitaan sekä missä maassa komponentteja valmistetaan. Toiminnan ajan aluetalousvaikutukset kohdentuvat arviolta pääasiassa siihen maahan, mihin mahdolliset tulevaisuudessa talousvyöhykkeille määrättävät kiinteistöverot maksetaan, eikä näistä siten muodostu yhteisvaikutuksia Laineen hankkeen kanssa.

17.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys

Laineen hankkeella arvioitiin olevan merkittäviä positiivisia aluetaloudellisia vaikutuksia. Kohteen herkkyys arvioitiin molempien hankevaihtoehtojen osalta kohtalaiseksi johtuen merialueen ja rannikon läheisten alueiden matkailu- ja veneilyelinkeinoista. Suunnittelun, rakentamisen ja käytöstä poiston ajalta vaikutus arvioitiin VE1 ja VE2 hankevaihtoehdoissa kohtalaisen positiiviseksi ja tuotannon ajalta positiivinen vaikutus arvioitiin suureksi. Ero muutoksen suuruudessa johtuu vero- ja työllisyysvaikutusten painottumisesta tuotantoon, eli operoinnin aikaisiin vaikutuksiin.

Taulukko 17-12. Vaikutusten merkittävyys talouteen ja elinkeinoihin eri hankevaihtoehdoissa suunnittelun, rakentamisen ja käytöstä poiston aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus					Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen									
	Kohtalainen					VE0		VE1 VE2		
	Suuri									
	Erittäin suuri									

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Taulukko 17-13. Vaikutusten merkittävyys talouteen ja elinkeinoihin eri hankevaihtoehdoissa tuotannon aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen			Muutoksen suuruus				Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohta-lainen	Vähäi-nen	Ei muutosta	Vähäi-nen	Kohta-lainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäi-nen									
	Kohta-lainen					VE0			VE1 VE2	
	Suuri									
	Erittäin suuri									

17.6 Arvioinnin epävarmuudet

Hankkeen talous- ja elinkeinovaikutuksia arvioitaessa epävarmuutta lisää se, että hanke on varsin alkuvaiheessa, jolloin laskennan lähtötiedot on esitetty hyvin yleisellä tasolla. Hankkeen työllisyysvaikutusten ja taloudellisten vaikutusten merkittävyys ja alueellinen kohdistuminen riippuvat olennaisesti hanketoimijan tekemistä valinnoista, suomalaisesta kyvykkyydestä tarjota ulkomerialueen tuulivoimarakentamista/-operointia sekä alueen palvelutarjonnasta koskien materiaalien ja urakoiden toimitusketjuja. Suomessa toimivien tuulivoimapuistojen työllistävyydestä ja aluetaloudellisista vaikutuksista on vasta vähän systemaattisesti kerättyä tietoa. Lisäepävarmuutta arviointiin tuo se, että suunniteltu Laineen merituulivoimapuisto on yksi Suomen ensimmäisistä tämän kokoluokan merituulivoimapuistoista, joten vastaavantyyppisistä hankkeista ei ole olemassa kerättyä tietoa toteutuneista talous- ja elinkeinovaikutuksista.

Suurten merituulivoimahankkeiden osalta voi olla hankkeen alkuvaiheessa vaikea saada kattavaa kokonaiskuvaa siitä, onko hankkeen lopullinen hyöty suuri vai erittäin suuri ja miten se jakautuu hankkeen lähialueelle tai koko Suomelle.

Työllisyysvaikutuksia syntyy muun muassa suunnittelusta, rakentamisesta ja kuljetuksista sekä tuotannonaikaisesta huollosta ja ylläpidosta. Hankkeet työllistävät myös välillisesti, sillä työntekijät ja urakoitsijat tarvitsevat erilaisia palveluita, laitteita ja tuotteita. Taloudellisten etujen suhteen on tärkeää pohtia esimerkiksi, kuinka paljon hanke ja muut Pohjanlahden merituulivoimahankkeet synnyttävät investointeja ja esim. satamainfran kehittämistä. Lisäksi tulee arvioida myös muun paikallisen tai alueellisen infrastruktuurin (mm. uusia satamia, tie-, raide-, sähkö, tietoliikenneyhteyksiä) kehittämistä tai alueen merellisen matkailun edellytyksien (mm. virkistyskalastus- ja metsästysmatkailu) kehittämistä. Vaikutusarviointia tehdessä ei ole ollut vielä selvillä siirretäänkö hankkeen loppuhyödykkeet (sähkö ja/tai vety) paikalliseen tai alueelliseen käyttöön vai kenties ulkomaille. Nämä edellä mainitut talouteen vaikuttavat mekanismit eivät ole olleet vielä YVA-menettelyn aikana selvillä, mikä tuo arviointiin epävarmuutta.

Suuret uusiutuvan energian hankkeet voivat myös houkutella Suomeen ja alueelle muita investointeja, jotka tarvitsevat suuria määriä puhdasta ja kohtuuhintaista sähköä. Edelleen näillä muilla investoinneilla olisi positiivisia vaikutuksia alueen talouteen ja työllisyyteen. Näiden kerrannaisvaikutusten arviointi on kuitenkin tässä vaiheessa hyvin epävarmalla pohjalla.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

17.7 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen

Mahdollisia tuulivoimahankkeesta muihin elinkeinoihin kohdistuvia haitallisia vaikutuksia (esim. ammattikalastus, ks. luku 6.3) voidaan lieventää hankkeen suunnittelu- ja operointivaiheen aikaisella vuoropuhelulla hankevastaavan ja paikallisten elinkeinojen edustajien ja asukkaiden välillä.

Hankkeen hyväksyttävyyden näkökulmasta on olennaista, että mahdollisimman suuri osa hankkeesta muodostuvista positiivisista talousvaikutuksista kohdistuisi lähiseudulle. Tämän vuoksi on suositeltavaa pyrkiä etenkin hankkeen käyttövaiheessa hyödyntämään alueen yritysten ja työntekijöiden osaamista ja työpanosta. Tuulivoima-alan tulee panostaa yhdessä koulutussektorin kanssa alan osaamisen synnyttämiseen Suomessa.

Hankkeen vesistörakentamisen ajankohdalla sekä voimaloiden sijoittelulla voidaan vähentää kalastuselinkeinoon kohdistuvia haittoja. Lisäksi on pohdittu merituulivoima-alueiden mahdollisuuksia toimia ns. yhteiskäyttöalueina ja sen kautta esim. MariPark-konseptien luomisen alustana, missä esim. kalankasvatusta voitaisi harjoittaa merituulivoimapuiston alueella. Nämä ovat kuitenkin vasta kehitysasteella Suomessa.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

18 LUONNONVARAT

YHTEENVETO

- Luonnonvarojen hyödyntämisen näkökulmasta merituulivoimapuiston ja sähkön- tai vedyntuotannon vaikutukset ovat suurimmillaan hankkeen rakentamisvaiheessa, jolloin käytetään runsaasti erilaisia luonnonvaroja sekä käytetään energiaa eri rakenneosien valmistukseen ja rakentamiseen.
- Merituulivoimapuisto mahdollistaa tuulen hyödyntämisen tuottamalla sähköä, vetyä tai molempia. Vedyntuotanto merivedestä on fossiilivapaa tapa tuottaa vetyä, joka vastaa myös tarpeeseen säästää niukkoja makean veden luonnonvaroja.
- Merituulivoimapuiston ja sähkön- tai vedyntuotannon rakentamiseen tarvitaan erityisesti kiviaineksia, betonia ja terästä, joiden lisäksi tarvitaan monipuolisesti erilaisia materiaaleja. Rakenneosien valmistamisessa käytettävien materiaalien valmistaminen edellyttää suuria määriä raaka-aineita sekä energiaa, mistä aiheutuu ympäristövaikutuksia.
- Rakentamisen aikainen merenpohjan ruoppaus ja läjitys voi aiheuttaa muutoksia veden laatuun ja samentumiseen, mikä voi hetkellisesti haitata luonnonvarasta saatavia välittömiä ja välillisiä hyötyjä esimerkiksi virkistyskäytössä tai elinympäristönä kalastolle.
- Merituulivoimapuiston ja sähkön- tai vedyntuotannon rakenteiden huolto- ja mahdolliset korjaustoimenpiteet edellyttävät luonnonvarojen käyttöä ja energiaa vastaavalla periaatteella kuin rakentamisvaiheessa, mutta vaikutukset ovat kokonaisuutena huomattavasti pienempiä (esim. huoltoliikenne, voimaloiden osien huolto/korjaus).
- Hankkeen elinkaaren viimeinen vaihe on sen käytöstä poisto, kuten rakenneosien ja materiaalien kierrättäminen ja jätteiden käsittely. Tällä hetkellä tuulivoimalan materiaaleista suurin osa, etenkin metallit, ovat helposti kierrätettävissä. Suurimman haasteen kierrätykselle aiheuttavat lasi- tai hiilikuitukomposiiteista tehdyt roottorin lavat, mutta alalla tapahtuvan jatkuvan kehityksen vuoksi on oletettavaa, että tuulivoimapuiston käytöstä poiston aikana kierrätettävyys on huomattavasti vakiintuneempaa.
- Huomioitaessa hankevaihtoehtojen vaatimat materiaalimäärät vaihtoehdon VE2 vaikutukset luonnonvarojen hyödyntämiseen ovat hieman suuremmat kuin vaihtoehdon VE1, koska tehokkaammat voimalat ovat kooltaan isompia, jolloin rakenneosien valmistamisessa tarvitaan enemmän luonnonvaroja sekä energiaa. Ruoppausmäärä on suurempi vaihtoehdossa VE1 voimaloiden määrän ollessa suurempi.
- Materiaalikulutuksen näkökulmasta sähköntuotannolla on vedyntuotantoa suuremmat vaikutukset luonnonvarojen hyödyntämiseen sen kuluttaessa enemmän materiaaleja. Sähköä tuotettaessa rakentamisen aikainen ruoppausmäärä ja sitä myötä vaikutukset luonnonvarojen hyödyntämiseen ovat merkittävästi suuremmat kuin vetyä tuotettaessa. Toiminnan aikana vedyn tuotannon vaikutukset ovat suuremmat meriveden kulutuksen vuoksi.
- Merikaapelireiteistä ja vetyputkireiteistä pisimmän (MVE1a, VVE1) arvioitiin aiheuttavan eniten vaikutuksia luonnonvaroihin materiaalitarpeen ja merenpohjan muokkauksen alan kasvaessa. Vaikutukset pienenevät reittien lyhentyessä.

18.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Luonnonvara tarkoittaa kaikkea luonnossa olevaa, mitä ihminen kykenee hyödyntämään, esimerkiksi materiaalit, joista ihminen valmistaa esineitä. Luonnonvaroja on uusiutumattomia ja uusiutuvia riippuen siitä, onko kyseessä rajallinen varanto. Toinen jako voidaan tehdä aineettomien ja

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

aineellisten luonnonvarojen välillä. Uusiutumattomia luonnonvaroja ovat esimerkiksi fossiiliset polttoaineet ja metallit. Tuuli ja metsät ovat puolestaan esimerkkejä uusiutuvista luonnonvaroista. Tuuli on aineeton ja metsä aineellinen luonnonvara.

Merituulivoimapuiston ja merikaapelin tai vetyputken rakentamisesta aiheutuu luonnonvarojen hyödyntämiseen kohdistuvia vaikutuksia sekä luonnonvarojen käytöstä että käytön estymisestä johtuen. Luonnonvarojen hyödyntämistä tarkasteltiin muun muassa hankkeen tarvitsemien materiaalien kulutuksen näkökulmasta sekä hankkeen vaikutuksista muiden luonnonvarojen hyödyntämiseen. Hanke voi vaikuttaa luonnonvarojen hyödyntämiseen myös ihmisiin ja elinkeinoihin kohdistuvien vaikutusten kautta.

Hanke vaikuttaa luonnonvarojen hyödyntämiseen myös mahdollistamalla aineettoman luonnonvaran, tuulen, hyödyntämisen sähkön- tai vedyntuotantoon. Vetyä tuotettaessa mahdollistetaan myös meriveden hyödyntäminen energiantuotantoon. Arvioinnissa huomioitiin myös hankkeen mahdolliset vaikutukset muiden lähiseudulle suunniteltujen tuulivoimahankkeiden kannalta.

Tässä osiossa käsitellään hankkeen vaikutuksia luonnonvarojen hyödyntämiseen, joko estymisen tai mahdollistumisen näkökulmasta. Hankkeen toteuttamiseen tarvittavien ajoneuvojen ja työkoneiden vaatima polttoainekulutus on huomioitu ilmastolaskennassa luvussa 10, eikä polttoaineiden määrälaskelmaa tehdä tässä osiossa. Luonnonvaroista vesiympäristön (luku 6) sekä maa- ja kallioperän ja pohjaveden (luku 7) vaikutusarviot on tehty erikseen, ja niiden osalta tässä luvussa huomioidaan vain käytettävät materiaalit.

Hankkeen suorat vaikutukset luonnonvaroihin:

- Merituulivoimapuiston ja sähkön- tai vedyntuotannon rakenteiden tarvitsemat materiaalit. Tarkastelussa on arvioitu merituulivoimapuiston sekä sähkön- tai vedyntuotannon rakentamisen vaatimien materiaalien tarvetta.
- Merituulivoimapuiston ja sähkön- tai vedyntuotannon rakentamisen vaikutus alueen luonnonvaroihin ja niiden hyödyntämiseen. Vaikutuksia on arvioitu selvittämällä merenpohjan muokkauksen ja meriveden hyödyntämisen vaikutuksia.
- Vaikutukset luonnonvaroja hyödyntävään elinkeinoelämään (maanottoalueet).
- Vaikutukset luonnonvaroja hyödyntävään virkistyskäyttöön (esim. kalastus). Kaukana avomerellä sijaitsevan merituulivoimapuiston alueella ei ole merkittävää virkistyskäyttöä, mutta merikaapelien tai vetyputken alueella lähempänä rannikkoa ja saaristoa voidaan muun muassa veneillä ja purjehtia.
- Hankkeen myötä muodostuvan jätteen määrä ja kierrätettävyys. Hankkeen vaikutusten arvioinnin osana on selvitetty merituulivoimapuiston ja sähkön- tai vedyntuotannon rakentamisesta, huoltamisesta ja purkamisesta muodostuvan jätteen määrä ja hyödyntämismahdollisuuksia.

Hankkeen välilliset vaikutukset luonnonvaroihin:

- Merituulivoimapuiston mahdollistama uusiutuvan tuulivoiman hyödyntäminen energiantuotannossa. Hanke tukee Suomen tavoitetta saavuttaa hiilineutraalius vuonna 2035.

Hankkeen vaikutuksia luonnonvaroihin ovat arvioineet alan kokeneet asiantuntijat.

18.2 Nykytila

Tuulivoimapuiston alueen ja merikaapelireittien alueilla hyödynnetään luonnonvaroja siten, että siellä harjoitetaan ammatti- ja virkistyskalastusta luvussa 6 kuvatulla tavalla.

Suomen merialueilla on kartoitettu lähes kaikki potentiaaliset hiekka- ja sora-ainesten esiintymisalueet mantereelta merialueille jatkuviin harjumuodostumiin ja Salpausselkiin liittyen. Kartoitukset ovat rajoittuneet pääosin Suomen aluevesille ja talousvesivyöhykkeeltä niitä on tehty vain vähän (*Ympäristöministeriö 2021b*). Laineen merituulivoimapuistoa lähimmät tiedossa olevat hiekka- ja soravarantoalueet sijoittuvat merikaapelireittien MVE1 ja MVE2 lähialueelle noin 15 kilometrin etäisyydelle mantereesta. Yleisesti merellä vain pieni osa hiekasta ja sorasta on

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

tosiasiassa hyödynnettävissä, eikä tällä hetkellä ole tiedossa hanketta, jossa kaapelireittien lähialueen varantoja hyödynnettäisiin.

Laineen suunniteltua merituulivoimapuistoaluetta vastaavalle alueelle on haettu toisen tuulivoimatoimijan toimesta tutkimuslupaa merituulivoimahankkeelle (VN/17444/2021) ja päätös on saatu 18.1.2022 (*Valtioneuvosto 2022*). Yhtiön tavoitteena on perustaa Suomen talousvyöhykkeelle Kokkola–Pietarsaaren edustalle suuren mittaluokan sähköntuotantotehon mahdollistava merituulivoimapuisto. Hankkeesta on kerrottu lisää luvussa 21.

18.3 Vaikutusten arviointi

18.3.1 Merituulivoimaloiden, voimajohtojen ja vetyputkistojen valmistamisen materiaalit

Hankkeessa käytettävä merituulivoimaloiden tornityyppi valikoituu käytettävän voimalamallin perusteella. Merituulivoimaloiden tornit ovat tyypillisesti terästorneja, minkä lisäksi voimaloiden konehuoneessa käytetään myös esimerkiksi alumiini- ja kuparikomponentteja. Roottorin lavat ja konehuoneen rakennus valmistetaan nykyään yleisimmin komposiittimateriaaleista, joissa käytetään yleensä lasi- ja hiilikuituja sisältävää komposiittia. Lasi- ja hiilikuitukomposiiteille ollaan kehittämässä myös korvaavia materiaaleja. Lisäksi merituulivoimaloissa käytetään kemikaaleja ja öljyjä arviolta noin 25 000 litraa/voimala.

Merituulivoimalat asennetaan meriperustukselle, joka voi olla pohjan ominaisuuksien mukaan betoni- tai teräsrakenteinen gravitaatio- eli painovoimaperustus, teräsristikkorakenteinen perustus, hybridigravitaatioperustus tai teräsrakenteinen paaluperustus. Perustustapoja on kuvattu tarkemmin luvussa 1.5. Voimaloiden perustuksiin tarvittavan kiviaineksen määrät ovat suuria ja ne riippuvat perustamistavasta, joka päätetään tarkempien maaperätutkimusten perusteella, sekä paikallisista olosuhteista. Periaatteena on kuitenkin minimoida tarvittavan kiviaineksen määrä kussakin olosuhteessa. Merituulivoima-alueelle tarvittava maa- ja kiviaines tuodaan lähtökohtaisesti mantereelta meriteitse. Merenpohjan ruopattavat sedimentit on tarkoitus läjittää rakennettavan tuulivoimapuiston alueelle tai sen lähialueelle erikseen osoitettaville läjitysalueille tai mahdollisuuksien mukaan sedimentit siirretään rakennuspaikan välittömään läheisyyteen, jolloin niitä voidaan hyödyntää rakentamisessa.

Merituulivoimapuiston tuottaessa sähköä merikaapelit asennetaan merenpohjaan ja ennen kaapelin laskua merenpohjaa joudutaan mahdollisesti muokkaamaan kaapeliojan tekemiseksi. Kaapeloinnissa käytetään painavaa pohjalle laskeutuvaa merikaapelia, joka rakentuu useista eri materiaaleja sisältävistä komponenteista. Kaapelit ja suojaputket suojataan tarpeen mukaan esimerkiksi betonilla, kiviaineksilla tai laatoilla. Suojaaminen voi edellyttää paikoin myös pienimuotoista louhintaa. Merituulivoimapuiston sisäiset kaapelit haudataan merenpohjaan suihkuttamalla, eikä suojausta tarvita. Merisähköasemien rakentaminen vaatii rakennusmateriaaleja ja voi edellyttää myös pohjan muokkausta. Merisähköaseman perustuksen koko ja siihen kuluvat materiaalit riippuvat valitusta perustustyypistä samaan tapaan kuin merituulivoimaloissa.

Vedyn tuotanto voidaan toteuttaa eri tavoilla, jotka on esitetty teknisessä kuvauksessa (luku 2). Vaikutusarviossa on arvioitu vaikutukset luonnonvaroihin siinä tapauksessa, jossa vety tuotetaan kahdeksalla erillisellä tuotantoasemalla merellä, jonka rakentaminen vaatii eniten pohjan muokkausta ja rakennusmateriaaleja tuotantovaihtoehdoista. Vetyaseman perustus riippuu valitusta perustustyypistä, jotka ovat samat kuin merituulivoimaloilla ja sähköasemilla. Vety kuljetetaan mantereelle vetyputkistoa pitkin, jonka on oletettu olevan muovia. Vedyn varastointi on esitetty YVA-selostuksen B-osassa sen sijoittuessa mantereelle.

Merituulivoimaloiden, sähköntuotannon ja vedyn tuotannon päärakenneosat ja -materiaalit on esitetty taulukossa 18-1. Tiedot materiaalimääristä ovat pääosin hankekehittäjältä (tällöin taulukossa 18-1 viitattu *OX2 2023* tai *OX2 2024*) tai muista taulukossa esitetyistä lähteistä (Taulukko 18-1). On huomioitavaa, että taulukossa esitetyt arviot ovat suurimpia arvioituja

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

materiaalimääriä, ja esimerkiksi tuulivoimaloiden perustuksiin käytettävien kiviainesten määrään voidaan vaikuttaa merkittävästi teknisellä suunnittelulla. Merituulivoimapuistossa voidaan tuottaa joko sähköä, vetyä tai molempia, ja materiaalitarve on suurimmillaan tilanteessa, jossa tuotetaan 100 % sähköä. Kiviainesten tarve on arvioitu vain sähköntuotannon kokonaisuudelle kuvastamaan maksimivaikutusta.

*Taulukko 18-1. Merituulivoimapuiston ja sähkön- tai vedyntuotannon päärakenneosat ja -materiaalit ja arvioitu massa. *Alkuaineet: alumiini, boori, kromi, kupari, dysprosium, rauta, mangaani, molybdeeni, neodyymi, nikkeli, praseodyymi, terbium ja sinkki.*

Rakenneosa	**Materiaali**	**Massa**
Merituulivoimala		
Perustus	Kiviaines	5 000–6 000 t/voimala *(OX2 2024*)
Perustus	Betoni	243 000 t/GW (*Euroopan Unioni 2020*)
Perustus, torni	Teräs	119 500 t/GW (*Euroopan Unioni 2020*)
Napa, lavat	Polymeerit	4 600 t/GW (*Euroopan Unioni 2020*)
Lavat, napa	Lasi-/hiilikuitukomposiitit	8 100 t/GW (*Euroopan Unioni 2020*)
Torni, napa, lavat	Alkuaineet*	21 109 t/GW (*Euroopan Unioni 2020*)
100 % sähköntuotanto		
Merisähköasema		
Perustus	Betoni	7 000 t/perustus (*OX2 2023*)
Perustus	Teräs	1 000 t/perustus (*OX2 2023*)
Sähköasema	Teräs	1 750 t/sähköasema (*OX2 2023*)
Merituulivoimapuiston sisäinen sähkönsiirto		
Merikaapelit	Teräs, alumiini, kupari	2 kg/m (*Fingrid 2015*)
Merituulivoimapuiston ja mantereen välinen sähkönsiirto		
Merikaapelit	Teräs, alumiini, kupari	2 kg/m (*Fingrid 2015*)
Suojaus	Kiviaines	3 180 000 t/yht. (*OX2 2024*)
100 % vedyn tuotanto		
Vedyn tuotantoasema		
Perustus	Betoni	7 000 t/perustus (*OX2 2023*)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Rakenneosa	**Materiaali**	**Massa**
Perustus	Teräs	1 000 t/perustus (*OX2 2023*)
Vedyntuotantosema	Teräs	1 750 t/sähköasema (*OX2 2023*)
Vetyputket		
Vientiputket mantereelle	Muovi	18 400 t (*OX2 2023*)
Merituulivoimapuiston putket	Muovi	21 300 t (*OX2 2023*)

Materiaalitarve on suurin tilanteessa, jossa tuotetaan 100 % sähköä. Kokonaan sähköä tuottavan merituulivoimapuiston rakennusosien yksikkömassojen perusteella on laskettu eri reittivaihtoehdoille viitteellinen materiaalimäärä, joka kuvastaa suurinta arvioitua materiaalikulutusta. Määrälaskennassa merisähköasemien määräksi on arvioitu enintään kahdeksan. Merituulivoimapuiston sisäinen sähkönsiirto on laskettu siten, että jokaisen tuulivoimalan välille sijoittuu yksi kaapeli. Sähkönsiirtoon mereltä mantereelle tarvittavien merikaapelien määrä on yhteensä 10. Eri reittivaihtoehtojen pituudet on arvioitu suurpiirteisesti karttatarkastelun perusteella huomioiden merenpohjan vaihtelun myötä kasvava kaapelin pituus. Arviossa on oletettu, että merikaapelireitit peitetään kiviaineksilla koko pituudelta, mutta todellisuudessa 15 metriä syvemmälle sijoittuvia kaapeliosuuksia ei peitetä. Rakentamisen vaatimat suuntaa antavat raaka-ainemäärät eri hankevaihtoehdoille on esitetty taulukossa 18-2.

*Taulukko 18-2. Suuntaa antava arvio 100 % sähköä tuottavan merituulivoimapuiston vaatimasta materiaalimäärästä. *Alkuaineet: alumiini, boori, kromi, kupari, dysprosium, rauta, mangaani, molybdeeni, neodyymi, nikkeli, praseodyymi, terbium ja sinkki.*

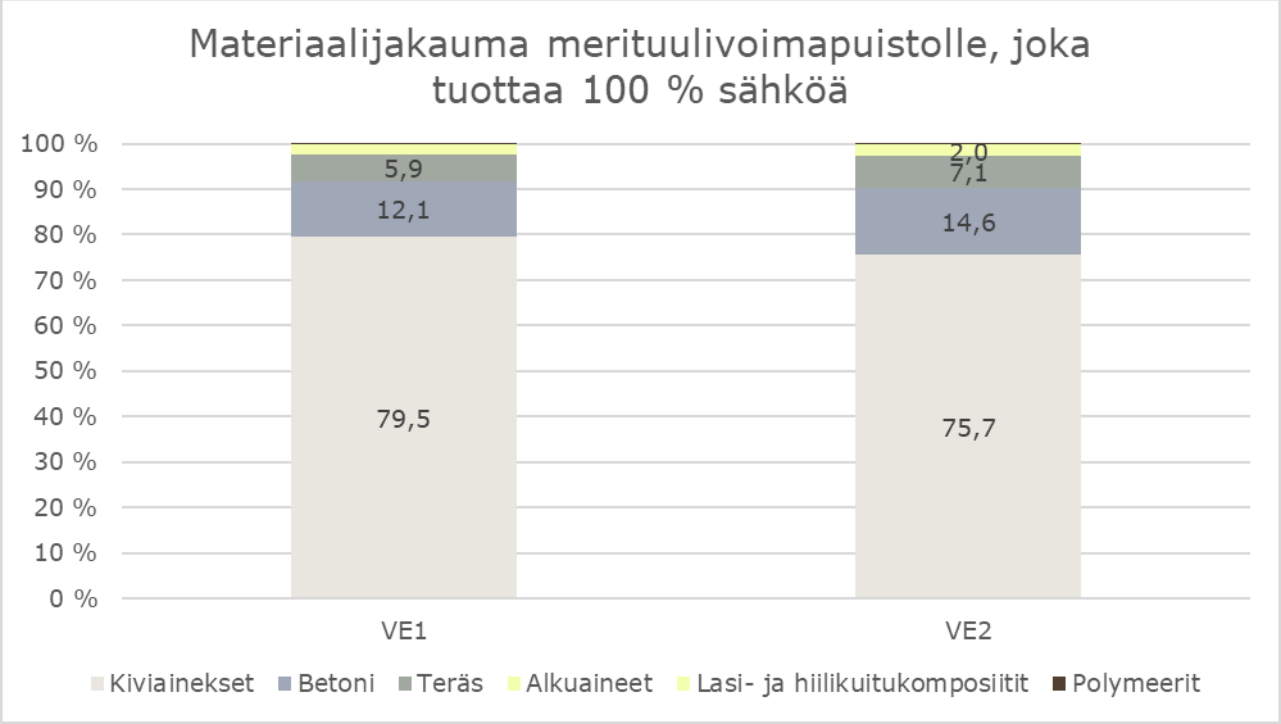
Merituulivoimapuisto	**VE1**	**VE2**
Merituulivoimaloiden lkm	**150**	**113**
Merituulivoimaloiden teho [MW]	15	25
Kiviaines yhteensä [t]	768 000	680 000
Betoni yhteensä [t]	546 750	686 470
Teräs yhteensä [t]	268 880	337 580
Polymeerit yhteensä [t]	10 350	12 995
Lasi-/hiilikuitukomposiitit yhteensä [t]	18 000	22 600
Alkuaineet yhteensä [t]	47 500	59 630
Kokonaismateriaalimäärä merituulivoimaloille [t]	1 659 475	1 799 290
100 % sähköntuotanto	**VE1**	**VE2**

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merisähköasemien max lkm	**8**	**8**
Betoni yhteensä [t]	56 000	56 000
Teräs perustuksiin yhteensä [t]	8 000	8 000
Teräs sähköasemaan yhteensä [t]	14 000	14 000
Merituulivoimapuiston sisäisen sähkönsiirron pituus voimaloiden välillä [km]	1,75	2,0
Teräs, alumiini, kupari yhteensä [t]	525	452
Merituulivoimapuiston ja mantereen välinen sähkönsiirto [km]	35–50	35–50
Merikaapelien määrä	10	10
Teräs, alumiini, kupari yhteensä [t]	700–900	700–900
Kiviainekset yhteensä [t]	3 180 000	3 180 000
Kokonaismateriaalimäärä 100 % sähköä tuottavalle merituulivoimapuistolle [t]	**4 918 350–4 918 500**	**5 099 380—5 099 580**

Hankevaihtoehtojen kokonaismateriaalimäärien materiaalijakaumat sähköä tuottavalle merituulivoimapuistolle on esitetty kuvassa 18-1.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 18-1. Materiaalijakauma merituulivoimapuistolle, joka tuottaa 100 % sähköä. Kuvaajissa on käytetty eri merikaapelireittivaihtoehtojen kokonaismateriaalimäärän keskiarvoa. Merikaapelien materiaalit on sisällytetty kokonaisuudessaan alkuaineisiin. Alle kahden prosentin osuuksia ei ole esitetty lukuarvoina.

18.3.2 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

Luonnonvarojen hyödyntämisen näkökulmasta merituulivoimapuiston ja sähkön- tai vedyntuotannon vaikutukset ovat suurimmillaan hankkeen rakentamisvaiheessa, jonka arvioitu kesto on noin kolme vuotta. Merituulivoimaloiden komponenttien ja perustusrakenteiden sekä sähkön- tai vedyntuotannon rakenneosien valmistamisessa käytettävien materiaalien valmistamiseen tarvitaan suuria määriä raaka-aineita sekä energiaa, mistä aiheutuu ympäristövaikutuksia esimerkiksi metallien louhimisesta. Ympäristövaikutusten suuruuteen vaikuttavat tuottamisessa käytetyt toimintatavat sekä käytettävän energian tuotantotapa. Hankkeen rakentamisessa käytetään runsaasti erilaisia työkoneita ja -aluksia, joiden käyttäminen edellyttää niin ikään luonnonvaroja niin materiaalina kuin energiana. Hankkeen merialueelle tarvittava maa- ja kiviaines tuodaan lähtökohtaisesti mantereelta meriteitse.

Merituulivoimapuiston rakentamisen aikainen ruopattavien sedimenttien määrä on suurin tilanteessa, jossa tuotetaan 100 % sähköä. Ruoppaustarpeen arvioitiin merituulivoima-alueella olevan enimmillään tilanteessa, jossa hankkeen jokainen tuulivoimala sekä sähköasemat toteutetaan painovoimaperustuksella. Tällöin ruopattavia massoja on enintään noin 2 630 000–2 830 000 m^3. Meriläjitysalueet sijoitetaan merituulivoimapuiston alueelle tai lähialueelle ja lähelle kaapelireittejä. Ruoppaus- ja läjitystoiminta voivat vaikuttaa hetkellisesti veden laatuun samentumisena haitaten luonnonvaran välittömiä ja välillisiä hyötyjä esimerkiksi virkistyskäytössä tai elinympäristönä kalastolle.

Rakentamisella ei arvioitu olevan vaikutuksia lähialueiden hiekka- tai soravarantoalueisiin tai niiden hyödyntämiseen.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merikaapeleiden tai vetyputken rakentamisen aikana alueet voivat olla turvallisuussyistä pois virkistyskäytöstä, joka rajoittaa hetkellisesti paikallisten luonnonvarojen hyödyntämistä. Sekä merikaapeleiden että vetyputkien rakentaminen vaatii ruoppaamista, mutta merikaapeli vaatii merkittävästi enemmän. Merikaapelin vaatimien ruoppausmäärien arvioitiin olevan enimmillään noin 630 000 m^3 ja ruoppausmassat sijoitetaan samoille läjitysalueille kuin tuulivoimapuiston alueelta ruopattavat massat. Merikaapelin sijoittuessa matalampaan kuin 15 metrin syvyyteen, on kaapeli suojattava kiviaineksilla, jotka hankitaan vastaavasti kuin merituulivoimapuiston tarvitsemat kiviainekset.

18.3.3 Toiminnan aikaiset vaikutukset

Merituulivoimapuiston oletettu käyttöikä tulevaisuudessa on noin 35–40 vuotta, jonka aikana hanke mahdollistaa tuulen hyödyntämisen energiantuotantoon. Käyttöikä varmistetaan toiminnan aikaisilla huolto- ja korjaustoimenpiteillä, jotka edellyttävät luonnonvarojen käyttöä materiaalina ja energiana vastaavalla periaatteella kuin rakentamisvaiheessa, mutta vaikutukset ovat kokonaisuutena huomattavasti pienempiä. Myös sähkön- tai vedyntuotannon rakenteet ja laitteistot vaativat vastaavasti käytön aikana huolto- ja korjaustoimenpiteitä. Toimintansa aikana merituulivoimapuisto tuottaisi merkittävän määrän energiaa. Toteutuessaan suunnitellussa laajuudessaan joko vaihtoehdon VE1 (150 voimalaa) tai VE2 (113 voimalaa) mukaisesti sen vuosittainen sähköntuotanto olisi enemmän kuin Olkiluoto 2 -ydinvoimala tuotti vuonna 2020.

Vedyn tuotantoon hyödynnetään merivettä päivittäin lähes 5 500 m^3 (elektrolyysin vedentarve) tuulivoimapuiston tuottaessa pelkkää vetyä. Vesi on luonnonvarana uusiutuva, mutta rajallinen. Rajallisuus on uhkana lähinnä makean veden saannille, sillä 97 % maailman vesivaroista on merivettä. Elektrolyysi, jossa fossiilivapaata vetyä voidaan tuottaa hajottamalla vettä vedyksi ja hapeksi, on suotuisampaa luonnonvarojen näkökulmasta kuin fossiilisesta alkuperästä valmistettu vety. Samoin vedyn tuotanto merivedestä kuluttaa vähemmän niukkoja luonnonvaroja verrattuna tuotantoon makeasta vedestä. Vedyn tuotannon sivutuotteena syntyvä suolavesi lasketaan takaisin mereen, mikä voi paikallisesti ja hetkellisesti nostaa veden suolapitoisuutta. Ilmiö on marginaalinen merialueella eikä siitä arvioida olevan haittaa luonnonvarojen näkökulmasta. Vedyn tuotannon myötä meriveteen kohdistuu myös pientä lämpökuormaa, mutta sen vaikutusten ei arvioida olevan merkittävä luonnonvarojen hyödyntämisen näkökulmasta.

Merituulivoimapuistolla ja sähkön- tai vedyntuotannolla tai tuotetun energian siirtämisellä mantereelle joko merikaapelilla tai vetyputkistolla ei pääosin ole toiminnan aikaisia vaikutuksia lähialueiden hiekka- tai soravarantoalueisiin ja niiden hyödyntämiseen tai vesialueiden luonnonvarojen hyödyntämiseen virkistyskäyttöön.

18.3.4 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset

Merituulivoimapuiston ja sähkön- tai vedyntuotannon elinkaaren viimeinen vaihe on käytöstä poisto sekä laitteiden ja materiaalien kierrättäminen ja jätteiden käsittely. Purkamisen työvaiheet ja kalusto sekä niiden energiantarve ovat vastaavan tyyppisiä kuin rakennusvaiheessa. Tuulivoimaloiden sekä merisähkö- ja vetyasemien perustukset poistetaan tarvittaessa kokonaan tai osittain. Myös merikaapelit ja vetyputket voidaan käyttövaiheen päätyttyä poistaa. Merenpohjassa olevien rakenteiden poistaminen voi vaikuttaa hetkellisesti veden laatuun samentumisena haitaten luonnonvaran hyödyntämistä välittömästi tai välillisesti.

Purkutyöllä ei arvioida olevan vaikutuksia hiekka- tai soravarantoalueisiin tai niiden hyödyntämiseen. Purkutyön yhteydessä ei ole tarvetta ruopata merenpohjaa.

Merikaapeleiden tai vetyputken purkamisen aikana alueet voivat olla turvallisuussyistä pois virkistyskäytöstä, joka rajoittaa hetkellisesti luonnonvarojen hyödyntämistä. Purkamisen jälkeen nämä alueet vapautuvat takaisin virkistyskäyttöön.

Hankkeella ei arvioitu olevan toiminnan jälkeisiä vaikutuksia alueen luonnonvarojen hyödyntämiseen. Toiminnan päättyessä merikaapeleille tai vetyputkistolle varattu alue sekä alueella

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

sijaitsevat luonnonvarat vapautuvat käyttöön sellaisenaan kuin ne olivat ennen toimintaa. On todennäköistä, että merenpohjaan kuljetetut kiviainekset jätetään merenpohjaan, sillä se on teknis-taloudellisesti ja ympäristön kannalta järkevin vaihtoehto.

18.3.5 Kiertotalous ja jätteet

Luonnonvarojen ylikulutusta hillitään kiertotaloudella, jossa materiaaleja hyödynnetään resurssiviisaasti ja kestävästi siten, että ne pysyvät kierrossa pitkään ja turvallisesti. Viime vuosina kiertotaloutta on edistetty lainsäädäntötasolta alkaen, ja kansallinen jätelainsäädäntömme on päivitetty vastaamaan EU:n jätedirektiivin (EU 2018/851) vaatimuksia. Uuden jätelain (714/2021) tarkoituksena on muun muassa edistää kiertotaloutta ja luonnonvarojen käytön kestävyyttä sekä vähentää jätteen määrää ja haitallisuutta.

Jätteiden käsittely tulee toteuttaa jätehierarkian etusijajärjestyksen mukaisesti (jätelaki 646/2011 § 8):

1. Ensisijaisesti on vähennettävä syntyvän jätteen määrää ja haitallisuutta.
2. Jos jätettä kuitenkin syntyy, jätteen haltijan on ensisijaisesti valmisteltava jäte uudelleenkäyttöä varten.
3. Jos uudelleenkäyttö ei ole mahdollista, jäte on kierrätettävä.
4. Jos kierrätys ei ole mahdollista, jätteen haltijan on hyödynnettävä jäte muulla tavoin, mukaan lukien hyödyntäminen energiana.
5. Jos hyödyntäminen ei ole mahdollista, jäte on loppukäsiteltävä.

Merituulivoimapuisto rakennetaan mahdollisimman pitkälle esikootuista osista, jolloin rakentamisen aikana muodostuva jätemäärä on melko pieni.

Toiminnan aikana jätteitä muodostuu merituulivoimapuiston ja sähkön- tai vedyntuotannon kunnossapidosta kuten osien korjauksesta ja/tai vaihdosta. Käytöstä poistetut materiaalit pyritään käsittelemään jätehierarkian etusijajärjestyksen mukaisesti. Esimerkiksi vaihteistoöljyt vaihdetaan muutaman kerran voimalan elinaikana, ja käytetty öljy voidaan kierrättää jäteöljynä.

Toiminnan päättyä merituulivoimapuiston ja sähkön- tai vedyntuotannon materiaalit voidaan hyödyntää ensisijaisesti kierrättämällä materiaalit takaisin raaka-aineeksi, kuten perustusten betoniosat voidaan murskata ja käyttää esimerkiksi maanrakennuksen täyteaineena. Kierrätykseen, uusiokäyttöön tai muuten hyödynnettäväksi kelpaamattomat materiaalit hävitetään asianmukaisesti. Eri rakennusosien valmistamiseen tyypillisesti käytettävät materiaalit ja niiden kierrätettävyys on arvioitu taulukossa 18-3.

*Taulukko 18-3. Merituulivoimapuiston ja sähkön- tai vedyntuotannon osien materiaalit ja arvio niiden kierrätettävyydestä. *Alkuaineet: alumiini, boori, kromi, kupari, dysprosium, rauta, mangaani, molybdeeni, neodyymi, nikkeli, praseodyymi, terbium ja sinkki. **Materiaalit voidaan teoriassa kierrättää lähes täysin materiaalina, mutta käytännössä perustusten purkaminen ei välttämättä ole kustannustehokas tai ympäristön kannalta järkevä ratkaisu. Esitetty kierrätysprosentti on se osuus perustuksesta, joka oletetaan poistettavan, ja sen oletetaan olevan täysin kierrätettävissä. Loppuosaa perustuksesta ei oleteta purettavan tai poistettavan merenpohjasta.*

Rakenneosa	**Materiaali**	**Kierrätettävyys (arvio)** **Arvioitu kierrätysaste**	**Massa**
Merituulivoimapuisto			
Perustus	Kiviainekset	10 %**	5 000–6 000 t/voimala *(OX2 2024*)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Rakenneosa	**Materiaali**	**Kierrätettävyys (arvio)** **Arvioitu kierrätysaste**	**Massa**
Perustus	Betoni	10 %**	243 000 t/GW (*Euroopan Unioni 2020*)
Perustus, torni	Teräs	90 %	119 500 t/GW (*Euroopan Unioni 2020*)
Napa, lavat	Polymeerit	50 %	4 600 t/GW (*Euroopan Unioni 2020*)
Lavat, napa	Lasi-/hiilikuitu-komposiitit	50 %	8 100 t/GW (*Euroopan Unioni 2020*)
Torni, napa, lavat	Alkuaineet*	100 %	21 109 t/GW (*Euroopan Unioni 2020*)
100 % sähköntuotanto			
Merisähköasema			
Perustus	Betoni	10 %**	7 000 t/perustus (*OX2 2023*)
Perustus	Teräs	90 %	1 000 t/perustus (*OX2 2023*)
Sähköasema	Teräs	100 %	1 750 t/sähköasema (*OX2 2023*)
Merituulivoimapuiston sisäinen sähkönsiirto			
Merikaapelit	Teräs, alumiini, kupari	100 %	2 kg/m (*Fingrid 2015*)
Merituulivoimapuiston ja mantereen välinen sähkönsiirto			
Merikaapelit	Teräs, alumiini, kupari	100 %	2 kg/m (*Fingrid 2015*)
100 % vedyn tuotanto			
Merivetyasema			
Perustus	Betoni	10 %**	7 000 t/perustus (*OX2 2023*)
Perustus	Teräs	90 %	1 000 t/perustus (*OX2 2023*)
Vedyntuotantoasema	Teräs	100 %	1 750 t/sähköasema (*OX2 2023*)
Vetyputket			
Vientiputket	Muovi	100 %	18 400 t (*OX2 2023*)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Rakenneosa	Materiaali	Kierrätettävyys (arvio) Arvioitu kierrätysaste	Massa
Merituulivoimapuiston putket	Muovi	100 %	21 300 t (*OX2 2023*)

Merituulivoimalan ja sähkön- tai vedyntuotannon rakennusosat koostuvat pitkälti erilaisista metalleista, jotka voidaan hyödyntää lähes täysin uudelleen. Suurimman haasteen kierrätykselle aiheuttavat lasi- tai hiilikuitukomposiiteista tehdyt roottorin lavat, joiden korvaamiseksi ollaan kehittämässä uusia paremmin kierrätettäviä materiaalivaihtoehtoja. Lisäksi komposiittimateriaalien kierrätystekniikat kehittyvät jatkuvasti, ja on odotettavissa, että Laineen merituulivoimapuiston käytöstä poistamisen aikaan tuulivoimalat ovat kokonaisuudessaan kierrätettävissä ja nykyisin hankalasti kierrätettävissä olevat materiaalit voidaan hyödyntää tehokkaasti. Esimerkiksi KiMuRa-hankkeessa luodun komposiittijätteen käsittelypolun seurauksena noin puolet materiaalista voidaan kierrättää raaka-aineeksi ja loput hyödyntää energiantuotantoon (*Vaasan Sähkö 2024*). Maanalaiset teräsbetoniperustukset sekä perustusten kiviainekset ovat periaatteessa poiskaivettavissa ja kierrätettävissä, mutta pitkien etäisyyksien päässä sijaitsevien perustusten hyödyntämisen (poiskaivaminen, kuljettaminen, murskaus ja kuljetus hyödyntämispaikalle) ei ole välttämättä teknis-taloudellisesti tai ympäristön kannalta järkevää. On esimerkiksi mahdollista, että perustusten ympärille on ehtinyt tuulivoimapuiston toiminnan aikana syntyä uusi elinympäristö vedenalaisille habitaateille, jolloin perustusten poistaminen poistaa elinympäristön.

18.3.6 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

Mikäli hanketta ei toteuteta, sen positiiviset ja negatiiviset vaikutukset luonnonvarojen hyödyntämiseen jäävät syntymättä.

18.4 Yhteisvaikutukset

Ruotsin talousvyöhykkeelle on suunnitteilla Kappan merituulivoimapuisto noin kilometrin päässä Laineen merituulivoima-alueesta, josta voi aiheutua yhteisvaikutuksia Laineen hankkeen toteutuessa. Viimeisimmän tiedon mukaan Kappan hankealuetta on muutettu siten, että se on kiinni talousvyöhykkeen rajassa, ollen nyt noin 100 metrin etäisyydellä Laineen hankealueesta *(Statkraft Offshore Wind AB 2024*). Tuotannossa olevat tuulivoimapuistot mahdollistavat uusiutuvan luonnonvaran, tuulen, hyödyntämisen energiantuotannossa. Muita tuotannon aikaisia vaikutuksia luonnonvarojen hyödyntämiseen aiheutuu lähinnä huolto- ja korjaustoimenpiteisiin kuluvista materiaaleista, joiden määrän ei arvioida olevan merkittävä.

Suunnitteluvaiheessa olevat tuulivoimahankkeet sekä maalla että merellä vaativat toteutuessaan luonnonvaroja samankaltaisilla periaatteilla kuin Laineen tuulivoimapuisto. Hankkeiden samanlaiset vaikutukset, luonnonvarojen ja materiaalien kulutus, aiheuttavat kertautuvia yhteisvaikutuksia. Suurimmat vaikutukset luonnonvaroihin aiheutuvat hankkeen rakentamisen aikana, jolloin materiaalien kulutus on suurinta. Ilman resursointia ja hankkeiden materiaalitarpeiden yhteensovittamista, voi olla mahdollista, ettei esimerkiksi tietyltä ottoalueelta otettava kiviaines riitä sekä lähialueen tarpeisiin että merituulivoimapuiston rakentamisen tarpeisiin. Luonnonvarojen näkökulmasta olisi suotuisaa, jos hankkeet eivät olisi rakennusvaiheessa yhtä aikaa, jotta varmistetaan erityisesti lähialueilta saatavien materiaalien riittävyys kaikkiin hankkeisiin.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

18.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys

Hankevaihtoehdon VE2 vaikutukset luonnonvarojen hyödyntämiseen ovat hieman suuremmat kuin vaihtoehdossa VE1 suurempien voimaloiden takia, vaikka voimalamäärä on pienempi vaihtoehdossa VE2 kuin vaihtoehdossa VE1. Toisaalta vaihtoehdossa VE1 ruopattavan aineksen määrä on suurempi kuin vaihtoehdossa VE2.

Sähköntuotannolla arvioitiin olevan rakennusvaiheessa suuremmat vaikutukset luonnonvarojen hyödyntämiseen materiaalikulutuksen näkökulmasta kuin vedyntuotannolla. Sähköä tuotettaessa ruoppausmäärä ja sitä myötä vaikutukset luonnonvarojen hyödyntämiseen ovat myös merkittävästi suuremmat kuin vetyä tuotettaessa. Toiminnan aikaiset vaikutukset ovat suuremmat vedyntuotannon tapauksessa vedyntuotantoprosessin merivedenkulutuksen vuoksi. Sekä sähkönettä vedyntuotannon tapauksessa pisin merikaapeli- tai vetyputkireitti (MVE1a ja VVE1) kuluttaa eniten materiaaleja. Merelle rakennettavien sähkö- tai vetyasemien määrä on sama riippumatta siitä, kumpaa tuotetaan.

Kohteen herkkyyden arvioitiin olevan suuri molemmissa hankevaihtoehdoissa VE1 ja VE2, merikaapelireiteissä MVE1a ja b, MVE4, MVE5a ja b sekä kaikissa vetyputkireittien vaihtoehdoissa VVE1, VVE2 ja VVE3, koska ne sijoittuvat laajalle alueelle vedenlaadultaan ja ekologialtaan herkässä Itämeressä. Merikaapeli- ja vetyputkireittien herkkyyteen vaikuttaa myös niiden verrattain pitkän osuuden sijoittuminen lähelle saaristoa tai manteretta, jossa vaikutukset vesialueiden hyödyntämiseen, esimerkiksi veneilyyn, ovat suurempia kuin kauempana merellä. Merikaapelireitit MVE2a ja b sekä MVE3 ovat lyhempiä ja/tai sijoittuvat pääosin kauemmas mantereesta tai saaristosta, jonka vuoksi niiden herkkyys on arvioitu kohtalaiseksi.

Luonnonvarojen hyödyntämisen kannalta vaikutusten merkittävyyttä tarkasteltiin kahdesta näkökulmasta, luonnonvarojen käytön estymisen tai mahdollistamisen näkökulmasta. Luonnonvarojen käyttö on suurinta rakentamisen aikana, jolloin kuluu suuria määriä materiaaleja ja energiaa. Lisäksi rakentamisen aikana ruopataan merenpohjaa, jolla on vaikutuksia vedenlaatuun samentumisen muodossa. Myös luonnonvarojen hyödyntämisen estyminen on suurinta rakentamisen aikana, jos esimerkiksi rannikkoalueilla veneilyyn tai kalastamiseen hyödynnettäviä alueita joudutaan rajaamaan pois käytöstä turvallisuussyistä. Rakentamisen aikaisten negatiivisten vaikutusten arvioitiin olevan kohtalaisia merituulivoimapuistolle sekä merikaapeli- ja vetyputkireiteille kuluvien materiaalien ja energian suuren määrän, vedenlaatuun kohdistuvien vaikutusten sekä luonnonvarojen hyödyntämisen estymisen vuoksi jokaisen hankevaihtoehdon osalta. Toiminnan aikana merituulivoimapuiston ja merikaapeleiden tai vetyputken alueella ei ole kulkurajoituksia tai materiaalikuluja lukuun ottamatta pienimuotoisien huolto- ja korjaustöiden aikaisia rajoituksia tai esimerkiksi korjaustöiden vaatimaa materiaalien käyttöä. Toiminnan aikaisten vaikutusten arvioitiin olevan vähäisiä kaikille hankevaihtoehdoille.

Merituulivoimapuisto mahdollistaa uusiutuvan luonnonvaran, tuulen, ja vedyntuotannon tapauksessa meriveden, hyödyntämisen energiantuotannossa. Tuotettava energiamäärä on merkittävä, ja laajemmasta näkökulmasta tarkasteltuna hanke edistää Suomen hiilineutraaliustavoitetta merkittävästi. Tämän myötä hankkeella arvioitiin olevan sen toimintavaiheessa suuri positiivinen vaikutus.

Vaihtoehtojen merkittävyyttä eri hankevaihtoehdoissa rakentamisen aikana on kuvattu taulukossa 18-4 ja toiminnan aikana taulukossa 18-5.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

*Taulukko 18-4. Luonnonvaroihin kohdistuvien vaikutusten merkittävyys eri hankevaihtoehdoissa **rakentamisen** aikana.*

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen				Muutoksen suuruus				Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohta-lainen	Vähäi-nen	Ei muutosta	Vähäi-nen	Kohta-lainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäi-nen					VE0				
	Kohta-lainen			MVE2a MVE2b MVE3						
	Suuri			VE1 VE2 MVE1a MVE1b MVE4 MVE5a MVE5b VVE1 VVE2 VVE3						
	Erittäin suuri									

Taulukko 18-5. Luonnonvaroihin kohdistuvien vaikutusten merkittävyys eri hankevaihtoehdoissa toiminnan aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen				Muutoksen suuruus				Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohta-lainen	Vähäi-nen	Ei muutosta	Vähäi-nen	Kohta-lainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäi-nen					VE0				
	Kohta-lainen				MVE2a MVE2b MVE3					
	Suuri				VE1 VE2 MVE1a MVE1b MVE4 MVE5a MVE5b VVE1 VVE2 VVE3				VE1* VE2*	
	Erittäin suuri									

*Luonnonvarojen käytön (tuuli) mahdollistamisen kannalta tarkasteltuna.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

18.6 Arvioinnin epävarmuudet

Arvioinnin epävarmuudet liittyvät merituulivoimapuiston ja sähkön- tai vedyntuotannon rakentamiseen liittyviin teknisiin toteutustapoihin ja yksityiskohtiin, jotka varmistuvat hankkeen myöhemmässä suunnittelu- ja luvitusvaiheessa. Esimerkiksi valittavasta perustustavasta riippuen materiaalitarve voi laskea arviossa käytetystä määrästä.

18.7 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen

Vaikutusten suuruuteen vaikuttavat merituulivoimaloiden ja sähkön- tai vedyntuotannon rakenneosien valmistus- ja rakentamistoimenpiteissä käytetyt raaka-aineet, tuotantomenetelmät sekä käytettävän energian tuotantotapa. Materiaalivalinnoilla voidaan vaikuttaa merkittävästi niiden kierrätettävyyteen tai uusiokäyttöön, esimerkiksi korvaamalla tavallisesti lasi- ja hiilikuitukomposiitista valmistetut lavat ja napa paremmin kierrätykseen soveltuvilla materiaaleilla niiden kehittyessä. Mikäli esimerkiksi metallien työstämisessä käytetty energia pystytään tuottamaan käyttämällä mahdollisimman pitkälti uusiutuvia energianlähteitä, voidaan edistää tuulivoimapuiston elinkaaren aikaista resurssiviisautta myös luonnonvarojen näkökulmasta. Rakentamisessa tarvittavien luonnonvarojen ja materiaalien määrät pyritään minimoimaan teknistaloudellisten mahdollisuuksien mukaan.

Materiaalien kulutus minimoidaan hyvällä suunnittelulla ja huolellisella toteutuksella. Hankkeessa hyödynnettävät materiaalit on mahdollista kierrättää tehokkaasti etusijajärjestyksen mukaisesti.

Säännöllisillä tarkastuksilla ja ylläpitohuollolla voidaan välttää suuremmat ja enemmän luonnonvaroja kuluttavat korjaustoimenpiteet.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

19 IHMISTEN ELINOLOT, VIIHTYVYYS, VIRKISTYSKÄYTTÖ JA TERVEYS

YHTEENVETO

- Rakentamisvaiheessa hankkeen merkittävimmät vaikutukset ihmisten elinoloihin ja viihtyvyyteen aiheutuvat erityisesti lisääntyvästä meri- ja maaliikenteestä sekä rakentamisen aiheuttamasta häiriöstä hankealueella. Lisääntynyt tuulivoimapuiston ja sen toimintojen rakentamiseen liittyvä meriliikenne merellä ja maaliikenne ranta-alueilla ja satamissa sekä rakentamistoimet voivat aiheuttaa paikallista ja väliaikaista haittaa myös muuhun virkistystoimintaan alueella, esimerkiksi veneilyyn ja kalastukseen.
- Toimintavaiheessa hankkeen vaikutuksia ihmisiin muodostuu erityisesti merituulivoimapuiston maisemavaikutuksista. Merituulivoimalat näkyvät laajalle alueelle siten, että maisemalliset kohtalaiset vaikutukset kohdistuvat lähimpiin saariin ja rannikkoalueille, joista avautuu suoria näkymiä merituulivoimapuiston suuntaan. Lähimmistä saarista ja rannikolta avautuu esteetön näkymä tuulivoimapuistoon hieman alle 30 kilometrin etäisyydeltä. Muille kohteille maisemalliset vaikutukset ovat vähäiset. Hankkeen maisemalliset vaikutukset ovat toiminnan aikana kokonaisuudessaan kohtalaiset negatiiviset, koska maisemalliset vaikutukset kohdistuvat laajalle alueelle. Myös lentoeste- ja navigointivalojen näkyminen liittyy maiseman muuttumiseen.
- Merituulivoimapuiston lähiseudulla saaristossa ja rannikolla asutus on pääosin vapaa-ajan asutusta. Maiseman muutos ei suoraan vaikuta elinoloihin tai virkistyskäyttöön siten, että se esimerkiksi estäisi alueen käyttöä tai muutoin rajoittaisi toimintaa. Sillä on todennäköisesti viihtyvyyttä heikentävä vaikutus etenkin silloin, kun voimalat näkyvät selkeästi maisemassa ja varsinkin silloin, kun henkilölle ns. luonnontilainen maisema on tärkeä osa asunnolla tai alueella viihtymistä. Elinympäristön muutokset koetaan joka tapauksessa yksilöllisesti.
- Merituulivoimapuiston asutukseen kohdistuvat meluvaikutukset ovat vähäisiä merituulivoimapuiston sijaitessa avomerellä. Melutasot eivät ylitä niille asetettuja ohje- tai raja-arvoja. Välkevaikutuksia ei ulotu asutuksen läheisyyteen, vaan välkevaikutus jää merituulivoimapuiston läheisyyteen merialueelle. Tuulivoimalat ja niistä aiheutuvat melu- ja välkevaikutukset ovat havaittavissa tuulivoimapuiston lähialueella liikuttaessa. Ne voidaan havaitsijasta riippuen kokea häiritsevänä tai kiinnostavana elementtinä maisemassa.
- Merituulivoimapuistolla ja siihen liittyvillä muilla toiminnoilla ei ole suoria terveysvaikutuksia.
- YVA-menettelyn yhteydessä tehdyn asukaskyselyn mukaan hankkeella arvioitiin olevan positiivisia vaikutuksia erityisesti ilmastonmuutoksen torjuntaan. Eniten huolia herättivät hankkeen maisemavaikutukset sekä vaikutukset luonnonläheisyyteen ja rauhallisuuteen. Vastaajista selkeä enemmistö vastusti hanketta. Vaihtoehdoista VE1 (suurempi voimalamäärä) oli asukaskyselyn mukaan kannatettavampi vaihtoehto kuin VE2 (pienempi voimalamäärä). Asukaskyselyyn saatiin 605 vastausta. Vastausaktiivisuutta voidaan pitää muihin YVA-menettelyiden yhteydessä toteutettuihin kyselytutkimuksiin verrattuna tavallista korkeampana.

19.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

19.1.1 Merituulivoimahankkeen tyypillisimmät ihmisiin kohdistuvat vaikutukset ja vaikutusmekanismit

Ihmisiin kohdistuvien vaikutusten arviointi kattaa vaikutukset ihmisten elinoloihin, viihtyvyyteen ja virkistyskäyttöön (sosiaaliset vaikutukset) sekä terveyteen. Vaikutuksilla elinoloihin ja

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

viihtyvyyteen tarkoitetaan hankkeen ihmiseen, yhteisöön ja yhteiskuntaan kohdistuvaa vaikutusta, joka aiheuttaa muutoksia ihmisten hyvinvoinnissa, hyvinvoinnin jakautumisessa tai asuinympäristön viihtyvyydessä. Terveysvaikutuksilla tarkoitetaan suoraan ihmisen terveyteen kohdistuvia vaikutuksia.

Ihmisiin kohdistuvat vaikutukset ovat kiinteästi sidoksissa hankkeen muihin vaikutuksiin ja muodostavat yhteenvedon kaikesta siitä, miten asukkaat kokevat hankkeen aiheuttamat muutokset. Ihmisiin kohdistuvia vaikutuksia voivat aiheuttaa muun muassa maiseman muutokset, liikenne, tuulivoimaloista aiheutuva välke ja melu. Ihmisiin kohdistuvia vaikutuksia syntyy sekä rakentamisen että tuulivoimapuiston toiminnan aikana. Lisäksi vaikutuksia voi aiheutua kalastukseen merialueella.

Tuulivoimahankkeissa etäisyys on usein määräävä tekijä erityyppisten ihmisiin kohdistuvien vaikutusten jakautumisessa. Hankkeen mahdolliset haitalliset vaikutukset kohdistuvat lähtökohtaisesti pääasiassa tuulivoimapuiston lähialueella ja kuljetusreittien varrella asuviin ihmisiin tai ihmisiin, jotka usein lisäksi käyttävät hankealuetta tai sen lähiseutua virkistyskäyttöön. Hankkeen lähivaikutusalue määritellään alueeksi, josta on suora näkö-, kuulo- tms. yhteys merituulivoimapuistoon ja energiansiirtoreittien alueelle, ja jossa hankkeen voidaan olettaa aiheuttavan arkielämässä tuntuvia vaikutuksia tai haittaa.

Hankkeeseen liittyvän vedyntuotannon yhteydessä aiheutuu merialueelle suola- ja lämpökuormaa. Vedyn tuotantoa suunnitellaan kauas ulkomerelle, eikä vaikutusten arvioida ulottuvan rannikolle asti. Tästä syystä sen ei arvioida vaikuttavan lähimpienkään asukkaiden asuin- ja elinympäristöjen viihtyvyyteen, terveellisyyteen tai turvallisuuteen. Hankkeeseen liittyvällä energiansiirrolla on vaikutuksia ihmisten elinoloihin lähinnä rakentamisen aikana, jolloin meri- ja rantautumisalueiden osalta aiheutuu esimerkiksi melua ja veden samentumista sekä mahdollisesti liikkumisen rajoittamista.

19.1.2 Lähtöaineisto ja arviointimenetelmät

19.1.2.1 Arviointimenetelmät

Ihmisiin kohdistuvien vaikutusten arvioinnissa yhdistyvät kokemusperäisen, eli subjektiivisen tiedon analyysi sekä asiantuntija-arvio. Hankkeen ihmisiin kohdistuvia vaikutuksia on arvioitu asiantuntija-arviona hyödyntämällä muissa vaikutusarviointiosioissa syntyviä laskennallisia (mm. mallinnukset) ja laadullisia arvioita mm. vesistö-, maisema-, liikenne-, välke, melu- ja tärinävaikutuksista. Arvioinnissa on selvitetty ne alueet tai väestöryhmät, joihin vaikutukset kohdistuvat. Ihmisiin kohdistuva vaikutusten arviointi koostuu sosiaalisten vaikutusten ja terveysvaikutusten arvioinnista.

Sosiaalisten vaikutusten arviointi (SVA) on vuorovaikutteinen prosessi, jossa tunnistetaan ja ennakoidaan sellaisia yksilöön, yhteisöön tai yhteiskuntaan kohdistuvia vaikutuksia, jotka aiheuttavat muutoksia ihmisten elinoloissa, viihtyvyydessä, hyvinvoinnissa tai hyvinvoinnin jakautumisessa (*Sosiaali- ja terveysministeriö 1999*). Sosiaalisten vaikutusten arvioinnin yhtenä tavoitteena on vahvistaa eri osapuolten välistä tiedonvaihtoa ja vuoropuhelua. Arviointi tuottaa tietoa eri sidosryhmien tarpeista arviointiprosessin aikana sekä hankkeen myöhemmissä vaiheissa, ja toimii tiedon jakamisen kanavana.

Terveysvaikutuksia on arvioitu suorien terveysvaikutusten osalta asiantuntijatyönä kirjallisuutta hyödyntäen. Arviointi on toteutettu vertaamalla muiden vaikutusarviointien (esim. melu, välke) tuloksia ohjearvoihin ja tunnuslukuihin, joiden ylittyminen voi aiheuttaa terveyshaittoja.

Alueen virkistyskäyttöä ja muita käyttömuotoja (mukaan lukien esim. veneily, kalastus, hylkeen- ja merilintujen metsästys) on selvitetty muun muassa asukaskyselyn avulla. Virkistyskäyttöön ja muihin alueen käyttömuotoihin kohdistuvien vaikutusten arvioinnissa on huomioitu rakentamis- ja toimintavaiheen aikaiset mahdolliset häiriöt ja rajoitteet. Arvioinnissa on käsitelty asukaskyselyn tulosten perusteella eri vaihtoehtojen yleinen hyväksyttävyys sekä osallisten hankkeeseen

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

liittyviä huolenaiheita. Kyselyn lisäksi suhtautumista hankkeeseen selvitettiin hyödyntämällä YVA-ohjelmavaiheen yleisötilaisuudessa ja hankkeen seurantaryhmässä esitettyjä näkemyksiä. Lisäksi tutustuttiin arviointiohjelmasta annettuihin mielipiteisiin.

Arvioinnin merkittävimpinä tausta-aineistona on käytetty asukaskyselyllä kerättyä paikallisten asukkaiden tietoa sekä heidän näkemyksiään ja huolenaiheitaan. Aineistona on myös hyödynnetty kirjallisuutta, sekä hankealuetta ja sen lähiseutua kuvaavia tietoja. Vaikutusten tunnistaminen ja analysointi on toteutettu aineistolähtöisesti. Kyselyaineiston analyysissä on hyödynnetty keskeisiä tilastollisen aineiston analyysimenetelmiä (esim. ristiintaulukointi) ja tuloksia täsmentäviä laadullisia analyysimenetelmiä. Arvioinnin avulla on etsitty keinoja mahdollisten haittavaikutusten ehkäisyyn tai lieventämiseen.

Arvioinnista on vastannut ihmisiin kohdistuvien vaikutusten arviointiin perehtynyt asiantuntijatyöryhmä.

19.1.2.2 Vuorovaikutus ja palautteen keruu

Yleisö- ja infotilaisuudet

YVA-ohjelmavaiheessa järjestettiin kaksi yleisölle avointa tiedotus- ja keskustelutilaisuutta (infotilaisuus 17.2. ja yleisötilaisuus 25.10.2022). Infotilaisuus järjestettiin koronapandemian vuoksi vain etänä, jossa esitysten lisäksi osallistujat saattoivat kysyä kysymyksiä, joihin vastattiin tilaisuuden aikana. Lisäksi hankkeen internet-sivuille kerättiin useimmiten kysyttyjä kysymyksiä ja vastaukset niihin. YVA-ohjelmaan liittyvä yleisötilaisuus järjestettiin hybridinä, joten osallistujat saivat halutessaan osallistua tilaisuuksiin paikan päällä Pietarsaaren Optimassa tai etänä. Tilaisuudessa esiteltiin hanketta ja arviointiohjelmaa. Yleisöllä oli mahdollisuus saada tietoa sekä esittää kysymyksiään hankkeesta ja ympäristövaikutusten arvioinnista. Kysymyksiä esitettiin molempien tilaisuuksien aikana runsaasti. Tilaisuuksien esitysmateriaalit oli laadittu sekä suomeksi että ruotsiksi, ja kysymyksiä sai esittää molemmilla kielillä.

Ympäristövaikutusten arviointiselostuksen valmistuttua järjestetään vastaavanlainen yleisötilaisuus kuin YVA-ohjelmavaiheessa.

Mielipiteet YVA-ohjelmasta

YVA-ohjelmasta (sisältäen A- ja B-osiot) jätettiin yhteensä 22 mielipidettä. Alla on esitetty erityisesti asioita, jotka ovat kohdistuneet A-osioon. Mielipiteet liittyen B-osioon on käsitelty B-osion luvussa 17 Ihmisten elinolot, viihtyvyys, virkistyskäyttö ja terveys. Mielipiteissä nostettiin esiin muun muassa:

- Useassa mielipiteessä on vastustettu hanketta kokonaisuudessaan ja tuotu esille, ettei hankkeen toteuttaminen tai jatkosuunnittelu ole kannattavaa aiheutuvien haittojen vuoksi. Erityisesti koko hankkeen aiheuttamat kielteiset vaikutukset maisemaan, luontoon, virkistykseen, elinympäristöön ja talouteen on nostettu esille useissa eri mielipiteissä. Lisäksi muutamassa mielipiteessä on todettu, että hanke ei ole kannatettava, koska merituulivoimapuiston rakentaminen sekä toiminnan aikainen huolto on kustannuksiltaan huomattavasti suurempi kuin maatuulivoimapuiston.
- Muutamissa mielipiteissä on useampia allekirjoittajia ja/tai on tuotu esille, että useammat muutkin henkilöt ovat samaa mieltä mielipiteen allekirjoittaneen kanssa.
- Useissa mielipiteissä on nostettu esille se, ettei talousvyöhykkeelle sijoittuva merituulivoimapuisto tuota samalla tavalla verotuloja kunnille kuin maalle sijoittuvat tuulivoimapuistot. Tästä syystä merituulivoimapuiston on nähty aiheuttavan kunnille lähinnä riskejä.
- Muutamassa mielipiteessä on kyseenalaistettu Suomen tarvetta merituulivoimapuiston tuottamalle suurelle määrälle energiaa. Näissä mielipiteissä on esitetty

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

myös, etteivät kansainväliset sähkömarkkinat ole Suomelle kannattavia, vaan aiheuttavat yhteiskunnalle lisäkustannuksia sähköverkon vahvistamisen takia.
- Mielipiteissä ei juurikaan noussut esille, että toinen hankkeen toteutusvaihtoehdoista (VE1 ja VE2) olisi ollut parempi tai saanut enemmän kannatusta toiseen verrattuna. Hankevaihtoehtoja VE1 ja VE2 ei ollut erikseen tuotu mielipiteissä esiin, vaan lähinnä kommenteissa korostui merituulivoimapuiston toteutuksen vastustus. Hankevaihtoehdoissa esitetyt voimalamäärät koettiin muutamissa mielipiteissä liian suuriksi, ja yhdessä mielipiteessä on nostettu esiin, että vaihtoehdoksi olisi tarpeen lisätä myös pienempi noin 20–30 voimalan vaihtoehto.
- Mielipiteissä on todettu, että vaihtoehtojen VE1 ja VE2 voimalamäärät ovat suuret ja tuotu vahvasti esiin niiden aiheuttama vaikutus avomerimaisemaan. Suuressa osassa mielipiteitä korostuu huoli suurikokoisten voimaloiden näkymisestä horisontissa. Mielipiteissä on myös toistuvasti todettu, että teollinen ympäristö ja asuinympäristö tulisi erottaa toisistaan, etenkin tämän koko luokan hankkeissa ja sijoittaa hanke muun teollisuuden yhteyteen. Lisäksi voimaloiden aiheuttama melu on nostettu esiin mielipiteissä.
- Lisäksi mielipiteissä oli yksittäisiä kommentteja koskien merituulivoimapuiston rakentamista pohjoiselle merialueelle, jossa alue voi olla jäässä usean kuukauden ajan vuodesta, sekä pohjoisemmaksi sijoittuvien merikaapelireittien kannatettavuutta
- Useissa mielipiteissä on nostettu esiin myös merenpohjan ruoppaus ja siitä aiheutuvat negatiiviset vaikutukset luontoon, eliöstöön ja vesiympäristöön.
- Vetyputkireittejä ei mielipiteissä ollut erikseen nostettu esille tai vertailtu niiden kannattavuutta. Energian varastoiminen vedyksi ei mielipiteissä ole herättänyt kannatusta teknisten ratkaisujen ollessa vielä kehityksessä.
- Merikaapelireiteistä lähes kaikki on koettu huonoiksi vaihtoehdoiksi, sillä rannikolla on paljon virkistystä ja loma-asuntoja. Rannikolle sijoittuu useita loma-asuntoja, joten merikaapelin pelätään heikentävän alueen viihtyvyyttä, virkistyskäyttöä sekä asuntojen arvoa. Lisäksi myös merikaapelireittien rannikolla aiheuttamat vaikutukset luontoon (kalat, eläimistö, kasvillisuus) arvellaan kielteisiksi.
- Merikaapeleiden osalta on mielipiteissä paljon nostettu esiin, että merikaapeli olisi hyvä viedä rantaan sellaisessa kohdassa, jossa on jo teollisuutta. Pietarsaaren Alholma nousi useimmiten esille mielipiteissä ja se olisi mielipiteitä antaneiden mielestä järkevin sijainti.

Asukaskysely

Merituulivoimahankkeen ympäristövaikutusten arviointimenettelyyn liittyen toteutettiin sähköinen asukaskysely, joka oli avoin kaikille ja jolla kerättiin vaikutusten arvioinnin tueksi asukkaiden näkemyksiä ja mahdollisia huolenaiheita liittyen ihmisten elinoloihin, viihtyvyyteen ja virkistyskäyttöön. Asukaskysely toteutettiin aikavälillä 14.8.2023–31.8.2023. Asukaskyselyn keskeiset tulokset on esitetty seuraavaksi. Koko raportti tuloksista on esitetty selostuksen liitteenä 10.

Avoimena toteutettuun verkkopohjaiseen kyselyyn saatiin yhteensä 605 vastausta. Vastausaktiivisuutta voidaan pitää muihin YVA-menettelyiden yhteydessä toteutettuihin kyselytutkimuksiin verrattuna tavallista korkeampana. Lähes kaikki kyselyyn vastanneista kertoivat asuvansa vakituisesti tai viettivät vapaa-aikaansa jossakin hankealueen kunnista. Suurin osa vastaajista asui Uudenkaarlepyyn (32 %) ja Pietarsaaren (29 %) alueilla. Lähes puolet vastaajista kertoi asuvansa vakituisesti tai viettivät aikaa vapaa-ajan asunnollaan alle 30 kilometrin etäisyydellä merituulivoimapuiston alueesta. Yli puolet vastaajista uskoi, että Laineen tuulivoimalat tulevat näkymään heidän kiinteistöilleen. Suurin osa vastaajista (72 %) asui tai vietti vapaa-aikaansa yli yhden kilometrin etäisyydellä merikaapelin tai vetyputken rantautumispisteestä. Noin viidesosa kertoi etäisyyden olevan 300 metristä yhteen kilometriin.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

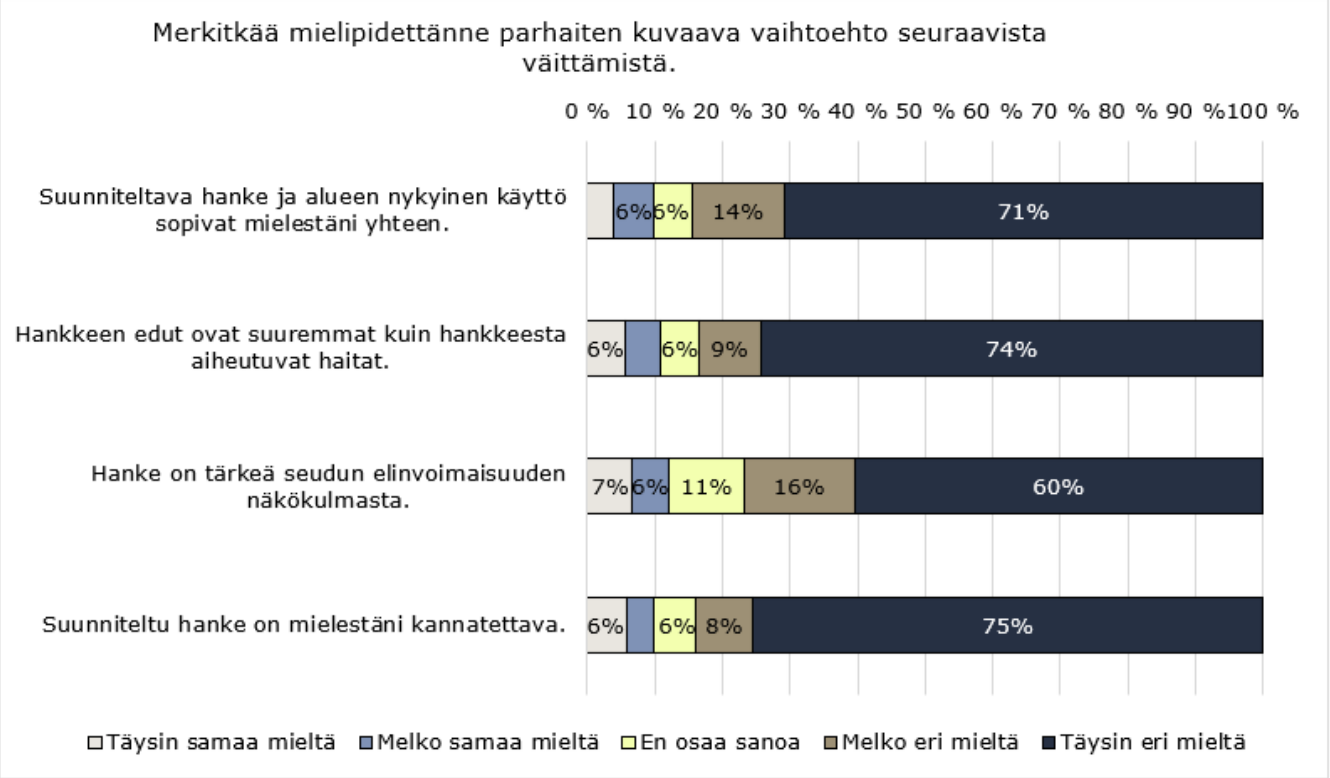
Vastaajat kokivat tuntevansa sekä merituulivoimapuiston alueen että merikaapeleiden ja vetyputkien alueen pääosin erittäin hyvin tai melko hyvin. Merituulivoimapuiston sekä merikaapeleiden ja vetyputkien alueella vastaajat kertoivat harrastavansa etenkin ulkoilua tai luonnossa liikkumista, veneilyä ja luonnon tarkkailua. Ulkoilua tai luonnossa liikkumista, veneilyä ja luonnon tarkkailua harrastettiin eniten harrastusvaihtoehtojen joukosta niin merituulivoimapuiston kuin myös merikaapeleiden ja vetyputkien alueella. Virkistyskalastusta merituulivoimapuiston sekä merikaapeleiden ja vetyputkien alueella harrasti noin neljäsosa ja ammattikalastusta 4–5 prosenttia vastanneista. Satunnaisesti avovesikaudella tapahtuva virkistyskalastus oli suositumpaa merituulivoimapuiston alueella (74 %) kuin merikaapeleiden ja vetyputkien alueella (65 %). Säännöllisesti ympäri vuoden tapahtuva virkistyskalastaminen oli kuitenkin selvästi suositumpaa merikaapeleiden ja vetyputkien (27 %) kuin merituulivoimapuiston (13 %) alueella.

Vastaajat osoittivat useita hankealueella ja sen lähiseudulla esiintyviä herkkiä alueita, kohteita tai toimintoja. Merkinnät liittyivät pääosin luontoon, maisemaan, rakennettuun ympäristöön, asumiseen, virkistykseen ja elinkeinoihin. Erityisesti alueen monimuotoiset luontoarvot, kuten Fäbodan kalliot, Ådösandin tärkeä lintualue ja Pörkenäsin ranta-alueen ainutlaatuisuus, nousivat vastauksissa esille. Luontoarvoja on tarkasteltu YVA-selostuksen luontoon liittyvissä vaikutusarvioinneissa. Karttavastauksia saatiin yhteensä 259 kappaletta.

Vastaajista 85 prosenttia kannatti hankevaihtoehtoa VE0, jolloin merituulivoimapuistoa tai siihen liittyviä toimintoja, kuten sähkönsiirtoa ei rakenneta. Merituulivoimapuiston toteutusvaihtoehdoista enemmän kannatusta sai VE1 eli laajempi vaihtoehto. Vastaajia pyydettiin arvottamaan myös mieleisin merikaapelireitti. Neljä vastaajaa kannatti vaihtoehtoa MVE3, kolme vastaajaa vaihtoehtoa MVE1 a sekä yksi vastaaja reittivaihtoehtoja MVE1b ja MVE2a. Kukaan vastaajista ei kannattanut reittivaihtoehtoa MVE2b. Kyselystä puuttuivat reittivaihtoehdot MVE4, MVE5a ja MVE5b. Reitti MVE4 kulkee samaa reittiä kuin vetyputkireitti VV2 ja MVE5a ja MVE5b samaa reittiä kuin vetyputkireitti VVE3, joten reittien voidaan ajatella tulevan huomioiduksi ainakin osin vetyputkireittivaihtoehtojen tarkastelussa. Vetyputkireiteistä vaihtoehdot VVE1 ja VVE3 saivat molemmat kolmen vastaajan kannatuksen. Vaihtoehtoa VVE2 kannatti kaksi vastaajista.

Vastaajien mielipiteet hankkeen kannatettavuudesta olivat kielteisiä (Kuva 19-1). Suurin osa (85 %) vastaajista suhtautui kielteisesti tai melko kielteisesti siihen, että hanke ja alueen nykyinen käyttö sopisivat yhteen. Myös hankkeen haitat koettiin huomattavasti suuremmaksi kuin sen hyödyt. Noin joka kahdeksas vastaaja näki hankkeen myönteisenä seudun elinvoimaisuuden kannalta. Myös hankkeen kannatettavuuteen suhtauduttiin negatiivisesti, vain joka kymmenes vastaajista piti hanketta myönteisenä.

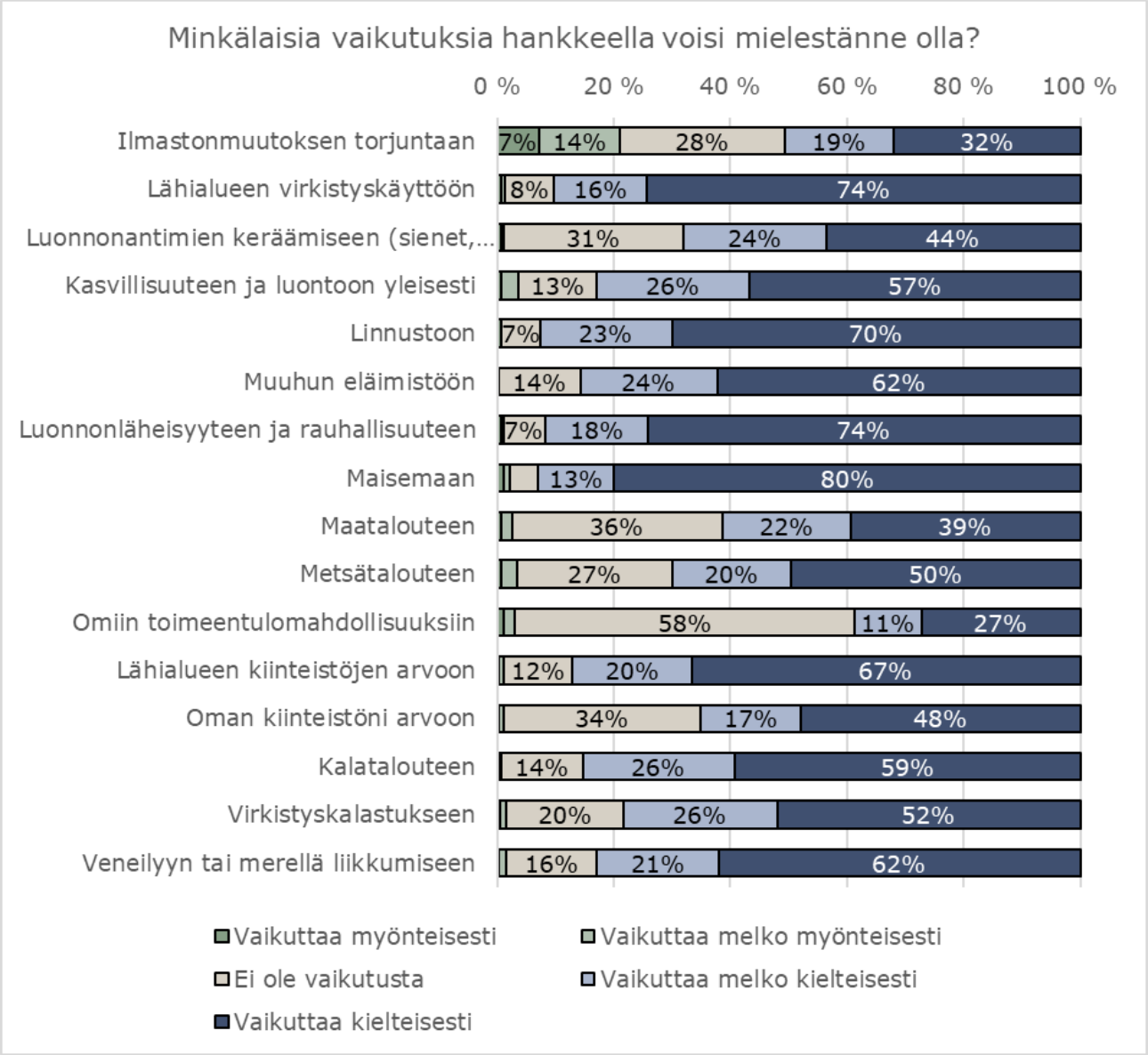
Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 19-1. Vastaajien suhtautuminen hankkeeseen (n=107–109). Alle viiden prosentin osuuksien lukuarvoja ei ole esitetty kuvaajassa.

Hankkeen vaikutukset koettiin laajasti kielteisinä. Noin viidesosa koki hankkeen vaikuttavan myönteisesti ilmastonmuutokseen. Muiden vaikutuskohteiden osalta myönteinen suhtautuminen jäi 0–4 prosenttiin (Kuva 19-2). Kaikkein kielteisimmät vaikutukset pelättiin syntyvän maisemaan, linnustoon, lähialueen virkistyskäyttöön sekä luonnonläheisyyteen ja rauhallisuuteen. Pienin kielteinen vaikutus koettiin olevan vastaajien toimeentuloon ja reilu puolet vastaajista koki, että hankkeella ei ole vaikutuksia heidän toimeentulomahdollisuuksiinsa.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 19-2. Vastaajien suhtautuminen hankkeen vaikutuksiin merituulivoimapuiston toimintavaiheessa (n=254–307). Viiden prosentin ja sitä pienempien osuuksien lukuarvoja ei ole esitetty kuvaajassa.

Pääosa vastaajista tiesi hankkeen jo ennen kyselyä, vain kuusi prosenttia vastaajista luki hankkeesta kyselyyn vastatessaan ensimmäisen kerran. Lähes jokainen vastaaja oli lukenut hanketta koskevia some-, mielipide- tai lehtikirjoituksia. Suurin osa vastaajista oli myös keskustellut hankkeesta lähiympäristön asukkaiden kanssa. Hankkeesta käytyyn julkiseen keskusteluun oli itse osallistunut noin kolmannes vastaajista ja noin viidesosa oli osallistunut yleisötilaisuuteen. Vastaajat kokivat pääosin tietävänsä, mistä saa lisätietoa hankkeesta. Lisätietoa hankkeesta toivottiin jatkossa ensisijaisesti kuntalaistiedotteella.

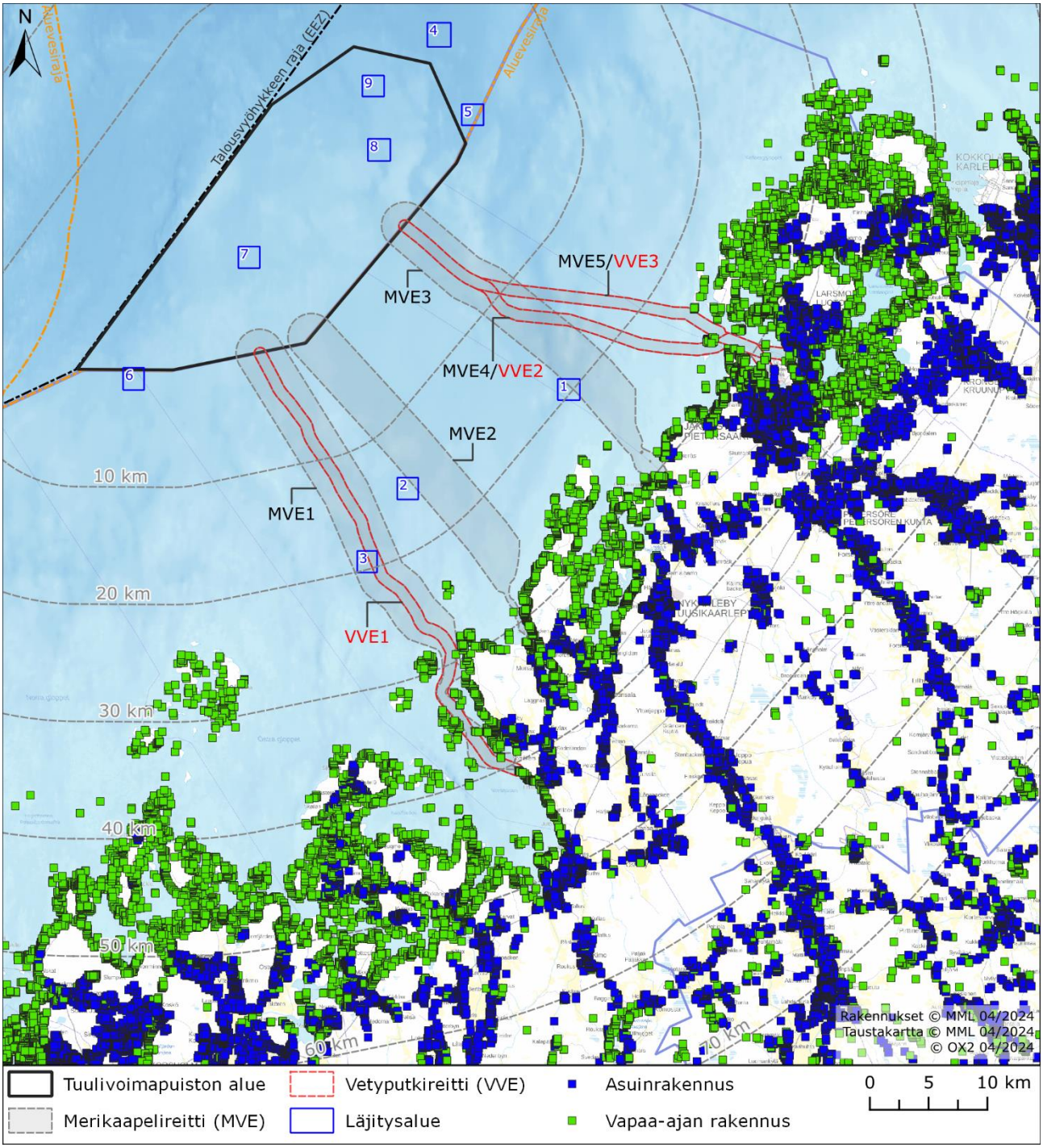
Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

19.2 Nykytila

19.2.1 Asutus

Merituulivoimapuiston alue sijaitsee avomerialueella noin 29 kilometrin etäisyydellä mantereesta. Rannikolla ja saaristossa on laajalti maaseutuasutusta, mutta myös kyliä ja taajamia (Luku 3.3.3, Kuva 3-23). Rannikon ja saariston asutus on suurimmalta osin loma-asutusta (Kuva 19-3). Lähimmät taajamat sijaitsevat Luodossa siten, että lähimmillään etäisyys tuulivoimapuistoalueeseen on noin 32 kilometriä. Pietarsaaren taajamaan etäisyyttä on noin 35 kilometriä. Uudenkaarlepyyn taajama-alueet sijaitsevat reilun 36 kilometrin etäisyydellä. Kokkolan keskustaan tuulivoimapuistoalueelta on etäisyyttä noin 50 kilometriä ja Vaasan keskustaan reilu 60 kilometriä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

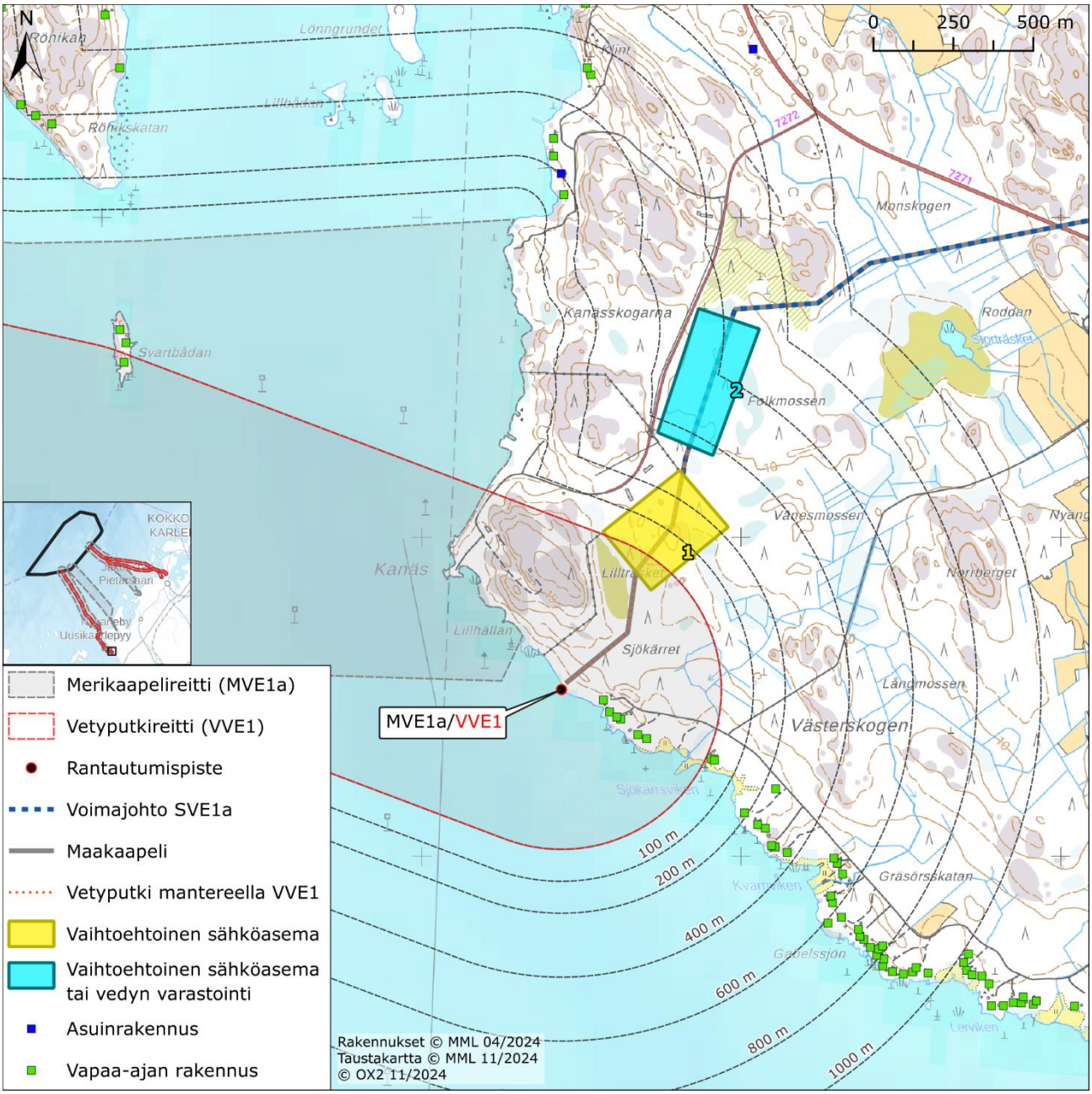


Kuva 19-3. Merituulivoimapuiston ja merikaapelireittivaihtoehtojen lähiseudun asuin- ja lomarakennukset.

Merikaapelireitillä MVE1 on kaksi rantautumisvaihtoehtoa a ja b. MVE1a rantautuu etelämpänä vetyputkireitin VVE1 kanssa samalle alueelle ja sen välittömässä läheisyydessä on loma-asutusta (alle 20 metrin etäisyydellä rantautumiskohdan itäpuolella) (Kuva 19-4). Rantautumisalueiden pohjois- ja eteläpuolella sijaitsee myös useita loma-asuntoja. Lähimmät lomarakennukset merikaapelireitistä sijaitsevat mahdollisen rantautumisalueen reunan pohjoispuolella alle 200 metrin etäisyydellä. Merikaapelireitin rajauksen sisällä olevilla Svartbådanin ja Låghällanin saarilla on

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

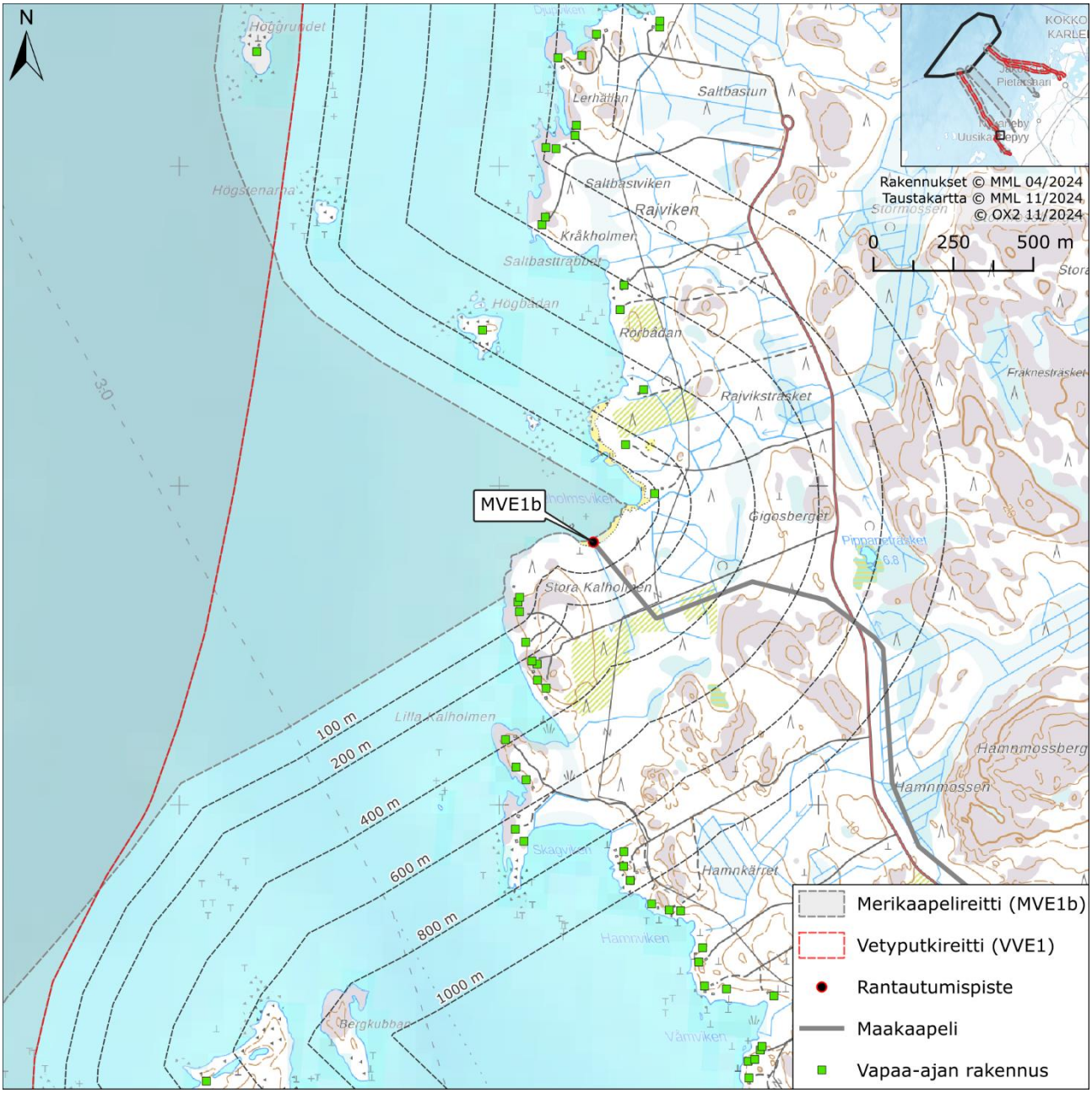
lomarakennuksia, mutta mikäli vaihtoehto toteutuu, reitti tulee kiertämään saaret. Reitin läheisillä saarilla on runsaasti loma-asutusta esimerkiksi Storön ja Stora Hamnskäretin saarilla.



Kuva 19-4. Merikaapelireitin MVE1a ja vetyputkireitin VVE1 rantautumisalue ja lähialueen asutus.

Reittivaihtoehto MVE1b rantautuu alueelle, jonka välittömässä läheisyydessä (alle 100 metrin etäisyydellä) on muutamia lomarakennuksia (Kuva 19-5). Avomereltä tultaessa reitin MVE1 läheisyydessä, mutta kaapelikäytävärajauksen ulkopuolella, on runsaasti loma-asutusta muun muassa Svartörarnassa sekä muilla mantereen läheisillä saarilla.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 19-5. Merikaapelireitin MVE1b rantautumisalue ja lähialueen asutus.

Myös merikaapelireitillä MVE2 on kaksi rantautumisvaihtoehtoa. MVE2a rantautuu etelämpänä siten, että rantautumisalueen välittömässä läheisyydessä (alle 100 metrin etäisyydellä) sijaitsee muutama lomarakennus ja hieman etäämmällä niitä on lukuisia (Kuva 19-6).

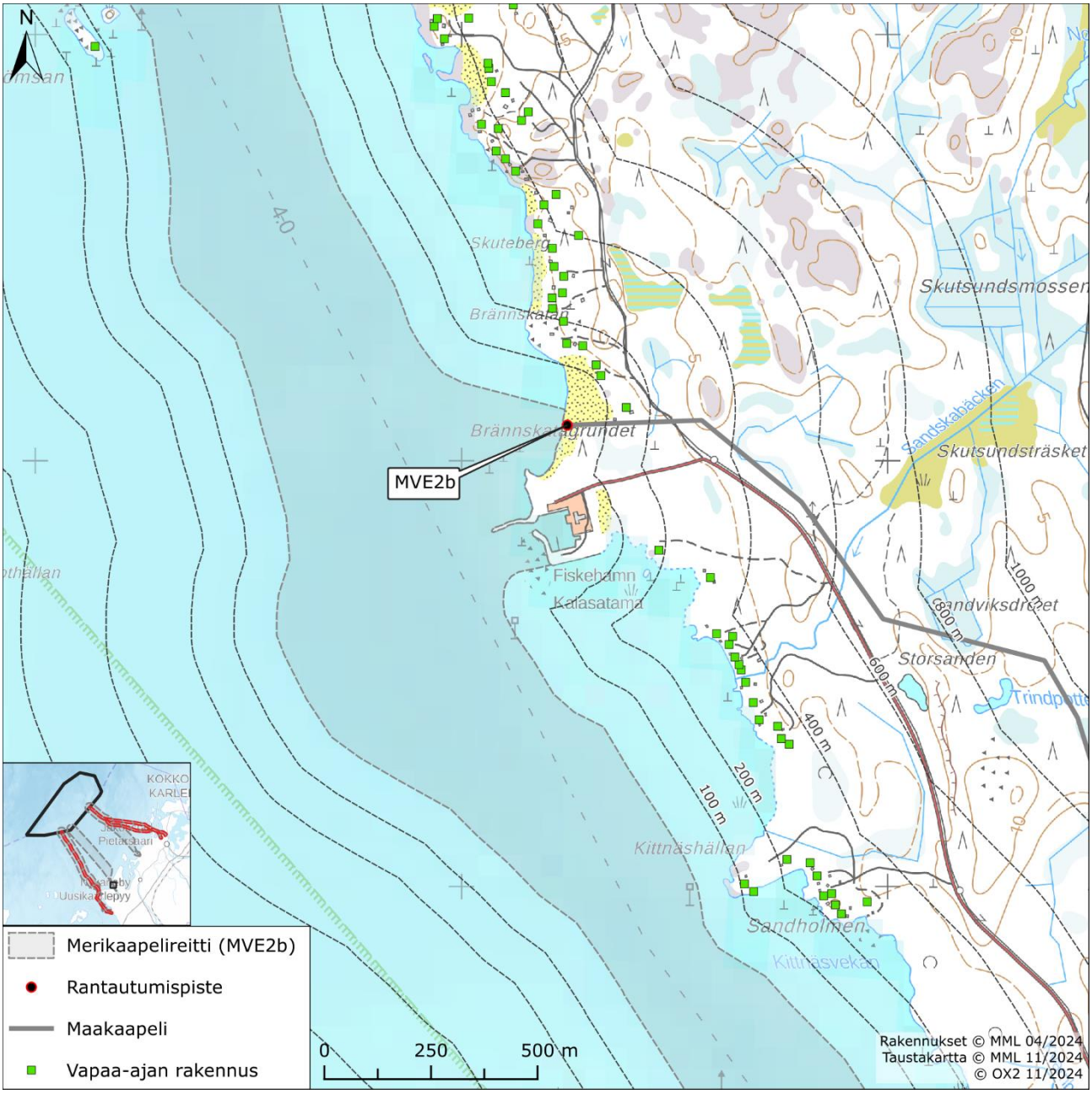
Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 19-6. Merikaapelireitin MVE2a rantautumisalue ja lähialueen asutus.

Reittivaihtoehto MVE2b rantautuu Brännskatan kalasataman alueelle siten, että lähimmät loma-rakennukset sijaitsevat noin 100 metrin etäisyydellä ja hieman etäämmällä lomarakennuksia on lukuisia. Kaapelireitin MVE2 sisälle ei sijoitu saaria. Lähin asuttu saari on Römsan, jolla sijaitsee yksi lomarakennus reilun 100 metrin etäisyydellä kaapelikäytävän rajasta.

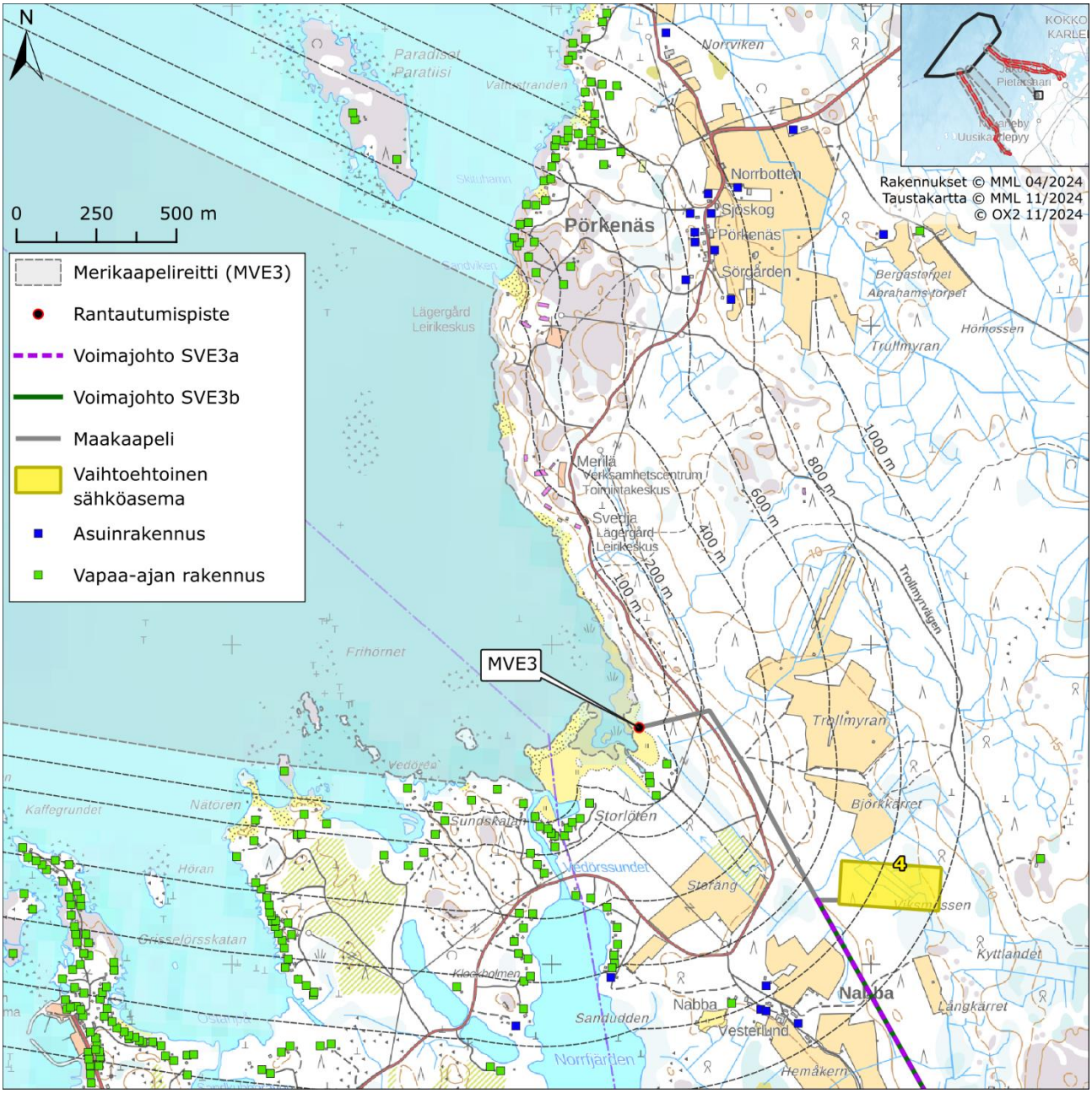
Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 19-7. Merikaapelireitin MVE2b rantautumisalue ja lähialueen asutus.

Merikaapelireitillä MVE3 on vain yksi rantautumisvaihtoehto. Rantautumisalueen välittömässä läheisyydessä (alle 100 metrin etäisyydellä) sen eteläosassa sijaitsee lukuisia lomarakennuksia (Kuva 19-8). Rantautumisalueen pohjoispuolella sijaitsee myös runsaasti loma-asutusta. Rantautumisvyöhykkeellä sijaitsee leiri- ja toimintakeskuksia. Kaapelikäytävärajauksen MVE3 sisälle ei sijoitu asuttuja saaria.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



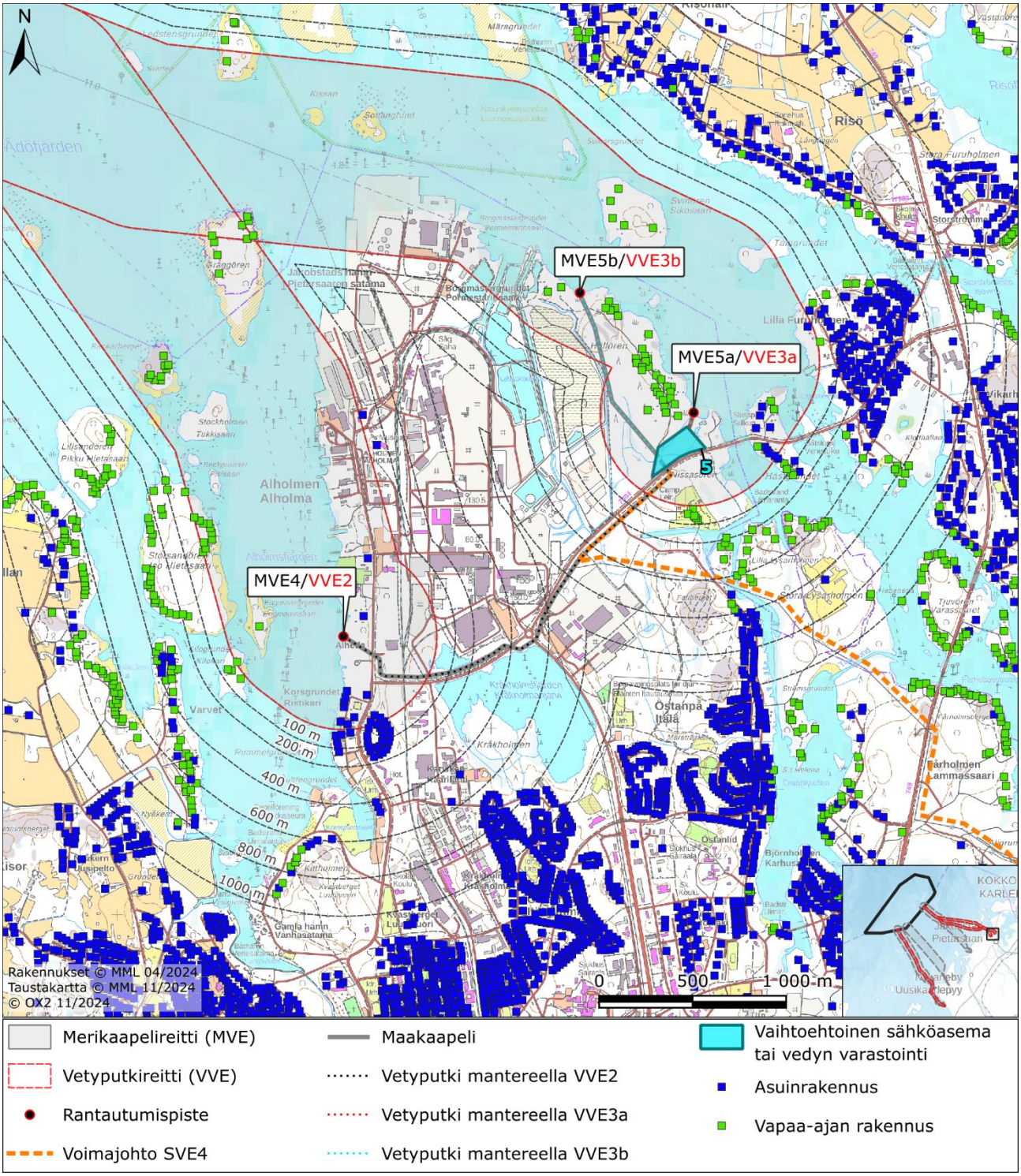
Kuva 19-8. Merikaapelireitin MVE3 rantautumisalue ja lähialueen asutus.

Merikaapelireitillä MVE4 on vain yksi rantautumisvaihtoehto, joka sijoittuu Alholman teollisuusalueen lähettyville. MVE5 reitillä on kaksi rantautumisvaihtoehtoa, a ja b, jotka sijoittuvat myös Alholman teollisuusalueen lähettyville (Kuva 19-9). Vetyputkireitti VVE2 vastaa merikaapelireittiä MVE4, VVE3a merikaapelireittiä MVE5a ja VVE3b merikaapelireittiä MVE5b ja rantautuvat näin ollen samoille alueille (Kuva 19-9). Merikaapelireitin MVE4 ja vetyputkireitin VVE2 rajausten sisälle sijoittuu saaria, joissa on loma-asutusta, muun muassa Gräggören, Rackarberger, Iso Hietasaari ja Mässkär. Merikaapelireitin MVE4 ja vetyputkireitin VVE2 rantautumisalueella ja välittömässä läheisyydessä (alle 100 metrin etäisyydellä) sen eteläosassa sijaitsee asuinrakennuksia. Loma-asutusta sijoittuu myös reittien välittömään läheisyyteen ja etäämmällä vakituista asutusta ja loma-asutusta on runsaasti. Reittien MVE4 ja VVE2 rantautumisalue sijoittuu pääosin Alholman teollisuusalueelle. Merikaapelireitin MVE5a ja MVE5b sekä vetyputkireittien VVE3a ja VVE3b rajausten sisälle sijoittuu saaria, joissa on loma-asutusta, muun muassa Sikosaari, Gräggören ja

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Ledstensgrundet. Mikäli vaihtoehto, jonka rajauksen sisään sijoittuu saaria, toteutuu, tulee reitti kiertämään saaret. Rantautumisalue MVE5a sijaitsee etelämpänä ja rantautumisalue MVE5b pohjoisempana. Molemmille rantautumisalueille sijoittuu loma-asutusta sekä vakituista asutusta. Rantautumisalueiden välittömässä läheisyydessä (alle 100 metrin etäisyydellä) sijaitsee runsaasti sekä vakituista asutusta että loma-asutusta. Lisäksi rantautumisalueen MVE5a välittömässä läheisyydessä sijaitsee myös leirintäalue.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 19-9. Merikaapelireittien MVE4, MVE5a ja MVE5b sekä vetyputkireittien VVE2, VVE3a ja VVE3b rantautumisalue ja lähialueen asutus.

19.2.2 Virkistyskäyttö ja muu toiminta

Kesämökkeilyn lisäksi hankkeen merelle sijoittuvalla vaikutusalueella harjoitetaan asukaskyselyn tulosten perusteella muun muassa virkistyskalastusta ja veneilyä. Vaikutusalueeksi on tässä yhteydessä määritetty noin 40 kilometrin säde merituulivoimapuiston alueesta sekä lisäksi

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

merikaapelireittien lähialueet. Merituulivoimapuiston alue sijaitsee avomerellä ja asukaskyselyyn vastanneiden mukaan liikkuminen alueella on pääosin kuukausittaista, kausiluontoista tai satunnaisempaa. Vastaajista noin viidesosa kertoi liikkuvansa alueella päivittäin tai viikoittain. Veneily, purjehdus ja virkistyskalastus keskittyvät enemmälti rannikon edustalle ja saaristoon, mutta näiden harrastaminen on mahdollista myös ulompana merellä. Vaikutusalueelle sijoittuu useampia yksittäisiä linturetkikohteita, jotka on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 19-1). Jäällä tapahtuva virkistäytyminen, kuten hiihto, pilkkiminen ja leijalautailu keskittyy rannikoiden edustoille. Ammattikalastusta on käsitelty luvussa 6. Hankkeen vaikutusalueella on mahdollista harrastaa hylkeenmetsästystä (halli ja itämerennorppa), mutta metsästyksen alueelliseen kohdentumiseen vaikuttaa olennaisesti vallitseva jäätilanne.

Taulukko 19-1. Merituulivoimapuiston ja merikaapeli- tai vetyputkireittien vaikutusalueelle sijoittuvia yksittäisiä linturetkikohteita (Kannonlahti 2012).

Linturetkikohde	Etäisyys merituulivoimapuistosta (km)
Stubben	23
Mikkelinsaaret	24
Mässkär	26
Ritgrund	26
Ådön	28
Brännskatan	30 (noin 200 metriä merikaapelireitin MVE2b rantautumisalueesta)
Fäboda	30
Grisselören	30
Klubbskatan	30
Storsand	31
Jöusan	32
Pormestarinsaari	32
Kåtaholmen	33 (noin 500 metriä merikaapelireitin MVE2a rantautumisalueesta)
Vikarskat	33
Finnhamn	34
Stråkaviken	35
Svedjehamn	35

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Linturetkikohde	Etäisyys merituulivoimapuistosta (km)
Valassaaret	35
Tankar, saaressa on myös lintuasema	36
Söderskatan	40

Hankkeen lähiseudun venesatamat on esitetty oheisessa kuvassa (Kuva 19-10). Lähin niistä sijaitsee Luodon Örarnassa noin 24 kilometrin etäisyydellä merituulivoimapuistosta itään. Eteläpuolella lähin venesatama sijaitsee Mikkelinsaarten Kummelskäretissä noin 24 kilometrin etäisyydellä.

Hankkeen vaikutusalueella rannikolla ja saaristossa on runsaasti loma-asutusta ja siellä harjoitetaan monipuolista virkistystoimintaa luontoon ja vesiympäristöön tukeutuen: esimerkiksi veneilyä, purjehdusta, melontaa, suppailua, kalastusta, uintia, hiihtoa ja pilkkimistä. Yksittäisistä kohteista Kokkolan ulkosaaristossa sijaitseva Tankarin majakkasaari noin 36 kilometrin etäisyydellä merituulivoimapuistosta on suosittu vierailukohde. Saarelle tehdään risteilyjä ja siellä on muun muassa vierasvenesatama, lintuasema, luontopolku, kesäkahvila ja saarella voi myös majoittua. Myös majakkaan pääsee tutustumaan oppaan kanssa. (*Visit Kokkola 2024*)

Luodon rannikolla ja saaristossa yksittäisistä virkistyskäyttökohteista mainittakoon seuraavat, joiden sijainnit on esitetty myös kuvassa 19-10 (*Luodon kunta 2024*). Virkistysalue Inre Bergskär sijaitsee Luodon kalasataman läheisyydessä, noin 28 kilometrin etäisyydellä merituulivoima-alueesta. Kohteesta avautuvan merinäkymän lisäksi siellä on grillauspaikka. Olasörenillä sijaitsevassa Olofsborgissa (etäisyys noin 29 km) on muun muassa näköalatorni ja ruuanlaittomahdollisuudet. Öuranin vanhassa kalastajakylässä (etäisyys noin 23 km) on saaristolaismiljöön lisäksi muun muassa luontopolku. Köpmanholmenin monipuolinen virkistys- ja museoalue sijaitsee saaristossa noin 27 kilometrin etäisyydellä. Alueella sijaitsee myös näköalatorni, josta avautuu näkymiä myös ulkomerelle.

Myös Pietarsaaressa ja Uudessakaarlepyyssä hankkeen vaikutusalueella sijaitsevat merkittävimpien yksittäisten virkistyskohteiden sijainnit on esitetty kuvassa 19-10 (*Visit Pietarsaari Jakobstad region 2024*). Fäbodan alueella, noin 10 kilometriä Pietarsaaren keskustasta ja noin 30 kilometriä merituulivoimapuistosta, on kolme suurta hiekkarantaa. Alueella harrastetaan uimisen lisäksi monenlaista luonnossa virkistäytymistä, esimerkiksi retkeilyä, marjastusta ja hiihtoa. Alueella on muun muassa luontopolkuja, asuntovaunupaikkoja sekä kahvila-ravintola. Mässkärin saarella (etäisyys noin 26 km merituulivoimapuistosta) on luontoasema, jossa on ravintola ja yöpymistilat. Saarella on myös luontopolku. Saarelle pääsee säännöllisesti kulkevalla veneellä ja talvisin kuljetaan jään yli. Lisäksi Pietarsaaressa sijaitsee muitakin suosittuja virkistysalueita ja -kohteita, kuten Pörkenäsin leirikeskus. Uudenkaarlepyyn Monäsin kylässä sijaitsee luonnonsuojelualueella Storsandenin hiekkaranta, jonka etäisyys merituulivoimapuistosta on noin 31 kilometriä. Alueella voi myös retkeillä esimerkiksi luontopolulla. Sekä merikaapelireitti MVE2a että MVE2b rantautuvat rannan itäpuolella noin 1,5 kilometrin etäisyydellä.

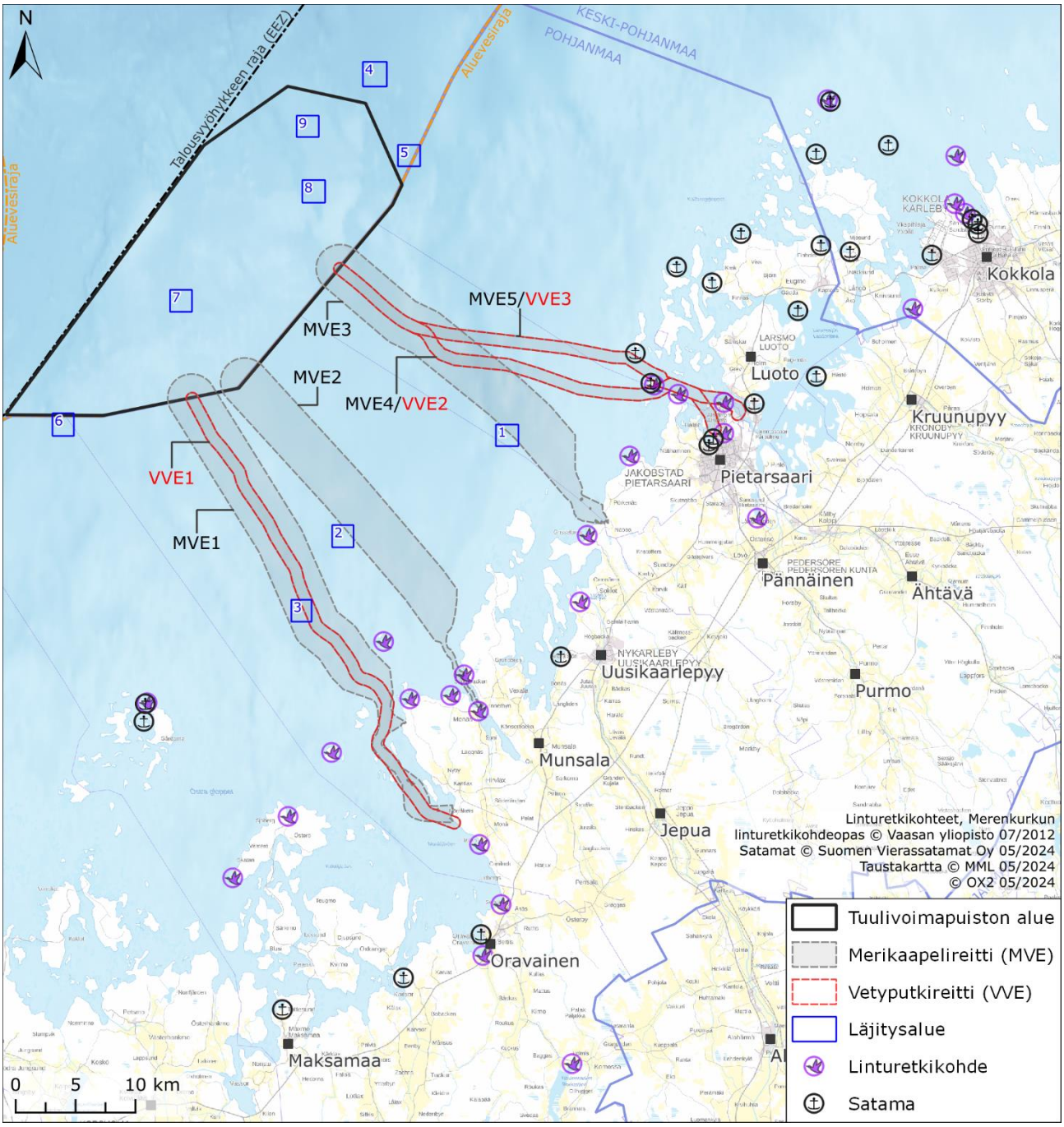
Vöyrin saaristossa Västerössä noin 37 kilometrin etäisyydellä merituulivoimapuistosta sijaitsee vaellusreitti, jonka varrella on muun muassa autiotupia, nuotiopaikkoja ja uimaranta (Kuva 19-10). Mikkelinsaaret on noin 300 saaresta koostuva saariryhmä Raippaluodon koillispuolella ja saaret kuuluvat Merenkurkun maailmanperintöalueeseen (*Metsähallitus 2024*). Entinen merivartioasema Kummelskärissä toimii nykyisin luontoasemana, joka palvelee veneilijöitä ja matkailuyrittäjiä ryhmineen. Sinne järjestetään kesäaikaan runsaasti risteilyjä. Saarella on myös muun muassa näköalatorni, kahvila, luontopolku, tulentekopaikka, varaustupa ja venesatama. Etäisyyttä merituulivoimapuistoon on noin 24 kilometriä.

Mustasaaren Valassaarilla Storskärissä (etäisyys noin 35 km merituulivoimapuistosta) on muun muassa luontopolku, tulentekopaikka ja venesatama. Björköbyn Svedjehamnissa (etäisyys noin

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

35 km) sijaitsee niin ikään luontopolku sekä kahvila-ravintola ja yli 20 metriä korkea näkötorni. Kohteiden sijainnit on esitetty kuvassa 19-10 ja molemmat kuuluvat myös Merenkurkun maailmanperintöalueeseen.

Edellä mainittujen niin sanottujen virallisten kohteiden lisäksi hankkeen vaikutusalueella rannikolla ja saaristossa harrastetaan todennäköisesti omatoimista virkistäytymistä luonto- ja vesistöympäristöön tukeutuen ympäri vuoden sekä tehdään esimerkiksi risteilyjä, veneretkiä ja opastettuja kalastusretkiä.



Kuva 19-10. Merituulivoimapuiston sekä ja merikaapeli- ja vetyputkireittivaihtoehtojen lähiseudun merkittävimmät yksittäiset virkistyskohteet.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

19.3 Vaikutusten arviointi

19.3.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

19.3.1.1 Vaikutukset elinoloihin ja viihtyvyyteen

Hankkeen rakentaminen kestää noin kolme vuotta ja rakentamisvaiheessa hankkeen merkittävimmät vaikutukset ihmisten elinoloihin ja viihtyvyyteen aiheutuvat erityisesti lisääntyvästä meriliikenteestä, liikenteestä rantojen ja satamien lähellä sekä melusta.

Merituulivoima-alueella sekä sen ja mantereen välillä liikkuu runsaasti merituulivoimapuiston, mahdollisen vedyntuotannon ja niiden vaatimien toimintojen rakentamiseen liittyvää meriliikennettä. Hankkeen rakentaminen aiheuttaa vaikutuksia alueen meriliikenteeseen, jolloin ajoittaisia ja paikallisia häiriöitä voi olla. Merellä tapahtuvan rakentamisvaiheen liikenteen koordinointi sekä rakennustöistä tiedottaminen ovat oleellisia keinoja meriliikenneonnettomuuksien välttämiseksi. Rakentamisen aikana alueelle tullaan asettamaan vesillä liikkumiseen liittyviä ajoittaisia rajoituksia, jotka koskevat kerrallaan niitä osia tuulivoima-alueesta, merisähköasemista, vedyntuotantolaitoksen rakenteista sekä merikaapelointi- ja vetyputkireiteistä, joissa rakentamistoimia suoritetaan. Merikaapelien ja vetyputkien osalta rakentamisen aikaiset vaikutukset ovat kokonaisuudessaan vähäiset, sillä aiheutuvat haitat muodostuvat pääosin rakentamisen aikana ja ovat lyhytaikaisia sekä kohdistuvat vain rakennustoimien alueelle ja niiden välittömään läheisyyteen. Rakentamisen arvioidaan kestävän joitain päiviä ja enimmillään joitain viikkoja. Vaikutukset voivat olla kuitenkin hetkellisesti merkittäviä niille ihmisille, joiden vapaa-ajan asunto tai vakituinen asunto sijoittuu merikaapeli- tai vetyputkireittien rantautumisalueelle tai sen välittömään läheisyyteen. Lisäksi rantautumisalueille sijoittuva muu toiminta (satama, teollinen toiminta) on syytä huomioida rakentamisen aikana, sillä esimerkiksi vaihtoehdon MVE4/VVE2 rantautumisalueelle sijoittuu muuta teollista toimintaa, johon rakentamistoimilla voi olla vaikutusta.

Merituulivoimapuiston rakentamisesta aiheutuu melua merellä ja satamista tuulivoima-alueelle tehtävien kuljetusten lisäksi myös voimaloiden pystytyksestä, merisähköasemien ja vedyn tuotantolaitoksen rakenteiden rakentamiseen liittyvien alusten ja nostolaitteiden osalta. Koska merituulivoimapuisto ja vedyn tuotanto sijoittuvat avomerelle ja etäälle asutuksesta, rakentamistoimien meluhaitat liittyvät pääosin satamien tuntumassa tapahtuvaan liikennöintiin sekä muihin rakennustoimiin, kuten merikaapelien tai vetyputkien asennuksiin. Syntyvä melu on paikallista ja siitä aiheutuva haitta kohdistuu lähinnä rannikon ja saariston loma-asutukselle sekä vakituiselle asutukselle, joka sijaitsee rakennustoimien lähialueella. Rakentamisen aikana merikaapelin/vetyputken rantautumisalueen lähialueelle johtavien teiden liikennemäärät kasvavat rakentamiseen liittyvien kuljetusten ja henkilöliikenteen myötä. Etenkin raskaan liikenteen aiheuttamat viihtyvyyshaitat, kuten melu, tärinä ja pölyäminen lisääntyvät ranta-asutuksen kuljetusreittien läheisyydessä. Kasvavat liikennemäärät heikentävät osaltaan myös liikenteen sujuvuutta ja turvallisuutta, ellei niitä kehittäviä toimenpiteitä tehdä. On kuitenkin huomioitava, että raskaan liikenteen aiheuttamat haittavaikutukset rajoittuvat vain hankkeen rakentamisvaiheeseen, eikä niistä aiheudu pysyvää haittaa alueen asukkaille. Vaikutusalue ei myöskään ole kovin laaja ja se riippuu hankkeen jatkosuunnittelussa valittavasta merikaapelin/vetyputken toteutettavasta vaihtoehdosta. Merikaapeli-/vetyputkireittien rantautumisalueet sijoittuvat etenkin lähelle loma-asutusta eikä niiden läheisyyteen sijoitu muuta teollista toimintaa, vaihtoehtoja MVE4 ja VVE3a lukuun ottamatta. Vaihtoehdot MVE4 ja VVE3a sijoittuvat Alholman teollisuusalueelle, jossa on jo nykyisellään satamatoimintaa ja muuta teollista toimintaa sekä runsasta liikennöintiä, jolloin vaikutukset ihmisten elinoloihin ja viihtyvyyteen ovat pienemmät verrattuna muihin vaihtoehtoihin. Liikenne- ja meluvaikutuksia on arvioitu yksityiskohtaisemmin luvuissa 14 ja 15. Mantereelle kohdistuvia vaikutuksia on arvioitu tarkemmin erillisessä YVA-selostuksen osassa B.

Kuten luvussa 5 Vesiympäristö on kuvattu, hankkeen rakentamisvaiheessa aiheutuu vesistön samentumista voimaloiden, vedyntuotantolaitoksen tai -laitoksien ja merisähköasemien lähialueilla johtuen perustustöiden edellyttämistä pohjan muokkauksista sekä läjityksistä ja merikaapelien/vetyputkien asentamisesta. Veden samentumisesta voi aiheutua tilapäistä ja paikallista

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

virkistyshaittaa. Veden samentumisen myötä haittaa voi aiheutua esimerkiksi uimiseen rannikolla, mikäli merikaapeleiden/vetyputkien asennustyöt sijoittuvat lähialueelle (muutaman sadan metrin etäisyydelle). Vaikutusalueen laajuus riippuu myös merikaapeleiden/vetyputkien asennusmenetelmästä. Aiheutuva haitta on väliaikainen ja kestoltaan arviolta muutaman päivän per rakentamisalue. Väliaikaista haittaa veden samentumisesta voi aiheutua myös kalastukseen (ks. luku 6). Vaikutuksia vesistöön on arvioitu tarkemmin luvussa 5.

19.3.1.2 Vaikutukset virkistyskäyttöön

Merituulivoimapuiston lähimmät virkistyskäyttökohteet, kuten linturetkikohteet, sijoittuvat saaristoon ja rannikkoalueelle (Kuva 19-10). Asukaskyselyn ja YVA-ohjelmasta saatujen mielipiteiden sekä virallisten virkistyskäyttökohteiden (Kuva 19-10) mukaan rannikkoa ja saaristoa hyödynnetään paljon monipuoliseen virkistyskäyttöön. Asukkaat tuntevat yleisesti saariston ja rannikkoalueen hankkeen lähiseudulla hyvin asukaskyselyyn saatujen tulosten sekä annettujen mielipiteiden perusteella. Erityisen tärkeinä hankkeen lähiseudun virkistyskäyttömuotoina nousivat esiin luonnossa liikkuminen, veneily ja luonnon tarkkailu. Lisäksi vastaajat moottorikelkkailevat ja kalastavat alueella. Kyselyyn vastanneet sekä hankkeesta mielipiteensä jättäneet arvioivat hankkeen vaikutukset virkistyskäyttöön, kuten veneilyyn, kalastukseen sekä luonnonläheisyyteen ja rauhallisuuteen, kielteisiksi. Merituulivoimapuiston rakentaminen voi aiheuttaa paikallista ja tilapäistä haittaa virkistykseen etenkin lisääntyvän meriliikenteen sekä rakentamistoimista aiheutuvien häiriöiden vuoksi. Haittojen alueellinen kohdentuminen riippuu sen hetkisestä rakentamistoimien alueesta.

Merikaapelin/vetyputkireitin MVE4/VVE2 asennustyöt voivat vaikuttaa kielteisesti Pietarsaaren purjehdusseuran toimintaan, sillä seuralla on vierassatama Alholman lahdella (*SSJ Segelsällskapet i Jakobstad 2024*). Lisäksi seuran osoittama purjehdusreitti vierassatamaan sijoittuu merikaapeli-/vetyputkireitille, joten rakennustoimien aikaan reitin käyttö voi olla tilapäisesti estynyt. Aiheutuva haitta on paikallinen ja lyhytaikainen, jolloin rakennustoimien jälkeen toiminta ja purjehdus voivat jatkua entiseen tapaan.

Hankkeen vaikutuksia kalastoon ja kalastukseen on arvioitu luvussa 6. Hankkeen rakentamiseen ja meriläjitykseen liittyvät vesistö- ja kalastovaikutukset ovat arvion mukaan paikallisia ja väliaikaisia. Kalastus voi joillain alueilla kuitenkin estyä kokonaan rakentamisen aikana. Rakentamistöistä kalastukseen kohdistuvat haittavaikutukset arvioitiin vähäisiksi merituulivoimapuiston alueella ja kohtalaisiksi kaapelireittien alueella.

Hankkeen merikaapelien rantautumisalueen lähialueelle sekä sen välittömään läheisyyteen sijoittuu vaihtoehdosta riippuen vaihteleva määrä asuin- ja lomarakennuksia. Hankkeen YVA-ohjelmasta annetuissa lausunnoissa ja mielipiteissä nousi esiin huoli merituulivoimapuiston vaikutuksista avomerimaisemaan, luontoon ja luonnonläheisyyteen sekä lintuihin ja kalastoon. Hankkeen rakentamisvaiheessa hankkeen lähialueella tehdään rakentamiseen liittyviä aluskuljetuksia, josta voi aiheutua ajoittaista ja paikallista häiriötä muulle vesiliikenteelle. Rakentamisen aikana alueelle tullaan myös asettamaan vesillä liikkumiseen (esimerkiksi veneilyyn ja sitä kautta muun muassa kalastukseen) liittyviä ajoittaisia rajoituksia, jotka koskevat kerrallaan niitä osia merituulivoima-alueesta ja merikaapelointi-/vetyputkireiteistä, joissa rakentamistoimia tehdään. Merituulivoimapuiston infrastruktuurin rakentamisesta aiheutuu myös melua paikallisesti siellä missä rakentamistoimenpiteitä tehdään. Hankevaihtoehtojen VE1 ja VE2 välillä ei ole tässä suhteessa eroa, mutta muutoin vaihtoehdon VE1 vaikutukset ovat hieman suuremmat johtuen suuremmasta voimalamäärästä, mikä lisää alueella suoritettavaa alusliikennöintiä ja rakentamistoimenpiteitä sekä niistä aiheutuvia häiriöitä. Hankkeen rakentaminen suoritetaan tämänhetkisen tiedon mukaan kolmen vuoden aikana avovesikausilla, jolloin hankkeen lähialueen virkistyskäyttökokemus voi muuttua edellä mainituista syistä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

19.3.1.3 Vaikutukset terveyteen

Merituulivoimapuiston rakentamisvaiheessa (noin kolme vuotta) merikaapelien/vetyputkireittien rantautumisalueen lähiteillä kulkee runsaasti raskasta liikennettä, josta aiheutuu tien varren asutukselle melu-, tärinä- ja pölyhaittaa. Rakentamisen vilkkaimpana aikana liikenne voi olla ajoittain luonteeltaan jatkuvaa. Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen (*2024*) mukaan meluhaitan suuruuteen vaikuttavat mm. äänen fysikaaliset ominaisuudet, kuten voimakkuus ja impulssimaisuus, altistumisen aika ja paikka sekä henkilön yksilölliset ominaisuudet, kuten meluherkkyys ja asenne äänilähdettä kohtaan. Melu voi olla kiusallista tai häiritsevää. Herkimmillä henkilöillä melu voi aiheuttaa elimistöön stressireaktion, joka pitkittyessään voi johtaa muihin terveyshaittoihin. Merituulivoimapuiston rakentamiseen liittyvän raskaan liikenteen meluvaikutukset rajoittuvat kuitenkin vain rakentamisvaiheeseen, eikä siitä näin ollen aiheudu pysyvää haittaa alueen asukkaille.

Rakentamisvaiheen maantiekuljetuksista voi aiheutua pölyämistä kuljetusreittien välittömään läheisyyteen, mutta haittojen ollessa ajoittaisia ja paikallisia ei siitä arvioida aiheutuvan terveyshaittaa. Liikenne voi lisäksi aiheuttaa rakentamisen aikana käytettävien liikennereittien välittömään läheisyyteen maaperän, rakennusten ja rakenteiden värähtelyä, joka koetaan tärinänä. Liikenteestä aiheutuvaan tärinän suuruuteen vaikuttavat mm. ajoneuvon ja tieväylän ominaisuudet sekä ajonopeudet. Lisäksi maaperän ominaisuudet, etäisyys ja rakennuksen ominaisuudet vaikuttavat tärinäaaltojen etenemiseen. Rakennusten tyyppi vaikuttaa havaittavan tärinän suuruuteen (*Törnqvist & Talja 2006*). Merituulivoimapuiston rakentamiseen liittyvien maantiekuljetusten aikaansaamalla tärinällä ei arvioida olevan suoria terveysvaikutuksia, mutta yhdessä muiden haittavaikutusten (melu ja pöly) kanssa se voi osaltaan lisätä mahdollisia herkimpien henkilöiden kokemia terveyshaittoja. Joka tapauksessa rakentamisen aikaiset mahdolliset haitalliset terveysvaikutukset ovat koko hankkeen elinkaareen suhteutettuna hyvin lyhytaikaisia.

19.3.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset

19.3.2.1 Vaikutukset elinoloihin ja viihtyvyyteen

Merituulivoimapuiston toimintavaiheessa merkittävimmät vaikutukset elinoloihin ja viihtyvyyteen muodostuvat pääosin hankkeen liikenne-, maisema- ja meluvaikutuksista. Toiminnan aikana merituulivoimapuistolla on suuri vaikutus meriliikenteeseen. Merituulivoimapuiston alueella ei sijaitse virallisia väyliä, mutta siellä sijaitsee useampia meriliikennereittejä (merenkulun alueita). Niillä liikennöivien kauppamerenkulun alusten tulee lähtökohtaisesti kiertää merituulivoimapuiston alue. Merikaapelien ja vetyputkien osalta toiminnan aikaiset vaikutukset ovat kokonaisuudessaan vähäiset. Toiminnan aikana hankealueella on säännöllistä huoltoalustoimintaa.

Hankkeen maisemavaikutukset nousivat esiin asukaskyselyssä sekä YVA-ohjelmasta jätetyissä mielipiteissä, jossa maisema mainittiin herkkänä kohteena, johon hankkeen toteutuksen uskottiin vaikuttavan kielteisesti. Kysyttäessä arviota hankkeen vaikutuksista, kielteiset vaikutukset korostuivat vastauksissa laajasti. Kielteisiä vaikutuksia koettiin olevan etenkin maisemaan, lähialueen virkistyskäyttöön sekä luonnonläheisyyteen ja rauhallisuuteen. Maisemavaikutusten arvioinnin (luku 4) perusteella merituulivoimapuiston tuulivoimalat näkyvät laajalle alueelle siten, että maisemalliset vaikutukset kohdistuvat läheisille meri- ja ranta-alueille. Asutuksen kannalta kohtalaiset maisemalliset vaikutukset muodostuvat mantereen rannoilla ja saaristossa, joista avautuu näkymäyhteys merituulivoimapuiston suuntaan. Mantereelle on merituulivoima-alueelta lähimmillään noin 30 kilometrin matka, joten sisämaassa tällä etäisyydellä tarvitaan paljon avointa tilaa tuulivoimapuiston suuntaan, jotta tuulivoimaloihin avautuisi näkymäyhteyksiä.

Luodon, Pietarsaaren ja Uudenkaarlepyyn rannikkoalueella sekä saaristossa (25–35 kilometrin etäisyys tuulivoimapuiston rajasta) sijaitsee pääosin loma-asutusta. Rannikkoalueella sijaitsee myös vakituista asutusta noin 30–40 kilometrin etäisyydellä merituulivoimapuistosta. Kohtalaisia maisemallisia vaikutuksia kohdistuu muun muassa Yttre Bergskärin, Hälsingön, Mässkärin ja Svartörarnan saarille sekä Luodon pohjoispuolella sijaitsevalle Krokon alueelle ja länsireunalla sijaitsevalle Skabbskäretin alueelle. Pietarsaaren alueella maisemalliset vaikutukset kohdistuvat Ådön

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

länsirannalle ja Fäbodan alueelle. Uudenkaarlepyyn alueella maisemallisia vaikutuksia kohdistuu Frösön niemen länsirannalle. Hankkeen maisemalliset vaikutukset ovat toiminnan aikana kokonaisuudessaan kohtalaiset negatiiviset, koska maisemalliset vaikutukset kohdistuvat laajalle alueelle. Tuulivoimaloiden maisemavaikutusta on havainnollistettu valokuvasovittein, jotka on esitetty tarkemmin luvussa 4.

Myös lentoeste- ja navigointivalojen näkyminen liittyy maiseman muuttumiseen. Valot näkyvät pimeällä vain hyvällä säällä kauas ja vaikutukset suuntautuvat samoin kuin muutkin maisemavaikutukset. Muutos on merkittävä niillä näkemäsektoreilla, missä on totuttu pimeään merimaisemaan.

Etenkin lähimmälle loma-asutukselle (etäisyys merituulivoimapuistosta noin 25 km) kohdistuvat maisemavaikutukset on arvioitu kohtalaisen negatiivisiksi, ja merkittävyyttä lisää asukaskyselyssä esiin tullut kyseisen asian tärkeys ja huolenaihe paikallisille asukkaille. Hankkeen toteutuessa tuulivoimaloista aiheutuvia maisemallisia muutoksia ei voida välttää. Maiseman muutos ei suoraan vaikuta elinoloihin siten, että se esimerkiksi estäisi alueen käyttöä tai muutoin rajoittaisi toimintaa, mutta sillä voi olla viihtyvyyttä heikentävä vaikutus etenkin silloin, kun voimalat näkyvät selkeästi maisemassa asunnolle, jonka käyttäjille ns. luonnontilainen maisema on tärkeä osa asunnolla ja alueella viihtymistä. Maiseman muutoksesta voi aiheutua viihtyvyyshaittaa asukkaiden lisäksi myös muille alueita käyttäville henkilöille, kuten esimerkiksi retkeilijöille. Alueen retkeilijämääristä ei ole olemassa tilastotietoa.

Maiseman, ja pimeällä valaistusolosuhteiden, muutokset koetaan yksilöllisesti siten, että samankaltainen vaikutus voi merkitä toiselle asukkaalle enemmän kuin toiselle, aiheuttaen viihtyvyyttä merkittävästi heikentävän häiriötekijän, kun taas toinen asukas ei välttämättä pidä maisemanmuutosta lainkaan häiritsevänä. Voimalat voidaan kokea myös mielenkiintoisena ja myönteisenä elementtinä maisemassa. Maisemavaikutusten kokemiseen vaikuttavat monet seikat, ja myös yksilön asenteet hanketta kohtaan. On syytä huomioida, että ihmiset voivat myös tottua maisemallisiin muutoksiin ajan myötä.

Merituulivoimaloiden etäisyys lähimpiin vakituisiin asuntoihin ja loma-asuntoihin on suuri, ja tämän myötä melumallinnuksen mukaan tuulivoimamelu ei ylitä ohjearvoja lähimmissäkään kohteissa. Pienitaajuinen melu ei ylitä millään taajuudella sisätilan toimenpiderajoja. Ainoastaan vaihtoehdossa VE1 sisätilan toimenpiderajat ovat toimenpiderajalla taajuudella 50 Hz reseptoripisteessä R1 (lomarakennus) (ks. tarkemmin luku 15). Tuulivoimaloiden melu kuitenkin muuttaa lähialueen äänimaisemaa avomerellä, joskin muutokset ovat ajallisesti ja paikallisesti vaihtelevia. Toisaalta avomerellä liikkujia, jotka tuulivoimaloiden melun kuulisivat, on vähän.

Tuulivoimala aiheuttaa lähiympäristöönsä varjon vilkuntaa, eli välkettä, kun auringon valo paistaa tuulivoimalan takaa ja osuu käynnissä olevan tuulivoimalan pyöriviin lapoihin. Laineen merituulivoimaloiden välkevaikutus ei ulotu vakituiseen asutukseen tai loma-asutukseen saakka, vaan rajoittuu merialueille. Välkevaikutuksen alueella ei ole asutusta, eikä välkkeen määrä ylitä yhdessäkään kohteessa Suomessa sovellettavaksi suositeltavia muiden maiden raja-arvoja tai suosituksia (ks. tarkemmin luku 16). Välkkeen määrä ei ylitä muiden maiden raja-arvoja ja suosituksia myöskään, kun yhteisvaikutus muiden merituulivoimahankkeiden kanssa on huomioitu.

Vaikutukset koetaan joka tapauksessa subjektiivisesti ja on myös mahdollista, ainakin osin todennäköistäkin, että elinympäristössä tapahtuviin muutoksiin totutaan ajan myötä ja niiden mahdollinen häiritsevyys lieventyy.

19.3.2.2 Vaikutukset virkistyskäyttöön

Merituulivoimapuiston rakentamisen johdosta avoimelle merialueelle rakentuu tuulivoimaloita, mahdollisesti lisäksi vedyn tuotantoa ja rakentamaton merialue muuttuu hankkeen toimintavaiheessa uusiutuvan energiantuotannon alueeksi. Merituulivoima-alue säilyy jatkossakin pääasiassa avoimena vesialueena, jossa kalastukseen tai virkistyskäyttöön ei kohdistu pysyviä rajoituksia, kuten ei myöskään hankealueen ulkopuolella. Merituulivoimapuiston alue sijoittuu

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

talousvyöhykkeelle, jossa nykyisellään kulkee useampia meriliikennereittejä (merenkulun alueita), joihin hankkeen toteutuksella on merkittäviä vaikutuksia. Meriliikenteeseen kohdistuvia vaikutuksia on tarkasteltu tarkemmin luvussa 14. Hankealueen ja sen lähiympäristön merialueiden käyttö virkistykseen, veneilyyn ja kalastukseen voi jatkua, mutta merituulivoimapuisto voi muuttaa virkistyskäyttökokemusta alueella, lähinnä maisemavaikutuksien osalta. Melu- ja välkemallinnusten mukaan niiden vaikutukset eivät yletä saaristoon tai rannikolle, johon merkittävin osa alueen virkistyskäytöstä kohdistuu. Melu- ja välkevaikutukset kohdistuvat lähinnä tuulivoima-alueelle ja sen välittömään läheisyyteen (ks. luvut 15 ja 16).

Merituulivoimapuiston toiminnan aikana virkistykseen liittyvää meriliikennettä ei rajoiteta mahdollisia poikkeustilanteita lukuun ottamatta, joten esimerkiksi veneily ja purjehdus on sallittua tuulivoimapuiston alueella. Asukaskyselyn ja hankkeesta annettujen mielipiteiden mukaan alue tunnetaan hyvin ja ihmiset liikkuvat alueella pääasiassa kausiluontoisesti. Veneilijöiden suosimien saarten käyttö veneilyyn liittyvinä vierailukohteina voi jatkua entiseen tapaan myös merituulivoimapuiston toimintavaiheessa. Seudulla harrastettava muu vesillä liikkuminen (esim. melonta ja vesiskootterilla ajo) keskittyy saaristoon ja rannikon edustalle, eikä sitä harrasteta suuressa määrin avomerellä merituulivoimapuiston alueella, mutta tuulivoimalat eivät estä myöskään kyseisiä virkistyskäyttömuotoja tuulivoimapuiston alueella, jos niitä ko. alueella harrastetaan.

Paikallisten veneily- ja purjehdusseurojen pääasiallinen toiminta (mm. harjoitukset ja kilpailut) keskittyy rannikon edustalle ja saaristoon, eikä merituulivoimapuiston alue sijoitu tämänhetkisen tiedon mukaan niiden keskeisille toiminta-alueille. Tuulivoimalat sijaitsevat etäällä toisistaan eikä niiden lapojen pyyhkäisykorkeus estä tavanomaista purjehdusta voimaloiden lähelläkään. Toisaalta voimaloita voidaan käyttää myös ”merimerkkeinä” ja voimaloiden toiminnasta voidaan lisäksi arvioida suuntaa antavasti vallitsevia tuuliolosuhteita.

Hankkeen toiminnan aikaiset vaikutukset kalastukseen kohdistuvat lähinnä troolauksen ja verkkokalastuksen vaikeutumiseen merituulivoimapuiston ja merikaapeli/vetyputkireittien alueella. Troolaus vaatii runsaasti tilaa, joten merituulivoimaloiden sijoittuminen voi vaikeuttaa suurten trooliyksikköjen toimintaa. Merenpohjaan sijoittuvat kaapelit tullaan peittämään siten, että ne jäävät merenpohjan alle, joten verkkokalastukseen ei arvioitu aiheutuvan häiriövaikutusta merikaapeleista. Merituulivoimapuiston alueella kaupallinen kalastus on käytössä olevan tiedon mukaan kuitenkin vähäistä, eikä esimerkiksi troolausta alueella nykyisin harjoiteta lainkaan. Merituulivoimapuiston osalta kalastukseen kohdistuva haittavaikutus on arvioitu olevan vähäinen. Merikaapelireittien osalta kalastuksen aktiivisuus riippuu siitä, mitä vaihtoehtoista reittiä tarkastellaan; MVE4 ja MVE5 reiteillä sekä Luodon saaristossa on aktiivista rysäpyyntiä. Verkkokalastusta harjoitetaan kaikilla reiteillä. Merikaapelireittien osalta kalastukseen kohdistuvat haittavaikutukset on arvioitu olevan vähäiset tai kohtalaiset, riippuen kaapelin asennus- ja suojaustavasta. Hankkeen toteutuminen ei estä virkistyskalastusta, mutta voi kuitenkin aiheuttaa muutoksia erityisesti kiinteiden pyydysten sijoitteluun. Merituulivoimapuiston toimintavaiheen vesistö- ja kalastovaikutuksia on tarkasteltu tarkemmin luvussa 6.

Hankkeen vaikutusalueella harrastetaan myös muunlaista virkistäytymistä, kuten esim. uintia, retkeilyä ja luonnon tarkkailua. Talviaikaan tapahtuva virkistystoiminta, kuten hiihto ja pilkkiminen, keskittyy rannikon edustalle. Merituulivoimapuiston sijaitessa useiden kilometrien etäisyydellä avomerellä väylien takana, ei kyseisiä harrastuksia siellä juurikaan harrasteta. Hankkeella ei ole vaikutuksia edellä mainittuihin virkistyskäyttömuotoihin muutoin kuin välillisesti pääasiassa maiseman ja pimeällä valaistusolosuhteiden (lentoeste- ja navigointivalot) muutoksiin liittyvien mahdollisten viihtyvyyshaittojen muodossa. Merikaapelilla tai vetyputkella ei ole virkistyskäyttöön kohdistuvia vaikutuksia hankkeen toiminnan aikana.

Linturetkikohteita sijaitsee rannikolla ja saaristossa useampia noin 25–35 kilometrin etäisyydellä tuulivoima-alueesta. Rakennettavat tuulivoimalat voivat vaikuttaa lintujen muuttoreitteihin paikallisesti siten, että muutto voi kulkea joko lähempänä tai kauempana totutusta ja tällöin sillä on vaikutusta lintubongauksen kannalta, muttei kuitenkaan siten, että harrastus estyisi tai erityisesti hankaloituisi.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Hankkeen vaikutukset lähiseudun virkistyskäyttöön eivät ole sitä estäviä, vaan käyttökokemusta mahdollisesti muuttavia, riippuen siitä, millä tavoin alueella virkistäydytään ja minkälaisia kokemuksia alueelta siellä liikuttaessa haetaan. Luonnonrauhaa ja avointa merimaisemaa painottavat retkeilijät voivat kokea tuulivoimalat häiritsevänä elementtinä siellä missä voimalat näkyvät selkeästi maisemassa ja voimaloiden lähialueella niistä aiheutuu myös ääntä sekä välkettä. Toisaalta esimerkiksi liikuntasuoritusta painottavat henkilöt eivät välttämättä häiriinny lainkaan voimaloista. Alueen virkistyskäyttäjät joka tapauksessa todennäköisesti tottuvat maiseman ja avomerellä merituulivoimapuiston lähialueella myös äänimaiseman muutokseen vähintään jossain määrin ja ajan myötä mahdolliset kielteiset kokemuksetkin voivat lieventyä.

Yhteenvetona hankkeen vaikutuksista hankkeen lähialueella tapahtuvaan virkistyskäyttöön voidaan todeta suurimpien vaikutusten aiheutuvan merimaiseman muutoksesta (myös pimeällä), jonka hankevaihtoehdosta riippuen enintään 150 (VE1) tai 113 (VE2) tuulivoimalaa aiheuttaa muuttaen alueen käyttökokemusta. Hankevaihtoehdossa VE1 vaikutukset ovat suurempia, koska voimaloita on enemmän. Toiminta-aikana merikaapelit tai vetyputki eivät vaikuta virkistyskäyttöön merellä eikä vaihtoehtojen välillä ole eroja virkistyskäytön näkökulmasta.

19.3.2.3 Vaikutukset terveyteen

Merituulivoimapuiston sähkönsiirtoon ja vedyn tuotantoon liittyvä vedynvarastointi ja muu hankkeeseen liittyvä toiminta mantereella ja siihen liittyvät mahdolliset terveysvaikutukset on kuvattu YVA-selostuksen B-osassa (luku 17).

Tuotantovaiheessa tuulivoima ei aiheuta kasvihuonekaasupäästöjä tai muita ihmisen terveyteen vaikuttavia päästöjä ilmakehään tai ympäröivään luontoon. Keskeisin tuulivoiman tuotantoon liittyvä mahdollinen terveysvaikutus liittyy meluun, jota tuulivoimalat tuottavat useiden mekanismien kautta merkittävimmän äänen syntyessä roottorien siipien vuorovaikutuksesta ilman kanssa. Seuraavaksi on kuvattu yleisellä tasolla melun mahdollisia vaikutuksia terveyteen.

Valtioneuvoston asetuksen (1107/2015) mukaiset ulkomelutason ohjearvot on asetettu tasolle, joka melun haittavaikutuksia koskevien tutkimusten mukaan ehkäisee tuulivoimamelun aiheuttamia terveyshaittoja sekä ympäristön viihtyvyyden merkittävää heikentymistä. Sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysasetus 545/2015 asettaa sisätilojen äänitasoille toimenpiderajat erityisesti yöajan äänitasoille nukkumiseen tarkoitetuissa tiloissa sekä pientaajuisen melulle taajuusvälillä 20–200 Hz. Sosiaali- ja terveysministeriön muistion (*26.4.2016*) mukaan on epätodennäköistä, että tuulivoimaloiden tuottama ääni (mukaan luettuna infraääni) voisi aiheuttaa merkittäviä terveys- ja hyvinvointihaittoja tuulivoima-alueiden lähellä asuville, kun noudatetaan käytössä olevia ohjearvoja ja toimenpiderajoja. Merituulivoimapuiston alueen lähin asutus sijaitsee etäällä, lähimmät loma-asunnot sijoittuvat 25–30 kilometrin etäisyydelle ja vakituiset asunnot yli 30 kilometrin etäisyydelle tuulivoimapuistoalueen rajasta. Melulla ei arvioitu olevan suoria terveysvaikutuksia vakituiselle tai vapaa-ajan asutukselle, sillä tuulivoimamelu ei ylitä ohjearvoja lähimmissäkään kohteissa eikä pienitaajuinen melu ylitä sisätilan toimenpiderajoja. Vaihtoehdossa VE1 tulokset ovat kuitenkin toimenpiderajalla taajuudella 50 Hz. Laskenta on suoritettu käyttäen konservatiivisia äänipäästöarvoja, taajuusjakaumaa sekä reseptoripisteissä alhaista rakennusten ääneneristävyyttä (ks. luku 15). Meluvaikutusten arvioinnissa on laskentatulosten perusteella saavutettu melun enimmäistila. Hankkeen toteutuksessa käytettävien voimaloiden melutaso ei saa ylittää toimenpiderajoja, jotta terveysvaikutuksia ei aiheudu. Äänimaisema kuitenkin merellä muuttuu.

Merituulivoimapuiston tuulivoimaloista aiheutuva välke ei ulotu vakituiseen asutukseen tai loma-asutukseen saakka, vaan rajoittuu merialueille. Välkevaikutuksen alueella ei sijaitse asutusta, joten välkkeen määrä ei ylitä yhdessäkään kohteessa Suomessa sovellettavaksi suositeltavia muiden maiden raja-arvoja tai suosituksia. Välkkeestä ei arvioida aiheutuvan terveysvaikutuksia.

Vedyn valmistuksessa elektrolyysiprosessissa syntyy happea, joka johdetaan mahdollisesti merenpohjaan tai ilmakehään. Mikäli ihminen hengittää 4–12 tunnin ajan puhdasta happea, voi se aiheuttaa herkille ihmisille kurkun ja rinnan ärsytystä sekä yskää (*Työterveyslaitos 2022)*. Tämän

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

hankkeen suunniteltu elektrolyysiprosessi tultaisiin toteuttamaan avomerellä kaukana asutuksesta. Terveysvaikutuksia ei arvioida syntyvän hapen ilmakehään johtamisesta, kunhan elektrolyysilaitoksen hapen poistoputken välittömässä läheisyydessä ei oleilla tunteja. Ilmanlaatuun hapella ei arvioida olevan vaikutuksia. Vedyn tuotannossa syntyvän suolakuorman ei arvioida aiheuttavan terveysvaikutuksia ihmisille.

Asukaskyselyssä nousi esiin hankealueen lähiseudun, etenkin energiansiirtoreittien, merkitys tärkeänä virkistyskäyttöalueena esim. ulkoilun, luonnontarkkailun, veneilyn ja kalastuksen merkeissä. Tuulivoimapuiston lähialue tarkoittaa avomerialueita yli 25 kilometrin päässä rannikolta. Merituulivoimapuiston aluetta ja sen lähiseutua voi käyttää tuulivoimaloiden välittömiä lähialueita lukuun ottamatta virkistyskäyttöön entiseen tapaan, joten virkistyskäytöstä poistuva pinta-ala on pieni. Hankkeen rakentamisvaihe haittaa alueella tapahtuvaa kalastusta ja veneilyä väliaikaisesti mm. liikkumisrajoitusten vuoksi. Toimintavaiheen häiriövaikutukset (esim. melu, välke ja maisema) ovat voimakkaimpia tuulivoima-alueen sisällä, joten voimaloiden lähialueilla ei luonnollisesti ole sellaista rauhan ja hiljaisuuden tunnetta kuin nykyisin ja näin ollen luonnon rauhoittavaa ja sitä kautta terveyttäkin edistävää vaikutusta ei näillä alueilla koeta. Toisaalta tuuli- ja meriolosuhteiden takia luonnollinen taustamelu on avomerellä kohtalaisen korkea ja peittää osaltaan voimaloiden lähietäisyydellä mahdollisesti häiritseväksi koetun äänen. Lähiseudun asukkaiden terveyttä monin tavoin tukevat alueen virkistyskäyttö ja harrastukset voivat jatkua ennallaan. Merituulivoimalat näkyvät maisemassa laajalle alueelle, mikä voi kuitenkin heikentää lähiseudulla luonnonrauhaan perustuvaa virkistäytymistä, jos henkilö kokee maisemanmuutoksen häiritsevänä. Asian kokeminen on joka tapauksessa subjektiivinen asia.

Vaikka merituulivoimapuistolla ei nykytietämyksen mukaan ole suoria haitallisia terveysvaikutuksia, on kuitenkin mahdollista, että hankkeella on vaikutuksia koetun terveyden alueella. Erilaiset välilliset tekijät, kuten esimerkiksi voimaloiden näkyminen asuntoon, voi aiheuttaa herkimmille yksilöille stressiä, jolla on puolestaan suora yhteys fyysiseen terveyteen.

19.3.3 Toiminnan jälkeiset vaikutukset

Tuulivoimapuiston toiminnan jälkeiset työvaiheet, eli voimaloiden purkaminen, ja kalusto ovat vaikutuksiltaan periaatteessa vastaavia mutta vähäisempiä kuin rakennusvaiheessa. Näin ollen myös vaikutukset ihmisten elinoloihin ja viihtyvyyteen sekä virkistyskäyttöön ovat samankaltaiset, esimerkiksi ajoittaiset alueen käyttörajoitukset ja tätä kautta aiheutuva ajoittainen häiriö alueella liikkuville. Purkamisesta aiheutuu myös jonkin verran melua sekä liikennevaikutuksia, joiden vaikutukset ovat lyhytaikaisia. Merituulivoimapuiston purkamisen vaikutukset vedenlaadun ja kalaston suhteen ovat niin ikään samankaltaisia kuin rakennusvaiheessa (mm. veden samentuminen, kalastuksen estyminen), joten niistä voi aiheutua ajoittaisia ja paikallisia vaikutuksia.

19.3.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

Mikäli merituulivoimapuistoa ei rakenneta, jäävät hankkeen rakentamisen, toiminnan ja toiminnan jälkeiset vaikutukset ihmisten elinoloihin, viihtyvyyteen ja virkistyskäyttöön toteutumatta kokonaisuudessaan. Hankkeen toteuttamisesta ei arvioitu aiheutuvan suoria terveysvaikutuksia, joita ei luonnollisesti aiheudu myöskään, jos hanketta ei toteuteta.

19.4 Yhteisvaikutukset

Hankkeen yhteisvaikutukset ihmisten elinoloihin, viihtyvyyteen, virkistyskäyttöön ja terveyteen lähiseudun muiden merituulivoimapuistojen ja toimintojen kanssa voivat muodostua lähinnä maisemaan, meluun ja välkkeeseen liittyvistä vaikutuksista. Hankkeen rakentamisvaiheessa myös liikenteellisiä yhteisvaikutuksia voi mahdollisesti syntyä, mikäli rakentamistoimet ajoittuvat samaan aikaan ja liikennöinti tapahtuu samalla alueella.

Merituulivoimahankkeella on maisemallisia yhteisvaikutuksia erityisesti mantereelta merelle katsottuna, mikäli Ruotsin puolelle suunniteltu Kappa merituulivoimapuisto toteutuu. Laineen ja

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Kappan merituulivoimapuistot muodostavat yhdessä laajemman merituulivoimapuiston kokonaisuuden kuin vain Laine yksistään, jossa Kappa näyttää maisemallisesti noin kaksi kertaa suuremman Laineen laajennukselta länteen. Yhteisvaikutuksia muodostuu pääosin läheisille merialueille Ruotsin puolelle sekä lisäksi Suomen puolelle. Etelästä katsottuna Kappan merituulivoimapuisto laajentaa Laineen merituulivoimapuistoa maisemallisesti noin kahden tuulivoimalan tarvitseman alueen verran. Lähimmistä Kappan tuulivoimaloista on noin 26 kilometriä lähimpiin eteläpuoleisiin Suomen puolen saariin. Suomen mantereen suunnasta katsottuna Kappan merituulivoimapuiston voimalat voivat näkyä sopivissa olosuhteissa (kirkas sää) Laineen kaukaisimpien voimaloiden takana, jolloin kauempaa katsottaessa kokonaisuudessa vaikuttaa olevan jonkin verran tiheämmin voimaloita (tarkemmin ks. luku 4.4).

Maiseman muutos ei suoraan vaikuta elinoloihin tai virkistyskäyttöön siten, että se esimerkiksi estäisi alueen käyttöä tai muutoin rajoittaisi toimintaa, mutta sillä voi olla viihtyvyyttä heikentävä vaikutus, jos henkilö kokee voimalat häiritseviksi. Elinympäristön muutokset koetaan joka tapauksessa yksilöllisesti.

Laineen merituulivoimahankkeen ja sen lähiseudun hankkeiden (Ruotsin puolen Kappa hanke) yhteisvaikutuksen melun osalta arvioitiin hyvin vähäisiksi, sillä hankkeet sijoittuvat avomerelle etäälle mantereella ja saariston asutuksesta. Keskiäänitason muutos Suomen puolella on arvioitu todennäköisesti olemattomaksi ja pienitaajuisen melun muutos vähäiseksi. Välkevaikutukset rajoittuvat merialueille, joten ihmisten elinoloihin, viihtyvyyteen, virkistyskäyttöön tai terveyteen kohdistuvia yhteisvaikutuksia välkkeen osalta ei ole.

19.5 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys

Hankealueen herkkyys ihmisten elinoloihin, viihtyvyyteen, virkistykseen ja terveyteen kohdistuviin vaikutuksiin arvioitiin kokonaisuudessaan kohtalaiseksi, sillä vaikutusalueella sijaitsee vapaa-ajan asutusta ja vakituista asutusta sekä virkistyskäyttökohteita (mm. leirikeskukset ja venesatamat rantautumisalueilla tai niiden lähialueella).

19.5.1 Rakentamisen aikaisten vaikutusten merkittävyys

19.5.1.1 Merituulivoimapuisto

Merituulivoimapuiston toteutusvaihtoehdoilla VE1 ja VE2 ei ole merkittäviä eroja rakentamisen aikana, ja vaikutusten arvioitiin olevan molemmissa vaihtoehdoissa kohtalaisia kielteisiä. Rakentamisen aikaiset vaikutukset ihmisten elinoloihin, viihtyvyyteen ja virkistyskäyttöön aiheutuvat lisääntyvästä maa- ja meriliikenteestä sekä melusta. Vaikutukset ovat paikallisia ja kohdistuvat liikennereittien lähialueen vapaa-ajan asutukseen sekä vakituiseen asutukseen. Rakentamistoimet ajoittuvat kolmen vuoden ajalle, ja voivat olla sääolosuhteista sekä rakentamistoimista riippuen syklittäisiä, jolloin häiriön suuruus voi vaihdella. Vaihtoehdosta VE1 aiheutuvat vaikutukset arvioitiin hieman suuremmiksi vaihtoehtoon VE2 verrattuna suuremman voimalamäärän vuoksi.

Vedyntuotannon osalta ei arvioida olevan eroja ihmisiin rakentamisen aikana kohdistuvien vaikutusten osalta sillä, onko valittu ratkaisu keskitetty vai hajautettu vedyn tuotanto, sillä rakentaminen tapahtuu niin kaukana ulkomerellä.

19.5.1.2 Merikaapeli- ja vetyputkireitit

Merikaapelireittien toteutusvaihtoehdoilla on jonkin verran eroja rakentamisen aikana. Merikaapeli- ja vetyputkireittien rakentamisesta aiheutuvat vaikutukset ovat paikallisia ja lyhytaikaisia. Vapaa-ajan asutusta sijaitsee kaikkien muiden merikaapeli- ja vetyputkireittien rantautumisalueella ja sen välittömässä läheisyydessä paitsi vaihtoehdon MVE4. Vaihtoehtojen MVE1a, MVE1b ja VVE1 rakentamisesta aiheutuvat häiriöt kohdentuvat lähinnä vapaa-ajan asutukseen. Vaihtoehdon MVE2a rantautumisalueella tai sen välittömässä läheisyydessä on myös uimaranta ja vakituista asutusta. Vaihtoehdon MVE2b rantautumisalueella sijaitsee myös kalasatama. Vaihtoehdon MVE3 rantautumisalueella tai sen välittömässä läheisyydessä sijaitsee vapaa-ajan asutuksen lisäksi

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merilän toimintakeskus sekä Svedjan ja Pörkenäsin leirikeskukset. Vaihtoehdon MVE4/VVE2 rantautumisalueella tai sen välittömässä läheisyydessä sijaitsee myös vakituista asutusta, teollista toimintaa ja purjehdusseuran vierassatama. Vaihtoehdon MVE5a/VVE3a rantautumisalueella ja sen välittömässä läheisyydessä sijaitsee vapaa-ajan asutusta. Vaihtoehdon MVE5b/VVE3b rantautumisalueella ja sen välittömässä läheisyydessä sijaitsee vapaa-ajan asutuksen lisäksi vakituista asutusta, leirintäalue ja uimaranta.

Vaikutusten arvioitiin olevan kohtalaiset kielteiset vaihtoehdoissa MVE1a/VVE1, MVE1b, MVE4/VVE2. Vaihtoehtojen MVE1a ja MVE1b rantautumisalueelle ja sen välittömään läheisyyteen sijoittuu vähemmän vapaa-ajan asutusta verrattuna muihin vaihtoehtoihin. Suuret kielteiset vaikutukset arvioitiin olevan vaihtoehdoissa MVE2a, MVE2b, MVE3, MVE5a/VVE3a ja MVE5b/VVE3b. Näiden vaihtoehtojen rantautumisalueille tai sen välittömään läheisyyteen sijoittuu vapaa-ajan asutuksen lisäksi vaihtelevasti myös muun muassa vakituista asutusta (vaihtoehdosta riippuen 8–75 kpl), toiminta- ja leirikeskuksia, uimarantoja sekä purjehdusseuran vierassatama, joten vaikutuskohteita on useita.

Taulukko 19-2. Ihmisiin kohdistuvien vaikutusten merkittävyys eri hankevaihtoehdoissa rakentamisen aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		Negatiivinen				Muutoksen suuruus				Positiivinen
		Erittäin suuri	Suuri	Kohtalainen	Vähäinen	Ei muutosta	Vähäinen	Kohtalainen	Suuri	Erittäin suuri
Kohteen herkkyys	Vähäinen									
	Kohtalainen		MVE2a MVE2b MVE3 MVE5a MVE5b VVE3a VVE3b	VE1 VE2 MVE1a MVE1b MVE4 VVE1 VVE2		VE0				
	Suuri									
	Erittäin suuri									

19.5.2 Toiminnan aikaisten vaikutusten merkittävyys

19.5.2.1 Merituulivoimapuisto

Merituulivoimapuiston toteutusvaihtoehdoilla VE1 ja VE2 ei ole merkittäviä eroja toiminnan aikana, ja vaikutusten arvioitiin olevan molemmissa vaihtoehdoissa kohtalaisen kielteiset. Toiminnan aikaiset vaikutukset ihmisten elinoloihin, viihtyvyyteen ja virkistyskäyttöön aiheutuvat muutoksesta maisemassa. Merituulivoimapuiston tuulivoimalat näkyvät laajalle alueelle siten, että merkittävimmät maisemalliset vaikutukset kohdistuvat läheisille meri- ja ranta-alueille. Asutuksen kannalta merkittävimmät maisemalliset vaikutukset muodostuvat mantereen rannoilla ja saaristossa, joista avautuu näkymäyhteys tuulivoimapuiston suuntaan. Myös lentoeste- ja navigointivalojen näkyminen liittyy maiseman muuttumiseen. Valot näkyvät pimeällä kauas ja vaikutukset suuntautuvat samoin kuin muutkin maisemavaikutukset. Muutos on merkittävä niillä näkemäsektoreilla missä on totuttu pimeään merimaisemaan.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Vedyntuotannon osalta ei arvioitu olevan eroja ihmisiin toiminnan aikana kohdistuvien vaikutusten osalta sillä, onko valittu ratkaisu keskitetty vai hajautettu vedyn tuotanto, sillä tuotanto tapahtuu niin kaukana ulkomerellä.

19.5.2.2 Merikaapeli- ja vetyputkireitit

Toiminnan aikaiset vaikutukset merikaapeli- ja vetyputkireittien osalta kohdistuvat rantautumisalueelle. Merellä merikaapeli- ja vetyputkireitit eivät aiheuta vaikutuksia ihmisten elinoloihin, viihtyvyyteen, virkistykseen tai terveyteen. Rantautumisalueelle maan alle sijoittuu merikaapelin tai vetyputken reitti, joka pidetään puuttomana koko toiminnan ajan, joka aiheuttaa muutoksen maisemassa verraten nykyiseen luonnontilaan. Vaikutus on kuitenkin paikallinen, joten vaikutuksen on arvioitu olevan vähäinen kielteinen kaikissa vaihtoehdoissa.

Taulukko 19-3. Ihmisiin kohdistuvien vaikutusten merkittävyys eri hankevaihtoehdoissa toiminnan aikana.

Vaikutuksen merkittävyys		**Negatiivinen**			**Muutoksen suuruus**					**Positiivinen**
		Erittäin suuri	**Suuri**	**Kohtalainen**	**Vähäinen**	**Ei muutosta**	**Vähäinen**	**Kohtalainen**	**Suuri**	**Erittäin suuri**
Kohteen herkkyys	**Vähäinen**									
	Kohtalainen			**VE1 VE2**	**MVE1a MVE1b MVE4 MVE2a MVE2b MVE3 MVE5a MVE5b VVE1 VVE2 VVE3a VVE3b**	**VE0**				
	Suuri									
	Erittäin suuri									

19.6 Arvioinnin epävarmuudet

Ihmisiin kohdistuvien vaikutusten arvioinnissa hyödynnetään muiden osioiden (esimerkiksi melu, tärinä, maisema, välke ja liikenne) laadullisia ja laskennallisia arvioita. Näin ollen myös muiden vaikutusten arviointiosioiden epävarmuudet tuovat epävarmuutta ihmisiin kohdistuvien vaikutusten arviointiin.

Vaikutusten merkittävyyden arviointi on usein arvosidonnaista ja myös ihmisten vaikutuksiin liittyvät kokemukset ovat subjektiivisia, mikä tuo vaikutusten tunnistamiseen ja arviointiin epävarmuutta. Asukaskyselyyn tullut vastausmäärä oli tavanomaista korkeampi. Tavanomaisesti hankkeisiin negatiivisesti suhtautuvat vastaavat kyselyihin aktiivisemmin kuin he, joilla ei ole asiaan kantaa tai suhtautuminen on positiivinen, mikä tuo epävarmuutta kyselyn vastausten yleistettävyyteen. Epävarmuutta aiheuttaa myös pienet vastausmäärät joidenkin kysymysten osalta.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Terveysvaikutusten arviointiin liittyvät epävarmuudet liittyvät lähinnä tuulivoimapuistoihin liittyvien tutkimusten rajoitteisiin esimerkiksi pitkän aikavälin tutkimusten suhteen.

19.7 Haittojen ehkäiseminen ja lieventäminen

Hankkeesta aiheutuvia haitallisia vaikutuksia voidaan lieventää hankkeen huolellisella suunnittelulla ja edelleen aktiivisesti tiedottamalla alueen asukkaita hankkeen etenemisestä kaikissa sen vaiheissa. Asukkaita sekä muita aluetta käyttäviä tahoja, kuten vesillä liikkujia, tiedottamalla ja kuulemalla voidaan vähentää ihmisten kokemaa epätietoisuutta ja etsiä ratkaisuja hankkeen vaikutuksiin sekä mahdollisiin ristiriitoihin. Tiedotuksessa on hyvä hyödyntää eri viestintäkanavia monipuolisesti, jotta viestintä on mahdollisimman tehokasta ja tavoittaa eri kohderyhmät kattavasti. Jatkamalla hankkeen lähialueella pidettäviä keskustelutilaisuuksia voidaan paikallisten asukkaiden kanssa käydä vuoropuhelua ja jakaa yksityiskohtaisempaa tietoa hankkeesta.

Hankkeen ympäristövaikutuksiin liittyviä lieventämiskeinoja on käsitelty kunkin vaikutusarviointiosion yhteydessä. Nämä lieventämiskeinot lieventävät myös vaikutuksia ihmisten elinoloihin ja viihtyvyyteen. Esimerkiksi rakentamisen aikaisia haittoja voidaan vähentää rakennustöiden ajoittamisella (esimerkiksi loma-asutusta lähimpien voimalapaikkojen rakentaminen kesälomakauden ulkopuolella), mahdollisesti hyödyntämällä suuntaporausta ranta-alueilla rannan aukikaivamisen sijaan.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

20 TURVALLISUUS SEKÄ TUTKA- JA VIESTINTÄYHTEYDET

YHTEENVETO

- Rakentamisen aikana merkittävimmiksi riskeiksi on arvioitu kemikaalivuodot laitteista tai merenkulkualuksista sekä onnettomuudet rakentamisen aikana merellä ja rannassa esimerkiksi nostotöiden aikana. Rakentamisessa noudatetaan rakentamis- ja työsuojelumääräyksiä sekä luodaan yksityiskohtainen turvallisuussuunnitelma. Lisäksi ennen töiden aloitusta laaditaan työkohtaiset riskinarvioinnit ja ohjeet, joilla ehkäistään onnettomuuksien syntymistä. Turvallisuussuunnitelmassa huomioidaan myös kemikaalivuotojen hallinta, kuten kemikaalivuotojen ehkäisy ja poikkeustilanteiden valvonta.
- Muiksi rakentamisen aikaisiksi riskeiksi on arvioitu meriliikenneonnettomuudet sekä tulipalotilanteet. Meriliikenneonnettomuudet ja tulipalojen syttyminen on epätodennäköistä, mutta tapahtuessaan niiden vaikutus voi olla suuri. Kulku merituulivoimapuiston alueelle tapahtuu pääsääntöisesti vesiväyliä pitkin turvallisuusohjeita sekä vesiliikennesääntöjä noudattaen. Tulipaloja varten luodaan erillinen paloturvallisuussuunnitelma. Onnettomuuksia ja riskejä pyritään välttämään myös aktiivisella rakentamisen aikaisella valvonnalla sekä koordinoinnilla eri viranomaisten kanssa.
- Räjähtämättömien ammusten ja miinojen esiintymisestä tehdyn selvityksen perusteella merituulivoimapuiston ja rantaan johtavien merikaapelireittien tai vetyputkireittien alueella ei havaittu kohonnutta riskiä räjähtämättömistä ammuksista tai miinoista, jotka voisivat aiheuttaa tapaturman rakentamisaikana (liite 22).
- Meriliikenteeseen liittyvät riskit (mm. törmäysriski, navigointiin ja viestintälaitteisiin liittyvät riskit, jäänmuodostumiseen ja talvimerenkulkuun liittyvät riskit) on käsitelty luvussa 14 (Liikenne).
- Puolustusvoimien ampuma ja suoja-alueet sekä tutkavaikutukset on käsitelty luvussa 14 (Liikenne).
- Vaikutukset tutkajärjestelmiin on kuvattu luvussa 14 (Liikenne).
- Talviaikana sopivissa olosuhteissa tuulivoimalan lapoihin saattaa kertyä jäätä, joka voi irrota. Jään kertymistä lapoihin pyritään estämään lapojen jäätymisenestoratkaisuilla. Riski, että irronnut jää aiheuttaisi vahinkoja on erittäin pieni. Merituulivoimapuiston alueella liikutaan hyvin vähän talviaikaan esim. hylkeenmetsästyksen yhteydessä.
- Mahdollisiksi vaarallisiksi tilanteiksi on arvioitu esim. lavan tai voimalan muun osan putoaminen. Tällaiset tilanteet ovat kuitenkin erittäin harvinaisia ja niitä ehkäistään jo ennen toiminnan aloittamista tehtävillä laajoilla käyttöönottokokeilla sekä tarkastuksilla. Tuotannon aikana mahdolliset ongelmat pyritään havaitsemaan säännöllisten huolto- ja tarkastuskäyntien yhteydessä. Tuulivoimaloiden rikkoontumisesta aiheutuvaa turvallisuusriskiä voidaan pitää erittäin pienenä eikä hanke estä alueen hyödyntämistä virkistykseen kuten veneilyyn.
- Merituulivoimapuistossa tuotettu sähkö siirretään mantereelle suurjännitteisillä merikaapeleilla, jotka asennetaan merenpohjaan siten, ettei niistä aiheudu turvallisuusriskejä merialueen käyttäjille. Merikaapeleiden asennuksessa pyritään hyödyntämään syvänteiden antamaa suojaa ja matalilla alueilla kaapeli suojataan tarvittaessa kaivamalla se maaperään, peittämällä kivimurskeella tai käyttämällä tilanteen mukaan suojaputkia tai betonista valmistettuja mekaanisia suojia tai muita soveltuvia suojauskeinoja.
- Vedyn tuotantoon liittyvät merkittävimmät riskit arvioitiin olevan vetyvuodot tuotantolaitteistoissa ja putkistoissa sekä vetyvuodon syttyminen ja tästä aiheutuva tulipalo tai räjähdys.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

- Vaihtoehtoisesti hankkeessa tuotetusta sähköstä tuotetaan vetyä merituulivoimapuiston alueella. Tuotettu vety siirretään mantereelle vetyputken kautta. Ilmateitse tai sisäisen vetyputkiston kautta leviävä tulipalo voi teoriassa pahimman tapauksen arvion mukaan aiheuttaa suuronnettomuuden. Vetyvuotoja seurataan etäseuranta ja -hallintalaitteiston avulla, jolloin vedyn virtaaminen putkistossa saadaan pysäytettyä esimerkiksi putkirikon sattuessa. Lisäksi vetyputket suojataan tarvittaessa mekaanisilta iskuilta, jolla ehkäistään putkirikkojen syntymistä.

20.1 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Turvallisuuteen liittyviä vaikutuksia arvioitaessa on tarkasteltu tuulivoimaloiden sijaintia suhteessa lähimpiin merialueen muihin toimintoihin, talviaikaisen jään irtoamista, voimaloiden rikkoutumista, paloturvallisuutta ja muita mahdollisia riskitilanteita. Lisäksi on tarkasteltu vedyn tuotantoon ja siirtoon liittyviä riskejä maalla sekä merellä. Tarkastelussa on huomioitu riskien vaara-alueen laajuus. Merituulivoimalat sijoitetaan tuulivoima-alueelle siten, etteivät ne lähtökohtaisesti vaaranna meriliikennettä, mutta voimalat muodostavat mahdollisen turvallisuusriskin mahdollisesti merituulivoimapuiston alueella liikkuville laivoille ja veneille. Isojen kauppamerenkulun alusten liikkuminen merituulivoimapuiston sisällä pyritään estämään lainsäädännön sallimissa rajoissa. Meriliikenteeseen liittyvät riskit (mm. törmäysriski, navigointiin ja viestintälaitteisiin liittyvät riskit, jäänmuodostumiseen ja talvimerenkulkuun liittyvät riskit) on käsitelty luvussa 14.

Hankkeen rakentamisvaiheessa aiheutuu liikennettä merellä ja maalla, mikä on huomioitu liikenneturvallisuuden vaikutusten arvioinnissa (luku 14). Turvallisuuteen kohdistuvien vaikutusten arvioinnissa on huomioitu lisäksi ilmailuturvallisuus sekä Puolustusvoimien toiminta. Vaikutukset turvallisuuteen on arvioitu hankkeen rakentamisen, toiminnan aikaisen ja toiminnan jälkeisen ajan osalta, ja siinä on huomioitu myös merikaapelit, vetyputket sekä vedyn tuotanto. Lisäksi on arvioitu hankkeen vaikutukset säätutkien toimintaan ja viestintäyhteyksiin.

Laineen merituulivoimapuisto sijoittuu keskeiselle merenkulun alueelle, minkä vuoksi hankevastaava on perustanut työryhmän alan keskeisten toimijoiden kanssa (ml. Väylävirasto, Traficom, Fintraffic VTS, Rajavartiolaitos ja Finnpilot). Työryhmässä on käsitelty hankkeen vaikutuksia merenkulun kannalta eri näkökulmista ja määritetty yhteistyössä, kuinka merenkulku ja merituulivoima pyritään yhteensovittamaan (ks. liite 19). YVA-selostuksessa on esitetty selvitys merenkulun käyttämistä reiteistä tuulivoimapuiston alueella ja sen ympäristössä sekä jäänmurtajien liikennöintitiedot mallinnuksessa käytettynä jäätalvena (luku 14, liite 15 ja 18). Hankkeen vaikutukset merenkululle, talvimerenkulku mukaan lukien, on arvioitu hyödyntäen aiemmin mainittuja selvityksiä. Merikaapeleiden ja vedyn siirtoputkiston osalta vaikutusarvioinnissa on huomioitu mm. meriväylät ja merenkulun turvalaitteet (esim. majakat, linjataulut ja maalla olevat loistot).

Hankkeen suunnittelun tarkentuessa YVA-menettelyn jälkeen tehdään tarvittaessa vielä yhteistyössä viranomaisten kanssa kattavampi selvitys hankkeen vaikutuksista meriliikenteen turvallisuudelle ja alusten tutkajärjestelmille sekä riskienarviointi ja siihen liittyen riskienhallintakeinojen tunnistaminen.

Uutta lakia (934/2024) sovelletaan talousvyöhykkeen merituulivoimahankkeisiin nykyisen talousvyöhykelain (1058/2004) rinnalla ja osin sen sijasta. Valtioneuvosto on 3. lokakuuta 2024 antanut esityksen eduskunnalle laiksi merituulivoimasta talousvyöhykkeellä ja siihen liittyviksi laeiksi (HE 147/2024 vp). Laki astui voimaan 1.1.2025 ja tämän jälkeen on tarkoitus valmistella lakia koskeva asetus. Suomen talousvyöhykkeestä annetun lain päivityksen myötä tekosaariin, laitteisiin ja muihin rakennelmiin sekä niiden toimintaan liittyviin putkiin ja kaapeleihin sovelletaan Suomen ja EU:n sähkö- ja kaasumarkkinoista annettua lainsäädäntöä, lakia vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta (390/2005), painelaitelakia (1144/2016), päästökauppalakia (1270/2023) ja ilmailulain (864/2014) lentoesteitä koskevia säännöksiä. Laitteella tai rakennelmalla ei tarkoiteta esityksessä putkea tai kaapelia. Lisäksi alusten tavanomaisesta toiminnasta

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

aiheutuvan ympäristön pilaantumisen ehkäisemisestä talousvyöhykkeellä säädetään merenkulun ympäristönsuojelulaissa (1672/2009) ja öljyvahinkojen sekä aluskemikaalivahinkojen torjuntaa koskevista toimenpiteistä säädetään pelastuslaissa (379/2011). Lisäksi talousvyöhykkeellä sovelletaan jätelakia (646/2011).

Kemikaalien teollista käsittelyä ja varastointia säätelee laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta (390/2005, kemikaaliturvallisuuslaki). Lain 23 §:n nojalla vaarallisen kemikaalin laajamittaista teollista käsittelyä ja varastointia saa harjoittaa vain Turvallisuus- ja kemikaaliviraston (Tukes) luvalla. Lupa tarvitaan, mikäli alueella varastoitavien kemikaalien suhdeluku ylittää vaarallisten kemikaalien käsittelyn ja varastoinnin valvonnasta annetun valtioneuvoston asetuksessa (685/2015) esitetyt rajat. Mahdollinen luvan tarve Laineen merituulivoimahankkeelle koskee vedyn tuotantoa ja varastointia ja tarkempi luvan tarve määritetään suunnittelun edetessä. Lupa laajamittaiselle kemikaalien teolliselle käsittelylle ja varastoinnille voidaan myöntää sen jälkeen, kun yhteysviranomainen on antanut perustellun päätelmän YVA-selostuksesta.

Riskien arviointiin on osallistunut työryhmä, jossa on ollut edustettuna viranomaisia (merenkulku), hankekehittäjä sekä konsultin riskienhallinnan asiantuntijat. Merenkulun navigointiriskien arviointeihin liittyen pidettiin riskityöpajat (2 kpl), johon osallistui hankekehittäjän ja meriliikennekonsultin lisäksi merenkulun viranomaisia. Lisäksi merituulivoiman ja vedyntuotannon riskienarviointiin liittyen järjestettiin kaksi riskityöpajaa lokakuussa 2023, joihin osallistuivat hankekehittäjä sekä YVA-konsultti teknisine asiantuntijoineen.

20.2 Vaikutusten arviointi

Riskinarvioinnin taulukoissa on esitetty merituulivoimapuiston ja vedyntuotannon rakentamisen, käytön ajan ja käytöstä poiston aikaiset riskit, kuten vaaratilanteen kuvaus, syy, seuraus, todennäköisyys ja ehdotus riskejä vähentäviksi toimenpiteiksi (liitteet 23 ja 24). Lisäksi navigoinnin riskejä on käsitelty erillisessä raportissa, joka on liitteenä 15.

20.2.1 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

Merituulivoimapuiston ja vedyn tuotantoon liittyvien rakenteiden ja järjestelmien rakentaminen tapahtuu vaiheittain noin kolmen vuoden aikana. Rakentamisen aikana liikennemäärät merellä sekä maalla kasvavat huomattavasti.

Rakentamisen aikana merkittävimmiksi riskeiksi on arvioitu kemikaalivuodot laitteista tai merenkulkualuksista sekä onnettomuudet rakentamisalueella merellä ja rannassa esimerkiksi nostotöiden aikana. Rakentamisessa noudatetaan rakentamis- ja työsuojelumääräyksiä sekä luodaan turvallisuussuunnitelma ja työkohtaiset ohjeet, joilla ehkäistään onnettomuuksien syntymistä. Turvallisuussuunnitelmassa huomioidaan myös varautuminen mahdollisten kemikaalivuotojen ehkäisyyn ja rajaamiseen.

Rakentamisen aikaisen kemikaaleja kuljettavaan tai sisältävään alukseen liittyvät riskit (kemikaalisäiliön rikkoutuminen, alusten törmäys) arvioitiin todennäköisyydeltään kohtalaiseksi johtuen alusten runsaasta määrästä rakentamisen aikana. Vaikutusten suuruus ilman lieventämistoimenpiteitä arvioitiin kohtalaiseksi, mutta riskiä voidaan tehokkaasti alentaa pieneksi huolehtimalla logistiikan suunnittelusta, ammattitaitoisen henkilöstön ja modernin kaluston käytöstä sekä toimimisella vain turvallisissa sääolosuhteissa merellä. Edellä mainittujen alusten törmäämisen tai vuodon aiheuttamasta kemikaalien pääsystä veteen aiheutuvat vaikutukset meriluontoon ja kalastoon arvioitiin vähäisiksi kielteisiksi ja paikallisiksi. Mahdollisia öljyvuotoja varten tehdään varautumissuunnitelma sekä suunnitellaan merialueelle soveltuvat öljyntoruntatoimet yhteistyössä pelastusviranomaisen kanssa ennen töihin ryhtymistä.

Muiksi rakentamisen aikaisiksi riskeiksi on arvioitu mm. meriliikenneonnettomuudet sekä tulipalotilanteet. Meriliikenneonnettomuuksien ja tulipalojen tapahtuminen on epätodennäköistä, mutta tapahtuessaan niiden vaikutus voi olla suuri. Kulku merituulivoimapuiston alueelle tapahtuu

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

pääsääntöisesti vesiväyliä pitkin turvallisuusohjeita sekä liikennesääntöjä noudattaen. Tulipalotilanteita varten luodaan erillinen paloturvallisuussuunnitelma hankkeen rakentamishetken lainsäädäntövaatimusten mukaisesti.

Rakentamisalueilla mahdollisesti esiintyvät räjähtämättömät ammukset ja miinat voivat aiheuttaa tapaturmariskin. Tähän liittyvässä selvityksessä (UXO-selvitys, liite 22) tarkasteltiin tiedossa olevia miina- ja ammusvaarallisia alueita Perämeren alueella ja ammusriski määritettiin luokituksella 0–7 välillä. Arvo 0 kuvaa tilannetta, ettei alueella ole tiedossa olevaa riskiä ja 7 taas, että alueella on suuri riski tai todennäköisyys löytää ammuksia. Merituulivoimapuiston tai rantaan johtavien merikaapelireittien ja vetyputkireitin alueella ei havaittu kohonnutta riskiä räjähtämättömistä ammuksista tai miinoista.

Sähkönsiirtokaapelin ja vetyputkien rakentamisen riskit liittyvät lisääntyneeseen meriliikenteeseen. Lisäksi riskin voivat aiheuttaa merituulivoimapuiston energiansiirtorakenteiden kanssa risteävät muut johdot ja mahdolliset putket, jotka tullaan selvittämään ennen rakentamisen aloittamista. Risteäminen tehdään yhteistyössä olemassa olevan rakenteen haltijan kanssa ja rakenteita rikkomatta.

Onnettomuuksia ja riskejä pyritään välttämään myös aktiivisella rakentamisen aikaisella valvonnalla sekä koordinoinnilla eri viranomaisten kanssa.

20.2.2 Toiminnan aikaiset vaikutukset

20.2.2.1 Tuulivoimaloihin liittyvät mahdolliset riskitilanteet

Tuulivoimapuiston rakentamisvaiheen jälkeen tuulivoimapuisto siirtyy tuotantovaiheeseen. Ennen tuotantovaihetta kaikille tuulivoimaloille tehdään käyttöönottokokeet sekä tarkastukset, joilla pyritään havaitsemaan mahdolliset virheelliset asennukset jo ennen varsinaista tuotannon aloittamista. Tuulivoimapuiston toiminnan aikana on olemassa riski, että voimala rikkoutuu ja sen seurauksena siitä voi irrota osia ja pudota voimalan tornin läheisyyteen. Tällainen tilanne on kuitenkin erittäin harvinainen ja niitä pyritään myös havaitsemaan säännöllisten huolto- ja tarkastuskäyntien yhteydessä. Tuulivoimaloiden rikkoontumisesta aiheutuvaa turvallisuusriskiä voidaan pitää erittäin pienenä eikä hanke estä alueen hyödyntämistä virkistykseen kuten veneilyyn.

Talviaikana sopivissa olosuhteissa tuulivoimalan lapoihin saattaa kertyä jäätä, joka voi irrota. Jään kertymistä lapoihin pyritään estämään esim. lapojen jäätymisenestoratkaisuilla. Riski, että irronnut jää aiheuttaisi vahinkoja, on erittäin pieni. Alueella liikutaan hyvin vähän talviaikaan esim. hylkeenmetsästyksen aikaan.

Merituulivoimapuiston riskit meriliikenteen tutka- ja viestintäyhteyksille, merijään muodostumiselle ja talvimerenkululle on käsitelty tarkemmin luvussa 14.

Itämeren vuosittainen jäätyminen aiheuttaa riskejä voimalaloille ja niiden perustuksille sekä muille hankkeessa merelle rakennettaville kiinteille rakenteille. Jäätymis- ja sulamisvaiheiden aikana jää voi kohdistaa rakenteisiin huomattavia voimia. Erityisen haasteellinen on ajanjakso, jolloin jää alkaa sulaa ja ahtojäitä sekä ajojäitä kerääntyy merialueelle. Näillä ajelehtivilla jäämassoilla on mahdollisuus muuttua merkittäviksi, liikkuviksi esteiksi, jotka voivat asettaa rakenteisiin kohdistuvia ylimääräisiä sivuttaiskuormituksia (*COWI 2023*). On kuitenkin tärkeää ottaa huomioon, että nämä jääkuormat ja niihin liittyvät riskit voidaan hallita tehokkaasti suunnittelun keinoin. Ne ovat olennainen osa perussuunnitteluprosessia kaikkialla pohjoisella Itämerellä tehtäville hankkeille. Hankkeessa tehdään myös suunnittelun osalta yhteistyötä Teknologian tutkimuskeskuksen (VTT) kanssa jääolosuhteissa rakentamiseen liittyen.

Merituulivoimaloissa käytetään yleensä erilaisia kemikaaleja, kuten öljyä, voiteluaineita sekä jäähdytysainetta. Määrät vaihtelevat voimalamallin ja koon mukaisesti. Tuulivoimala voi sisältää myös hiilidioksidia tai muuta kaasua palosuojauksena. Öljyä tai voiteluaineita sisältävät komponentit on suunniteltu suljettuina järjestelminä vuotojen estämiseksi. Vuodon sattuessa kaikki vuotavat kemikaalit valuvat vuotoaltaisiin tai vastaaviin rakenteisiin, joilla estetään kemikaalien pääsy

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

mereen. Komponenttien ja voimalaosien rakenteet on lisäksi suunniteltu siten, että kemikaalit eivät pääse vuotamaan ympäristöön missään tilanteessa. Kemikaalien ja öljyjen kokonaismäärän yhdessä tuulivoimalassa ei arvioida ylittävän 20 000–25 000 litraa. Riippuen merisähköasemien tarkasta tyypistä ja rakenteesta ne voivat sisältää jäähdytysaineita, öljyjä ja kaasua palosuojana. Muuntajan ympärillä on vuotoallas, joka kerää vuotaneen öljyn vuototapauksessa.

Kemikaalivuodon todennäköisyys arvioitiin erittäin pieneksi ja epätodennäköiseksi. Kemikaalivuotoja ehkäistään ensisijaisesti voimaloiden, vuotoaltaiden ja perustusten rakenteiden suunnittelulla sekä toiminnan aikana säännöllisellä tarkastamisella ja huoltamisella, jolloin mahdolliset rikkoutuneet rakenteet havaitaan ajoissa.

Kemikaali- tai öljyvuodon aiheuttama ympäristöriski arvioitiin erittäin epätodennäköiseksi. Mikäli vuototilanne sattuisi, havaittaisiin se arviolta nopeasti, eikä onnettomuus ehtisi aiheuttaa kemikaalivuotoa merialueelle. Lisäksi kemikaalivuodot kerätään niille tarkoitettuihin vuotoaltaisiin. Riski samanaikaisesta vuototilanteesta useissa voimaloissa arvioitiin käytännössä olemattomaksi. Näin ollen edellä mainitun kemikaalivuotoriskin vaikutukset meriluonnolle sekä kalakantoihin ja kalastukseen arvioitiin hyvin pieneksi.

Merivoimien suoja-alueet ovat rajoiltaan tarkkaan määritettyjä valtakunnan turvallisuuden ja aluevalvonnan järjestämisen kannalta tärkeitä Suomen aluevesien osia. Suoja-alueita on yhteensä 18 ja ne sijaitsevat Suomenlahdella ja Saaristonmerellä (*Puolustusvoimat 2024*). Puolustusvoimien suoja-alueita ei sijaitse Laineen merituulivoimapuiston alueella tai sen lähellä eikä niihin siten aiheudu vaikutuksia.

20.2.2.2 Sähkönsiirtoon liittyvät mahdolliset riskitilanteet

Tuulivoimaloilla tuotettu sähkö siirretään merituulivoimapuiston alueelta mantereelle suurjännitteisillä merikaapeleilla. Merikaapelit asennettaan merenpohjaan siten, ettei niistä aiheudu turvallisuusriskejä merialueen käyttäjille. Merikaapelit pyritään asentamaan syvälle merenpohjaan ja merikaapelireitin suunnittelussa hyödynnetään syvänteiden antamaa suojaa. Jos kaapeli joudutaan asentamaan matalikolle, jossa on esimerkiksi riskinä, että jääpeite ulottuu pohjaan asti, suojataan merikaapeli tarvittaessa kaivamalla se merenpohjaan tai peittämällä kivimurskeella. Merikaapelin suojaamisessa voidaan käyttää tilanteen mukaan myös suojaputkia tai betonista valmistettuja mekaanisia suojia.

20.2.2.3 Vetyyn liittyvät mahdolliset riskitilanteet merellä

Vedyn tuotantoon liittyvät merkittävimmät riskit voitiin arvioida olevan vetyvuodot vedyntuotannon laitteistoissa sekä vetyvuodon syttyminen. Vähäisten vuotojen ilmeneminen vedenalaisissa putkistoissa arvioitiin todennäköiseksi, mutta niiden vaikutus arvioitiin lähes merkityksettömäksi. Jos vuoto on suuri ja tapahtuu vedenpinnan alapuolella, esimerkiksi putkirikosta johtuen, tällöin vetykaasu nousee veden pinnalle ja voi muodostaa helposti syttyvän kaasupilven. Jos samanaikaisesti suuren vetyvuodon aikana esimerkiksi merenkulkualus kulkee kaasupilven läpi, voi aluksella oleva mahdollinen syttymislähde sytyttää kaasupilven ja aiheuttaa kaasupilven tulipalon tai räjähdyksen. Suuri vedenalainen vetyvuoto voi myös synnyttää kaasukuplia, jotka aiheuttavat paikallisia tiheyseroja veteen ja muuttaa veden kantovoimaa. Myös vedenpinnan yläpuolisissa vedyn tuotantoon käytettävissä laitteissa, kuten elektrolyysilaitteissa, voi aiheutua vetyvuotoja. Vetyvuoto itsessään ei aiheuta välittömiä seurauksia, vaan syttymätön vetypilvi nousee ilmakehään ja laimenee. Jos vetyvuoto syttyy esimerkiksi kipinästä tai muusta syttymislähteestä, voi vuotokohtaan syntyä tällöin suihkuliekki. Suihkuliekki voi aiheuttaa suihkupalon tai kaasuräjähdyksen.

Vedyn syttymisen seurauksena voi syntyä myös ns. dominoefekti, jolloin tulipalo leviää ilmateitse tai sisäisen vetyputkiston kautta. Tästä on mahdollista erittäin epätodennäköisessä tilanteessa aiheutua suuronnettomuus, joka leviää muihin vedyn tuotantolaitoksiin. On kuitenkin otettava huomioon, että tässä YVA-menettelyssä arvioitiin ainoastaan merellä tapahtuvaa vedyn tuotantoa. Yhteisvaikutukset muiden hankkeiden kanssa on arvioitu luvussa 20.3.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Hankkeen suunnittelu on vielä alkuvaiheessa ja vaihtoehtoina ovat hajautettu vedyntuotanto, jolloin vedyntuotantoasemia on useita jokaisen tuulivoimalan torniin kiinnitettyinä (VE1 150, VE2 113). Toinen vaihtoehtoinen vedyn tuotantotapa on ns. keskitetty vedyntuotanto, jolloin vedyn tuotanto on keskitetty merisähköasemaa vastaavaan vedyntuotantoasemaan, joita olisi noin 3–8.

Vedyn varastointi tapahtuu mantereella ja sen riskejä on arvioitu YVA-selostuksen osassa B, jossa käsitellään mantereelle sijoittuvat hankkeen toiminnot. Hankkeen sekä merelle että maalle sijoittuvien toimintojen kokonaisvaikutukset on käsitelty YVA-selostuksen yleistiedot-dokumentissa.

Vetyvuotoja voidaan seurata etäseuranta ja -hallinta laitteiston avulla, jolloin vedyn virtaaminen putkistossa saadaan pysäytettyä esimerkiksi putkirikon sattuessa. Lisäksi vetyputket suojataan tarvittaessa mekaanisilta iskuilta, jolla ehkäistään putkirikkojen syntymistä. Suuronnettomuuteen johtavia riskejä selvitetään tarvittaessa tarkemmin mm. mallinnusten avulla hankkeen suunnittelun tarkentuessa.

Vaikutukset tutkiin ja sääasemiin on käsitelty luvussa 14.

20.2.3 Toiminnan päättymisen jälkeiset vaikutukset

Tuulivoimapuiston toiminnan lopettamisen jälkeen mahdolliset vaikutukset liittyvät tuulivoimapuiston ja vedyn tuotannon infrastruktuurin purkutöihin ja kuljetuksiin liittyviin turvallisuusseikkoihin sekä mahdollisiin öljy-, polttoaine- ja kemikaalivuotoihin samaan tapaan kuin puiston rakentamisvaiheessa.

20.2.4 Hankkeen toteuttamatta jättäminen VE0

Vaihtoehdossa VE0 tuulivoimapuistoa ei rakenneta, jolloin hankkeen vaikutukset turvallisuuteen sekä tutka- ja viestintäyhteyksiin sekä hankkeeseen liittyvät riskit jäävät toteutumatta kokonaan.

20.3 Yhteisvaikutukset

Laineen hanketta lähin hanke on Ruotsin puolella noin kilometrin päässä oleva Kappa merituulivoimapuisto (*Njordr Offshore Wind AB 2022*). Viimeisimmän tiedon mukaan Kappan hankealuetta on muutettu siten, että se on kiinni talousvyöhykkeen rajassa, ollen nyt noin 100 metrin etäisyydellä Laineen hankealueesta *(Statkraft Offshore Wind AB 2024*). Täten Kappan ja Laineen hankealueiden rajat ovat kiinni toisissaan. Puistot muodostavat näin ollen käytännössä yhtenäisen merituulivoimapuistojen alueen merellä, sillä puistojen välinen etäisyys on suurin piirtein sama kuin puistojen sisällä olevien voimaloiden välinen etäisyys. Merenkulku pyritään ohjaamaan merituulivoimapuistoalueiden länsi- ja itäpuolilta, eikä niiden välistä törmäysriskien välttämiseksi. Kappan ja Laineen rakentamisen osalta ei ole todennäköisiä vesistörakentamisen yhteisvaikutuksia, sillä vesistörakentamisen on suunniteltu ajoittuvan eri vuosille. Voimaloiden vedenpäällisten rakenteiden rakentaminen voi ajoittua osin samaan aikaan, josta voi aiheutua yhteisriskejä mm. mahdolliset samaan aikaan tapahtuvat öljy- ja polttoainevuodot. Yhtäaikaisten vuotojen riski arvioitiin kuitenkin erittäin pieneksi. Rakentamiseen liittyvä logistiikka hoidetaan pääasiassa kohdemaasta käsin, eikä näin ollen rakentamiseen liittyviä aluksia kulje todennäköisesti puistojen halki maiden välillä.

Yhteisriskejä ja onnettomuuksia pyritään välttämään samoilla keinoilla kuin yksittäisen hankkeen riskejä eli aktiivisella rakentamisen aikaisella valvonnalla sekä koordinoinnilla eri viranomaisten kanssa tarvittaessa käyden vuoropuhelua myös Ruotsin viranomaisten sekä Kappaa kehittävän hankekehitysyhtiön kanssa.

20.4 Vaihtoehtojen vertailu ja vaikutusten merkittävyys

Eri hankevaihtoehtojen välillä ei arvioitu olevan merkittävää eroa, kun huomioitiin riskeihin varautumisen keinot jokaisen eri riskitekijän osalta. Koska vaihtoehdossa VE1 on enemmän

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

merituulivoimaloita, voitiin vaihtoehtoon VE1 liittyvät riskit arvioida kokonaisuudessaan hieman suuremmiksi kuin vaihtoehdon VE2.

Vedyn tuotannon riskien eroja hankevaihtoehtojen välillä arvioitiin sitä kautta, että hajautetussa vedyntuotannossa merituulivoimaloihin integroituja vedyntuotantoasemia olisi enemmän vaihtoehdossa VE1, jolloin vedyn tuotantoon liittyvät riskit arvioitiin hieman suuremmiksi kuin vaihtoehdossa VE2. Vedyntuotantoasemien määrä keskitetyssä vedyn tuotannossa ei eroa hankevaihtoehtojen välillä, ja keskitettyjä vedyn tuotantolaitoksia arvioitiin rakennettavan enintään 3–8 kappaletta.

20.5 Arvioinnin epävarmuudet

Arvioinnin epävarmuudet johtuvat siitä, että tuulivoimaloiden ja vedyntuotantoasemien tarkkaa sijaintia samoin kuin toteutettavia energiansiirtoreittejä ei ole vielä valittu vaan ne tarkentuvat myöhemmässä suunnittelussa.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

21 YHTEISVAIKUTUKSET MUIDEN HANKKEIDEN KANSSA

Merituulivoimahankkeen vaikutuksia on arvioitu huomioiden lähiympäristön muut toiminnassa olevat sekä vireillä olevat hankkeet, joilla arvioidaan olevan yhteisvaikutuksia Laineen merituulivoimahankkeen kanssa. Arvioitavat hankkeet on tunnistettu ja kuvattu YVA-selostukseen. Hankkeen toiminnasta ja muista alueen toiminnoista aiheutuvat yhteisvaikutukset ympäristöön on tarkasteltu kunkin osion yhteydessä osana vaikutusarviointia. Tässä luvussa on käyty yhteisvaikutusten arvioinnin kannalta olennaiset hankkeet siltä osin, kun niistä on ollut tietoja saatavilla julkisesti. Hankkeiden tilanne sekä Suomen että Ruotsin talousvyöhykkeillä muuttuu jatkuvasti jossain määrin, ja tässä arvioinnissa on huomioitu tekohetkellä saatujen tietojen mukaiset hankkeet. Vaikutusten arviointi on puolestaan tehty sillä tarkkuudella, mikä on saatavilla olevien lähtötietojen perusteella ollut mahdollista. Esimerkiksi voimaloiden sijoittelua ei ole kaikkien hankkeiden osalta saatu tietoon, joten näiden hankkeiden osalta yhteisvaikutusten arviointi on jäänyt yleistasoiseksi.

Seuraavissa kappaleissa on lisäksi eritelty, minkä tyyppisiä yhteisvaikutuksia kullakin tiedossa olevalla hankkeella voisi Laineen hankkeen kanssa olla. Yhteisvaikutusten osalta keskeisiä arvioitavia vaikutuksia ovat mm. rakentamisen aikainen veden samentuminen, vedenalainen melu ja häiriö alueella ja sitä kautta vaikutukset meriluontoon, sekä vaikutukset meriliikenteeseen ja alueella liikkumiseen virkistysmielessä. Toiminnan aikana keskeisiä ovat vaikutukset maisemaan, luontoarvoihin, kalastoon ja kalastukseen sekä alueen käyttöön virkistyksessä. Erityisesti on arvioitu laajemmalle ulottuvia vaikutuksia, kuten vaikutukset maisemaan ja linnustoon. Vaikutusten arvioinnissa on arvioitu, miten lähiympäristön hankkeet lisäävät tai vähentävät toistensa aiheuttamia vaikutuksia. Lisäksi on arvioitu, miten mahdollisia vaikutuksia voidaan lieventää.

Arvioinnissa on hyödynnetty tietoja lähiympäristön hankkeista ja niihin tehdyistä selvityksistä sekä vaikutusten arvioinneista. Aineistona on käytetty myös maakuntakaavoitusta varten tehtyjä selvityksiä.

Vaikutusten arviointi on suoritettu eri alan asiantuntijoiden kesken asiantuntijatyönä.

Kantaverkkoyhtiö Fingrid on julkaisemiensa merituulivoiman liityntäpisteiden perusteella suunnittelemassa yhtä liityntäpistettä merituulivoimalle Keski-Pohjanmaalle Kokkolan seudulle, jolloin useiden merituulivoimahankkeiden toteutuminen alueelle on epätodennäköistä. Ilman kantaverkkoliityntää merituulivoiman toteutuminen on näillä näkymin mahdollista suurten kulutuspisteiden yhteyteen. Yhteisvaikutuksia on kuitenkin arvoitu laajasti muiden hankkeiden kanssa olemassa olevan tiedon perusteella. (*Fingrid 2024b*)

21.1 Muut hankkeet

Laineen hankkeen lähialueen muut merituulivoimahankkeet on esitetty kuvassa (Kuva 21-1). Kartalla on esitetty yhteisvaikutusten arvioinnin kannalta olennaiset hankkeet. Kartalle ei ole merkitty kuitenkaan kaikkia Ruotsin puolen hankkeita, jotka on puolestaan esitetty mm. luvuissa 14 ja 4 sekä erillisessä kansainvälistä kuulemista varten tehdyssä Rajat ylittävien vaikutusten arvioinnin asiakirjassa.

Suomen aluevesien osalta lähimmät vireillä olevat hankkeet sijaitsevat yli 90 km etäisyydellä Laineen merituulivoimapuistosta.

21.1.1 Suomen talousvyöhykkeen muut merituulivoimahankkeet

Laineen hankkeen kanssa lähes yhtenevälle alueelle on haettu kolmen muun tuulivoimatoimijan toimesta tutkimuslupaa merituulivoimahankkeille, joista yhden toimesta on lisäksi aloitettu YVA-menettely. Seuraavassa on kuvattu nämä hankkeet julkisesti saatavilla oleviin aineistoihin perustuen. Hankkeet ovat vaihtoehtoisia Laineen hankkeelle ja siten vain yksi hanke voi edetä luvitusvaiheeseen.

Skyborn Renewables Offshore Finland Oy suunnittelee uuden **Reimari** merituulivoimapuiston rakentamista Suomen talousvyöhykkeelle Kokkolan, Pietarsaaren ja Uudenkaarlepyyn edustalle.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merituulivoimapuisto sijoittuu noin 25 kilometrin päähän Suomen rannikosta ja noin 40 kilometrin päähän Ruotsin rannikosta. Tuulivoimapuistoa lähinnä olevat paikkakunnat mantereella ovat Luoto (n. 33 km), Pietarsaari (n. 35 km), Uusikaarlepyy (n. 37 km) ja Kokkola (n. 45 km). Vesisyvyys alueella vaihtelee noin 20 metristä 60 metriin. Merituulivoimapuiston pinta-ala on 405 km^2. Reimarin merituulivoimahanke käsittää enintään 120 kappaletta voimaloita, joiden enimmäiskorkeus on 390 metriä ja yksikköteho enintään 30 MW. Tuulivoimatuotannon kokonaisteho on enintään noin 3,6 GW. Hankkeessa arvioidaan myös mahdollisuus vedyn tuotantoon hajautetusti jokaisella voimalalla tai keskitetysti 1–3 tuotantolaitoksella merellä, vedyn siirto mantereelle sekä vedyn tuotannossa syntyvien sivutuotteiden, kuten hapen, siirto mantereelle. (*Skyborn Renewables Offshore Finland Oy 2022*)

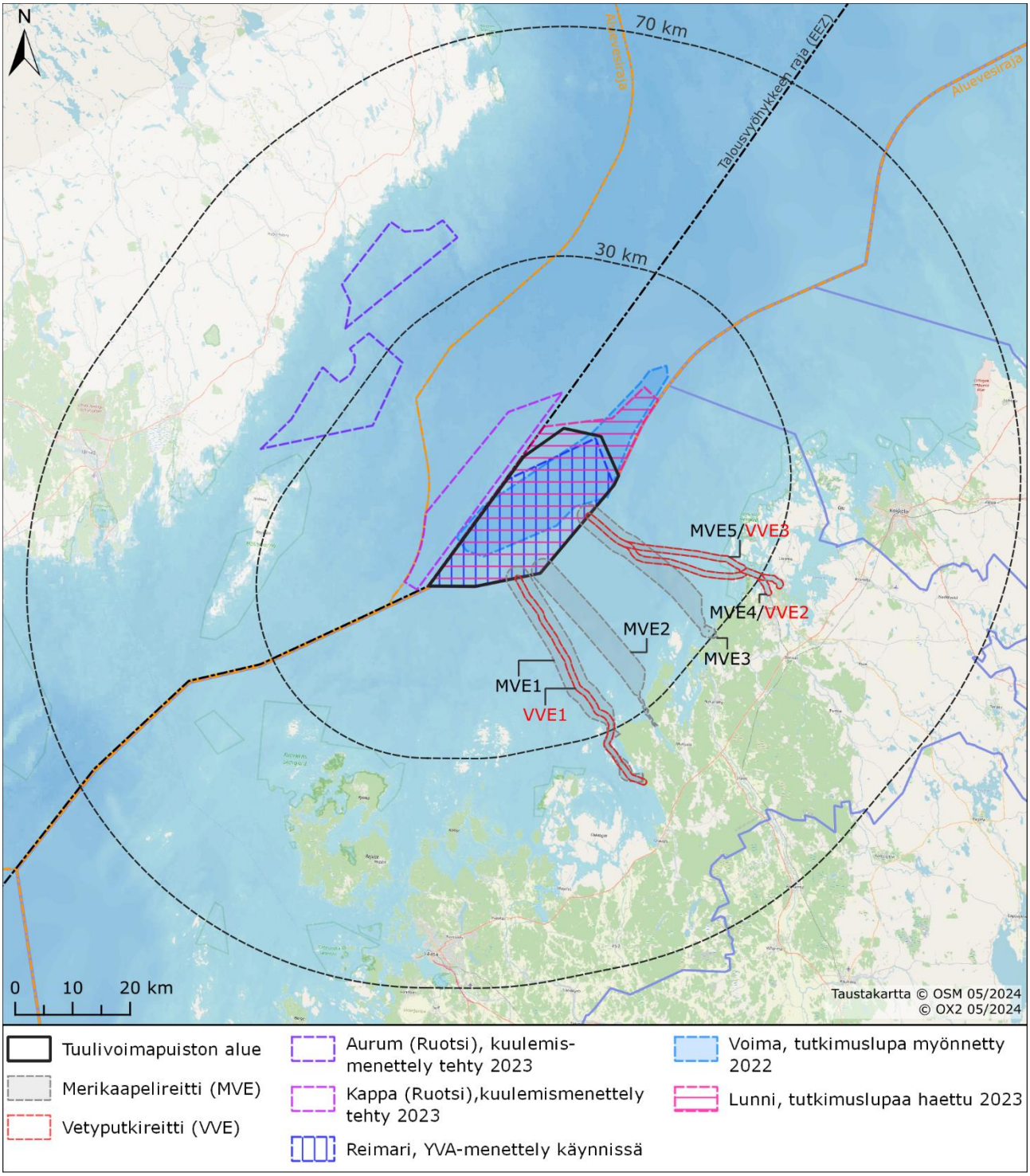
Reimarin hankkeen yhteydessä merellä sijaitsevalta merituulivoimapuiston alueelta siirretään mereltä mantereelle sähköä ja/tai vetyä ja happea eri kaapeli- ja putkilinjoja (nk. siirtokäytäviä) pitkin. Sähkönsiirto tapahtuu merituulivoima-alueelta merikaapeleilla ja mantereella 400 kV:n voimajohdoilla. Liityntäasemia tarvitaan 1–3 kpl riippuen toteutuvasta hankevaihtoehdosta. (*Skyborn Renewables Offshore Finland Oy 2022*)

Reimarin YVA-ohjelma on ollut nähtävillä 14.10.-12.12.2022 ja yhteysviranomaisen lausunto YVA-ohjelmasta on annettu 11.1.2023. Hankkeen YVA-selostus on valmisteilla.

Ilmatar Offshore Ab:n (ent. Ilmatar Energy Oy) tutkimuslupapäätös (VN/4390/2022-TEM-15) on saatu 29.12.2022 (*Valtioneuvosto 2022*). **Voima** hankealue sijaitsee Suomen talousvyöhykkeellä Pietarsaaren edustalla ja on kooltaan noin 323 km^2.

Lisäksi Suomen Hyötytuuli Oy on laittanut vireille tutkimuslupahakemuksen (17.8.2023) samalle alueelle sekä hyödyntämisoikeushakemuksen (1.11.2023) merituulivoimapuisto **Lunni** OWF -hankkeesta (*Valtioneuvosto 2023*). Hakijan hankealue sijaitsee Suomen talousvyöhykkeellä, Luodon, Pietarsaaren, Uudenkaarlepyyn ja Vöyrin kuntien edustalla Perämerellä Merenkurkun pohjoispuolella. Hakemuksen kohteena oleva merituulivoima-alue sijaitsee 23–70 metrin syvyysvyöhykkeellä, ja sen pinta-ala on noin 540 km^2. Merituulivoimapuiston etäisyys Pietarsaaresta on noin 30 km, Tankariin matkaa on noin 29 km, ja Stubben sijaitsee noin 24 km etäisyydellä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 21-1. Laineen merituulivoimapuiston ja lähiseudun merituulivoimahankkeet. Lähde: Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2023a, Työ- ja elinkeinoministeriö 2024, Ruotsin puolen hankealueiden rajat saatu hankekehittäjiltä. Kappan hankealueen rajaus perustuu vuoden 2023 kuulemismenettelyn aineistoihin (Njordr Offshore Wind AB 2022).

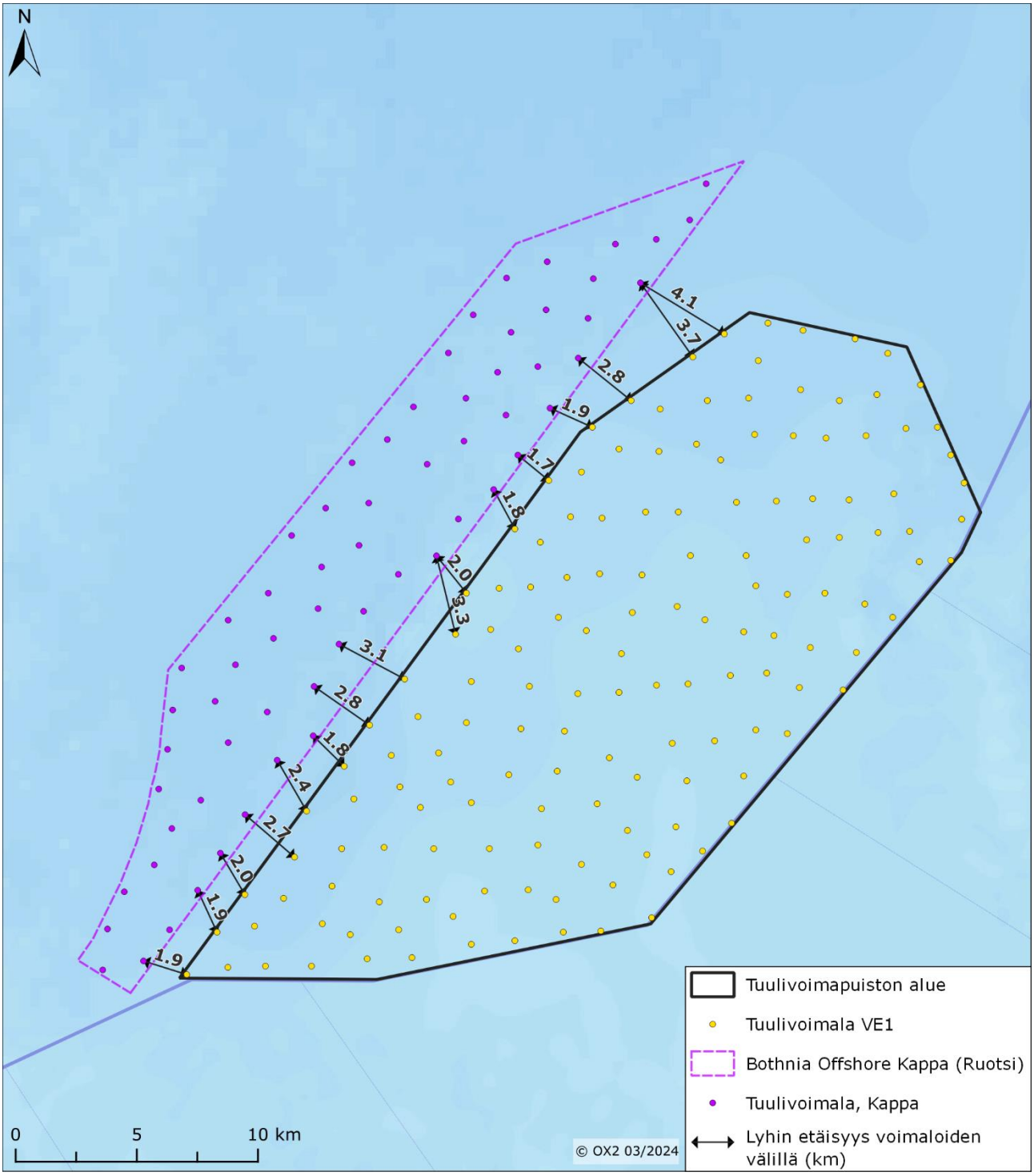
Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

21.1.2 Ruotsin puolen hankkeet

21.1.2.1 Kappa

Laineen hankkeen länsipuolelle Ruotsin talousvyöhykkeelle on suunnitteilla Kappa merituulivoimahanke. Tässä YVA-selostuksessa Laineen ja Kappan hankkeiden yhteisvaikutusten arviointi on tehty vuoden 2022 aineistolla, jonka perusteella Suomi aloitti kansainvälisen kuulemismenettelyn 22.8.2023 (*Njordr Offshore Wind AB 2022*: voimalamäärä 74 kpl ja etäisyys Laineen lähimmästä voimalasta 1,7 km, Kuva 21-2).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

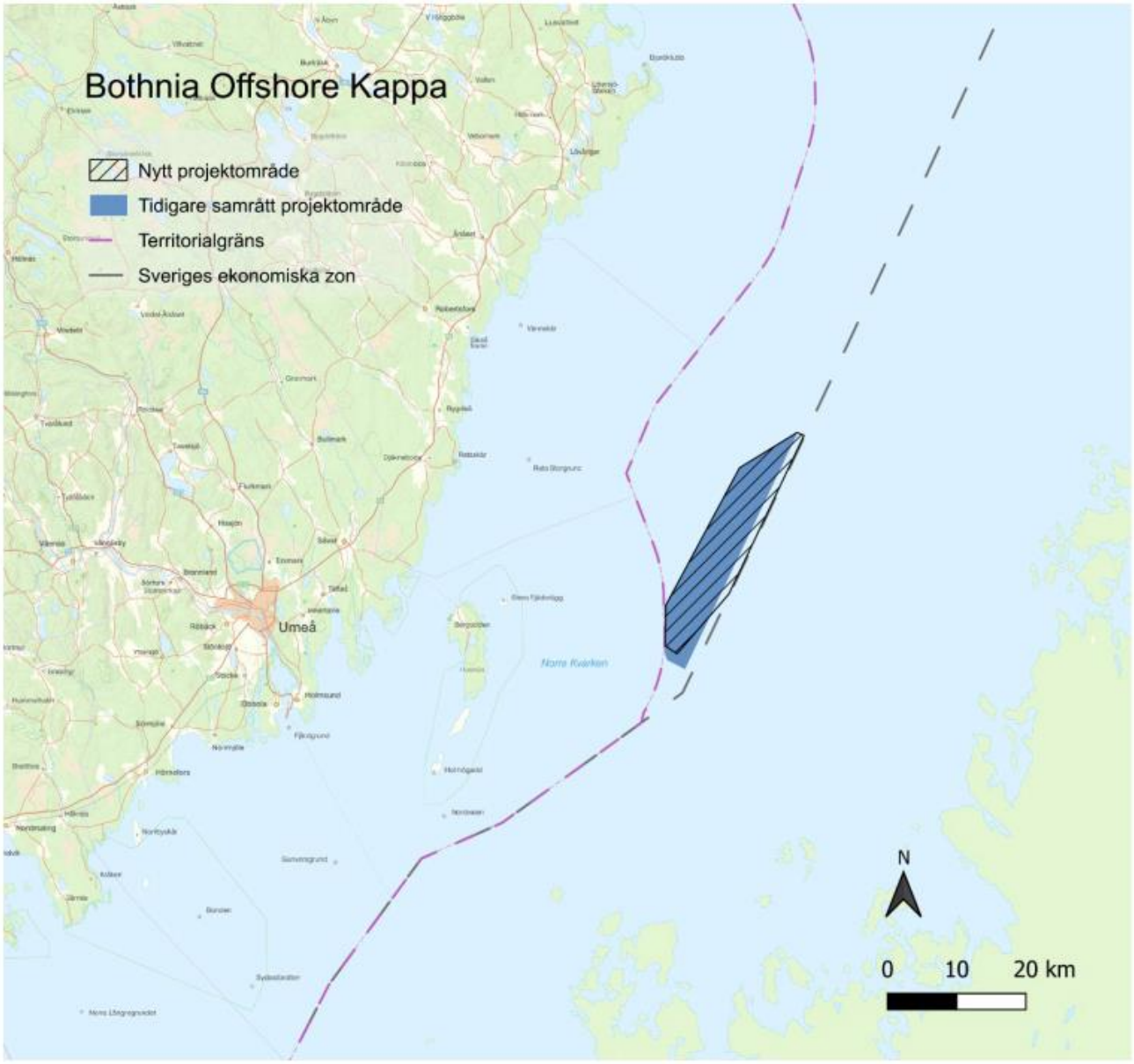


Kuva 21-2. Hankkeiden Laine ja Kappa yhteisvaikutusten arviointia varten tarkempi kartta hankkeiden voimaloiden etäisyyksistä toisiinsa nähden. Kappan voimaloiden sijoittelun tiedot perustuvat sähköpostitiedonantoon: Njordr (nyk. Statkraft) Offshore Wind AB 2023.

Kappan hankealuetta on muutettu siten, että se on kiinni talousvyöhykkeen rajassa, ollen nyt noin 100 metrin etäisyydellä Laineen hankealueesta. Voimaloiden lukumäärää on pienennetty 64 voimalaan, mutta tarkkaa voimalasijoittelua paikkatietona ei ollut tämän YVA-selostuksen valmistumisen aikaan vielä saatavilla. Hankkeen suunniteltu kokonaiskapasiteetti on 1 400 MW (aiemmin 1 240 MW) ja vuosituotanto kasvoi 5,6 TWh:iin (aiemmin 4,9 TWh). Kappan hankealueen

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

pohjoisosa sijaitsee Perämeren merialueella ja eteläosa Selkämeren pohjoisosan sekä Merenkurkun merialueella. Merituulivoimapuiston rakentamisen on arvioitu ajoittuvan vuosille 2031–2033. (*Statkraft Offshore Wind AB 2024)*



Kuva 21-3. Bothnia Offshore Kappa -merituulivoimapuiston YVA-menettelystä järjestettiin kansainvälinen kuuleminen vuonna 2023. Kuulemiseen perustuen hankealuetta on muutettu supistamalla aluetta etelän suunnasta ja laajentamalla aluetta itään, minkä vuoksi on aloitettu uusi kuulemismenettely. (Statkraft Offshore Wind AB 2024)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 21-4. Esimerkki Kappan merituulivoimahankkeen voimalasijoittelusta. (Statkraft Offshore Wind AB 2024)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

21.1.2.2 Aurum

Kappa -hankkeen länsipuolella noin 16,5 kilometrin etäisyydellä Laineen hankkeesta on vireillä Aurum Offshore AB:n Aurum merituulivoimahanke *(Eolus 2023)*. Hanke sijaitsee Ruotsin aluevesillä Selkämerellä noin kolmen kilometrin etäisyydellä Ruotsin rannikosta Robertsforsin ja Skellefteån kuntien alueella Västerbottenin läänissä. Vesisyvyys tuulivoimapuiston selvitysalueella on noin 10–70 metriä ja kaapelien selvityskäytävissä noin 0–70 metriä. Suurin osa tuulivoimapuiston selvitysalueesta ja kaapelien kolme selvityskäytävää sijaitsevat aluemerellä Robertsforsin kunnan alueella.

Hankealueen selvitysalue on jaettu kahteen alueeseen. Pohjoinen selvitysalue on noin 152 km² laajuinen ja eteläinen selvitysalue noin 198 km² laajuinen. Yhteensä alueille suunnitellaan enintään 147 tuulivoimalaa, joiden enimmäiskorkeus on 365 metriä. Yksittäisen turbiinin kapasiteetti on maksimissaan 30 MW. Asennetun tehon arvioidaan olevan noin 2 200 MW ja vuosituotannon noin 8,4 TWh. Yksi vaihtoehto on käyttää sähkö kokonaan tai osittain vedyn tuotantoon, jonka arvioidaan olevan enintään 170 000 tonnia vuodessa.

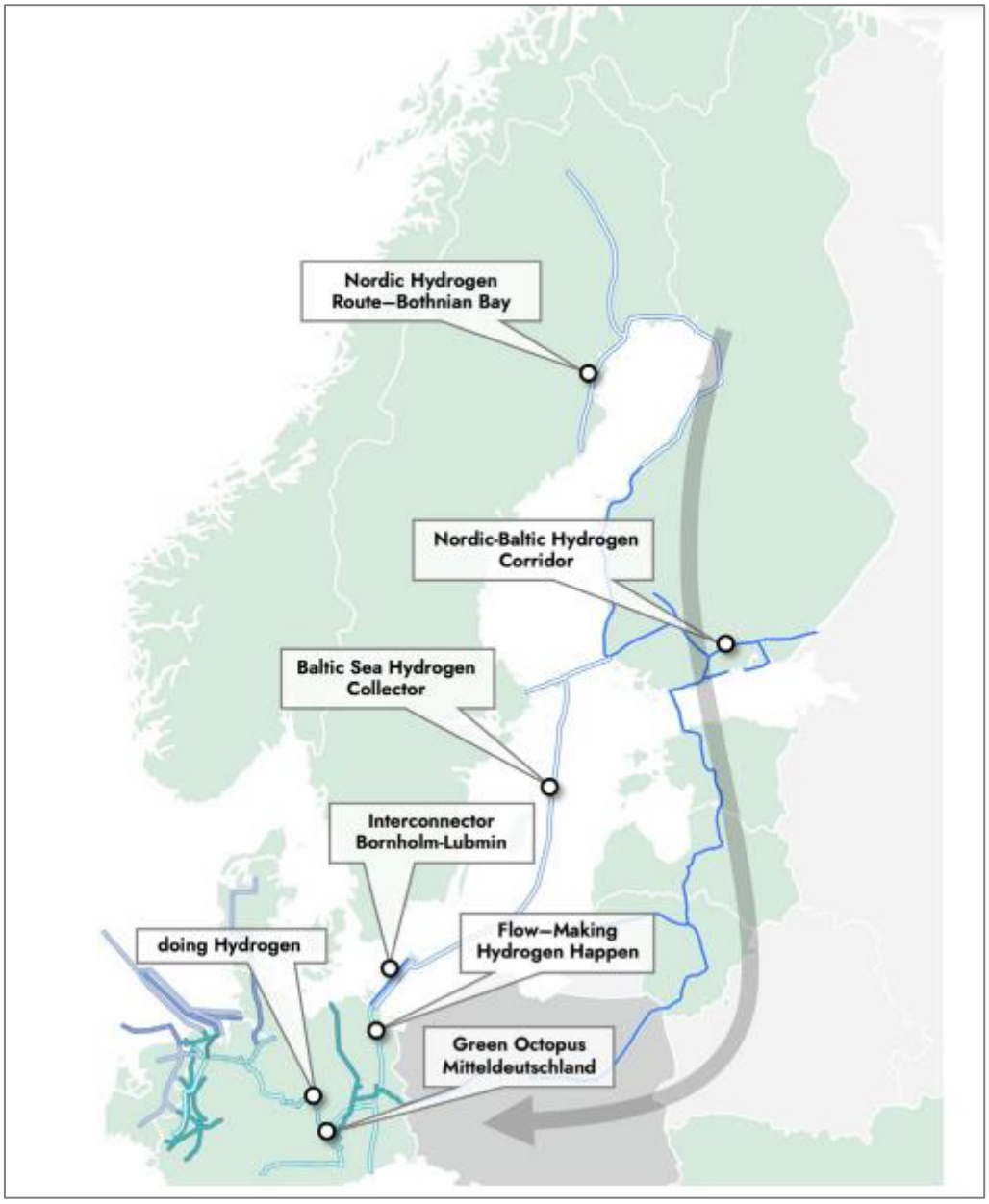
21.1.3 Kansainvälinen vetyputkihanke

Laineen hankkeessa tuotettu vety voidaan siirtää joko mantereelle, joka on käsitelty osana tätä YVA-menettelyä, tai mahdollisesti myös kansainväliseen vetyputkiverkostoon, jota ei tarkastella osana tätä YVA-menettelyä, vaan siitä tehtäisiin tulevaisuudessa tarvittaessa oma YVA-menettelynsä.

The European Hydrogen Backbone -hanke (EHB) pyrkii edistämään vetytaloutta rakentamalla Euroopassa valtioiden rajat ylittävän vetyputkiverkoston EU:n vetytavoitteiden saavuttamiseksi. Hankkeen tavoitteena on edistää hiilineutraalia sähköntuotantoa, vetyverkoston toimintavarmuutta ja eri maiden välistä yhteistyötä. Suomen osalta vetyverkosto on suunniteltu rakennettavan Perämeren ympärille, jolloin merituulivoimahankkeessa tuotettu vety olisi mahdollista syöttää myös suoraan vetyputkiverkostoon. (*EHB 2023*)

EHB-projektin alustavien suunnitelmien mukaan putki kulkisi oheisen kartan (Kuva 21-5) mukaisesti Lounais-Suomesta Ahvenanmaalle ja Ruotsiin sekä edelleen Eurooppaan. Mikäli Laineen hankkeessa tuotettu vety siirrettäisi EHB-putken kautta Eurooppaan, kulkisi vety alkumatkaltaan rannikkoa mukaillen mantereella Lounais-Suomeen ja sieltä meriputkella Ahvenanmaalle. Varsinaisia yhteisvaikutuksia ei arvioida näin ollen aiheutuvan, sillä hanke korvaisi siten tässä YVA-menettelyssä esitetyn vedyn varastoinnin, sillä vety siirrettäisi suoraan putkea pitkin eteenpäin.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 21-5. The European Hydrogen Backbone -hankkeen (EHB) mukainen alustava suunnitelma mahdollisesti vetyputkireitistä Suomesta Eurooppaan. (EHB 2023)

Lisäksi OX2 ja Copenhagen Infrastructure Partners kehittää yhdessä Gasgrid Finland Oy:n ja Nordion Energi AB:n kanssa Baltic Sea Hydrogen Collector -hanketta (BHC) laajamittaista ja valtioiden rajoja ylittävää vetyputkiverkostoa. Vetyputkiverkoston on tarkoitus yhdistää Suomi, Ahvenanmaa, Ruotsi, Tanska ja Saksa yhtenäisen vetymarkkinan luomiseksi. Verkostosta ei vielä ole saatavilla tarkempia karttoja. (*OX2 2022*)

21.1.4 Mantereen lähimmät hankkeet

Mantereella merikaapelireittien rantautumisalueita lähinnä olevat maatuulivoimahankkeet on esitetty kuvassa (Kuva 21-6) ja esitelty lyhyesti alla. Mantereella voimajohtoreittien läheisyydessä sijaitsevat tuulivoimapuisto- ja voimajohtohankkeet on esitelty tarkemmin YVA-asiakirjan B Osassa (Mantereen sähkönsiirto).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Tuotannossa olevat:

- Uusikaarlepyy, Kröpuln: voimalamäärä 7, etäisyys 4,5 km MVE1a:n ja 5 km MVE1b:n rantautumiskohdasta
- Uusikaarlepyy, Jeppo: voimalamäärä 2, etäisyys n. 15 km MVE1a:n ja 22 km MVE1b:n rantautumiskohdasta
- Vöyri, Mörknässkogen: voimalamäärä 4, etäisyys noin 10 km MVE1a:n rantautumiskohdasta
- Vöyri, Storbacken: voimalamäärä 7, etäisyys n. 13 km MVE1a:n ja 22 km MVE1b:n rantautumiskohdasta
- Uusikaarlepyy, Pensala: voimalamäärä 1, etäisyys n. 12 km MVE1a:n ja 20 km MVE1b:n rantautumiskohdasta
- Luoto, Fränsviken: voimalamäärä 1, etäisyys n. 26 km MVE3:n rantautumiskohdasta
- Kokkola, Ykspihlaja: voimalamäärä 4, etäisyys n. 39 km MVE3:n rantautumiskohdasta

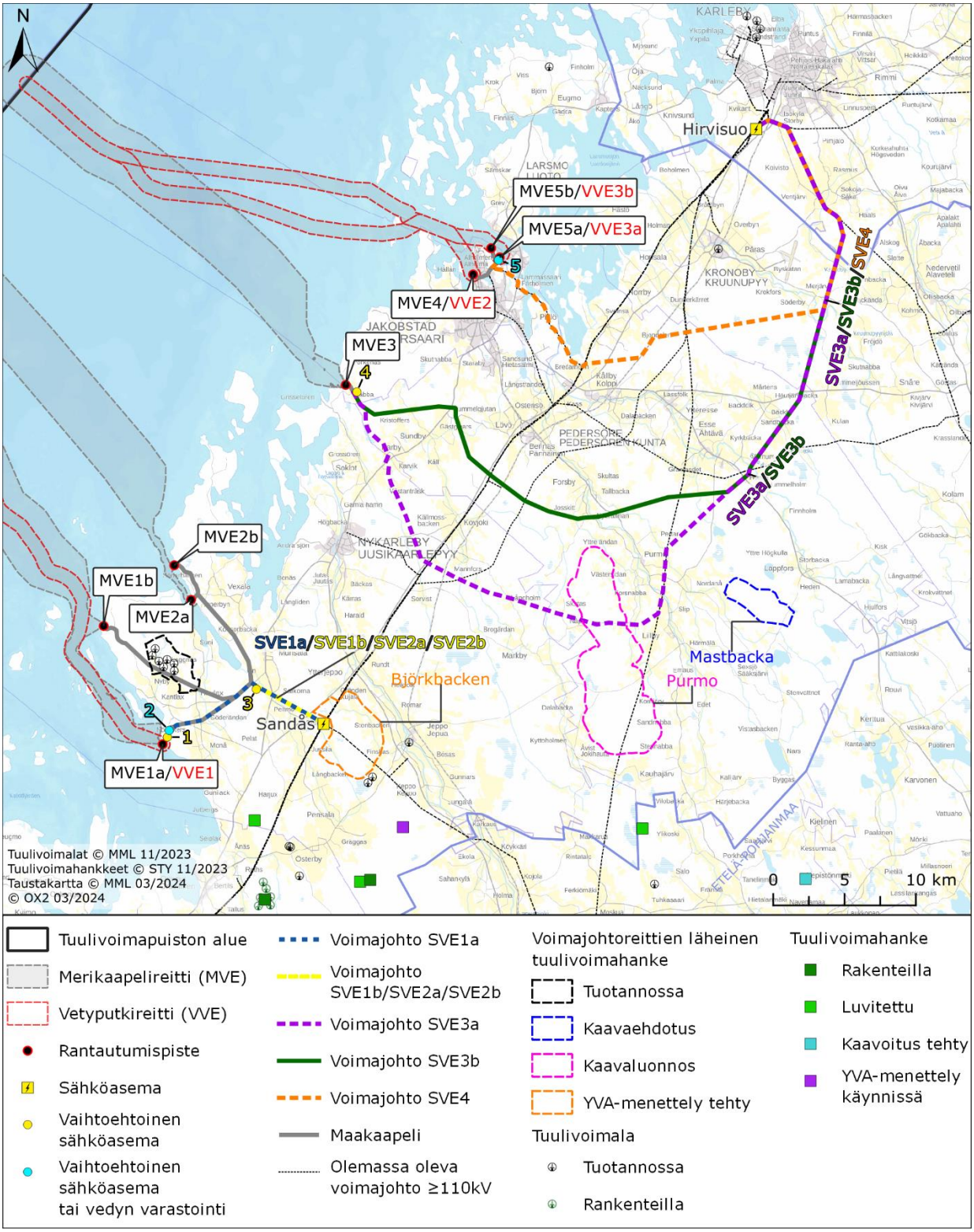
Luvitetut/rakenteilla olevat tuulivoimapuistot:

- Vöyri, Sandbacka: voimalamäärä 12–14, etäisyys n. 9 km MVE1a:n ja 17 km MVE1b:n rantautumiskohdasta
- Uusikaarlepyy, Storbötet 1: voimalamäärä 7, etäisyys noin 18 km MVE1a:n ja 26 km MVE1b:n rantautumiskohdasta

Kaavoitetut/kaavaluonnos vaiheessa olevat tuulivoimapuistot:

- Uusikaarlepyy, Björkbacken (kaavaluonnos): etäisyys n. 13 km MVE1a:n ja 19 km MVE1b:n rantautumiskohdasta
- Uusikaarlepyy, Storbötet 2: voimalamäärä 18, etäisyys n. 18 km MVE1a:n ja 26 km MVE1b:n rantautumiskohdasta (Osayleiskaavasta on tehty valitus Vaasan hallinto-oikeuteen)
- Vöyri, Mörknässkogen: voimalamäärä 4, etäisyys n. 16 km MVE1a:n ja 25 km MVE1b:n rantautumiskohdasta
- Pedersören kunta, Purmo, (kaavaluonnosvaihe): etäisyys n. 25 km MVE3:sta.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 21-6. Laineen merituulivoimapuiston lähiseudun maatuulivoima- ja voimajohtohankkeet (/muut olennaiset hankkeet). Lähde: Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2023a, Fingrid 2024c.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

21.2 Yhteenveto merialueen hankkeiden mahdollisista yhteisvaikutuksista

Seuraavassa taulukossa (Taulukko 21-1) on esitetty kooste tiedossa olevista muista hankkeista sekä arvio niiden ja Laineen hankkeen rakentamisen ja toiminnan aikaisesta päällekkäisyydestä, mikä voi aiheuttaa yhteisvaikutuksia. Seuraavassa on esitetty tiiviisti taulukkona yhteisvaikutusten arvioitu suuruus ympäristön osa-alueittain (Taulukko 21-2).

Taulukko 21-1. Muut merituulivoimahankkeet Laineen läheisyydessä.

Hanke / Hankekehittäjä	Maa	Kapasiteetti	Etäisyys OX2 Laineen hankkeeseen	Vaihe	Rakentamisen ajoittuminen	Rakentamisen aikainen päällekkäisyys ja yhteisvaikutusten arviointi	Toiminnan aikainen päällekkäisyys
Bothnia Offshore Kappa / Statkraft	Ruotsi	1 400 MW / 64 turbines	Hankealueiden etäisyys 100 m, lähimpien voimaloiden etäisyys minimissään 1 km	YVA käynnissä	2031–2033	Vesistörakentamista ei osu samaan aikaan, Kappa tulee rakentamisessa jäljessä. Vedenpäällisten voimalarakenteiden rakentaminen aiheuttaa melua ja meriliikenteen lisääntymistä, joilla voi olla yhteisvaikutuksia vaikutusta mm. linnustoon, meriluontoon, kalastukseen ja muuhun merellä liikkumiseen (kauppamerenkulku, virkistyskäyttö)	Ovat toiminnassa samaan aikaan.
Aurum/Eolus	Ruotsi	2200 MW/147 voimalaa	16,5 km	YVA käynnissä	Rakentamisaika ei ole tiedossa	Sijaitsee niin kaukana, ettei aiheudu rakentamisen ajan yhteisvaikutuksia. Aiheutuu yhteisvaikutuksia maiseman kautta.	Ovat toiminnassa samaan aikaan.
Lunni/ Suomen Hyötytuuli Oy	Suomi			Tutkimuslupa saatu	Rakentaminen ei ajoitu samaan aikaan, sillä nämä hankkeet ovat vaihtoehtoisia	Ei aiheudu yhteisvaikutuksia.	Eivät ole toiminnassa samaan aikaan.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Hanke / Hankekehittäjä	Maa	Kapasiteetti	Etäisyys OX2 Laineen hankkeeseen	Vaihe	Rakentamisen ajoittuminen	Rakentamisen aikainen päällekkäisyys ja yhteisvaikutusten arviointi	Toiminnan aikainen päällekkäisyys
Voima/ Ilmatar Offshore Ab	Suomi			Tutkimuslupa saatu	Rakentaminen ei ajoitu samaan aikaan, sillä nämä hankkeet ovat vaihtoehtoisia	Ei aiheudu yhteisvaikutuksia.	Eivät ole toiminnassa samaan aikaan.
Reimari/ Skyborn Renewables Offshore Finland Oy	Suomi	3,6 GW/120 voimalaa		Tutkimuslupa saatu, YVA vireillä	Rakentaminen ei ajoitu samaan aikaan, sillä nämä hankkeet ovat vaihtoehtoisia	Ei aiheudu yhteisvaikutuksia.	Eivät ole toiminnassa samaan aikaan.

Taulukko 21-2. Laineen merituulivoimahankkeen vaikutusalueelle sijoittuvien muiden vireillä ja tiedossa olevien hankkeiden arvioitujen yhteisvaikutusten suuruus vaikutuskohteittain. Taulukossa on huomioitu lähinnä vain merituulivoimapuiston (VE1 ja VE2) mahdolliset yhteisvaikutukset, sillä suunniteltujen merikaapeli- ja vetyputkireittien alueella ei ole tiedossa muita hankkeita.

Arvioitu vaikutuskohde	Yhteisvaikutusten suuruus
Yhdyskuntarakenne ja maankäyttö	Yhteisvaikutukset kohdistuvat lähinnä merialueelle ja liittyvät erityisesti meriliikenteeseen. Yhteisvaikutukset arvioidaan kohtalaisiksi kielteisiksi.
Maisema ja kulttuuriympäristö	Maisemalliset yhteisvaikutukset merialueilla ovat suuret negatiiviset, mutta merellä ei ole asuntoja tai kiinteitä katselukohteita, mikä vähentää koettua haittaa. Mantereella ja saaristossa yhteisvaikutukset maisemassa ovat vähäisen negatiiviset.
Vesiympäristö	Vedenalaiseen luontoon tai vedenlaatuun ei kohdistu rakentamisen aikana yhteisvaikutuksia, sillä vesistörakentaminen ei ajoitu samaan aikaan Kappan kanssa. Merinisäkkäille rakentamisen aikaiset yhteisvaikutukset (lisääntynyt liikenne ja vedenalainen melu) ovat toiminnanaikaisia suuremmat negatiiviset.
Kalasto ja kalastus	Merituulivoimahankkeiden vaikutukset kalastukseen voivat olla merkittäviä negatiivisia ja kalojen vaellukseen kohdistuvat vaikutukset kohtalaisia negatiivisia, mutta tiedot ovat puutteellisia ja yhteisvaikutuksia on vaikea arvioida tarkemmin.
Maa- ja kallioperä (pohjaolosuhteet)	Merenpohjaan kohdistuvia suoria yhteisvaikutuksia ei ole, mutta välilliset vaikutukset voivat olla vähäisiä negatiivisia.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Arvioitu vaikutuskohde	Yhteisvaikutusten suuruus
Kasvillisuus ja luontotyypit	Kasvillisuuteen ja luontotyyppeihin ei kohdistu merkittäviä rakentamisen tai käytönaikaisia yhteisvaikutuksia merikaapeli- tai vetyputkireittien rantautumisalueilla eikä lähimmillä saarilla tai ranta-alueilla.
Eläimistö	Kasvavan törmäysriskin vuoksi negatiivisia yhteisvaikutuksia voi muodostua lepakoille. Muuhun lajistoon kohdistuvia yhteisvaikutuksia ei ole.
Linnusto	Yhteisvaikutusten merkittävyys on vähäinen negatiivinen.
Suojelualueet	Kasvavan törmäysriskin vuoksi lintuihin kohdistuva yhteisvaikutus on vähäinen negatiivinen. Muille Natura-alueiden suojeluperusteina oleville lajeille ei synny yhteisvaikutuksia.
Ilmanlaatu	Ilmanlaatuun kohdistuu rakentamisen aikana suora ja toiminnan aikana välillinen vähäinen negatiivinen yhteisvaikutus.
Ilmasto	Todennäköisesti vierekkäisitä hankkeista aiheutuu laivaliikenteen reittien pitenemistä, jolloin yhteisvaikutukset vähäisiä kielteisiä. Fossiilisten energiamuotojen korvaaminen voi synnyttää puolestaan myönteisiä yhteisvaikutuksia.
Liikenne	Meriliikenteelle aiheutuu merkittäviä negatiivisia yhteisvaikutuksia, kun turvaetäisyydet eivät täyty ja matkat pidentyvät.
Melu ja tärinä	Vedenpäällisen melun muodostamat yhteisvaikutukset ovat vähäisiä. Vedenalaiseen meluun kohdistuva rakentamisen aikainen yhteisvaikutus on vähäinen negatiivinen ja toiminnan aikainen vaikutus kohtalainen negatiivinen (sama kuin pelkän Laineen käytönaikainen).
Välke	Laineen merituulivoimapuiston aiheuttama välke ei muodosta asutukseen kohdistuvia yhteisvaikutuksia.
Talous ja elinkeinot	Paikallisen tason suoria kiinteistöverotuloja ei synny. Usean merituulivoimahankkeen rakentamisesta vastaaville satamille vaikutukset voivat olla huomattavat positiiviset. Laineen ja Kappan rakentamisella on myönteisiä yhteisvaikutuksia laajemminkin, jotka voivat näkyä myös Ruotsin puolella.
Luonnonvarat	Rakentamisen aikana muodostuu negatiivisia yhteisvaikutuksia, mikäli hankkeet ovat rakenteilla yhtä aikaa. Toiminnan aikana ei muodostu merkittäviä yhteisvaikutuksia luonnonvaroihin.
Ihmisten elinolot, viihtyvyys, virkistyskäyttö ja terveys	Rakentamisaikana liikenteellä voi olla vähäinen negatiivinen vaikutus. Toiminnan aikana maiseman muutos voi heikentää viihtyvyyttä, melun vaikutus on vähäinen negatiivinen ja välkkeestä ei muodostu yhteisvaikutuksia.
Turvallisuus sekä tutka- ja viestintäyhteydet	Ei vesistörakentamisen yhteisvaikutuksia. Vedenpäällisessä rakentamisessa on öljy- ja polttoainevuodon riski, mutta yhtäaikaisen vuodon todennäköisyys on hyvin vähäinen. Kaksi lähekkäistä merituulivoimapuistoa voivat aiheuttaa kohonneen yhteisriskin tutkien toiminnalle.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

22 RAJAT YLITTÄVIEN VAIKUTUSTEN ARVIOINTI

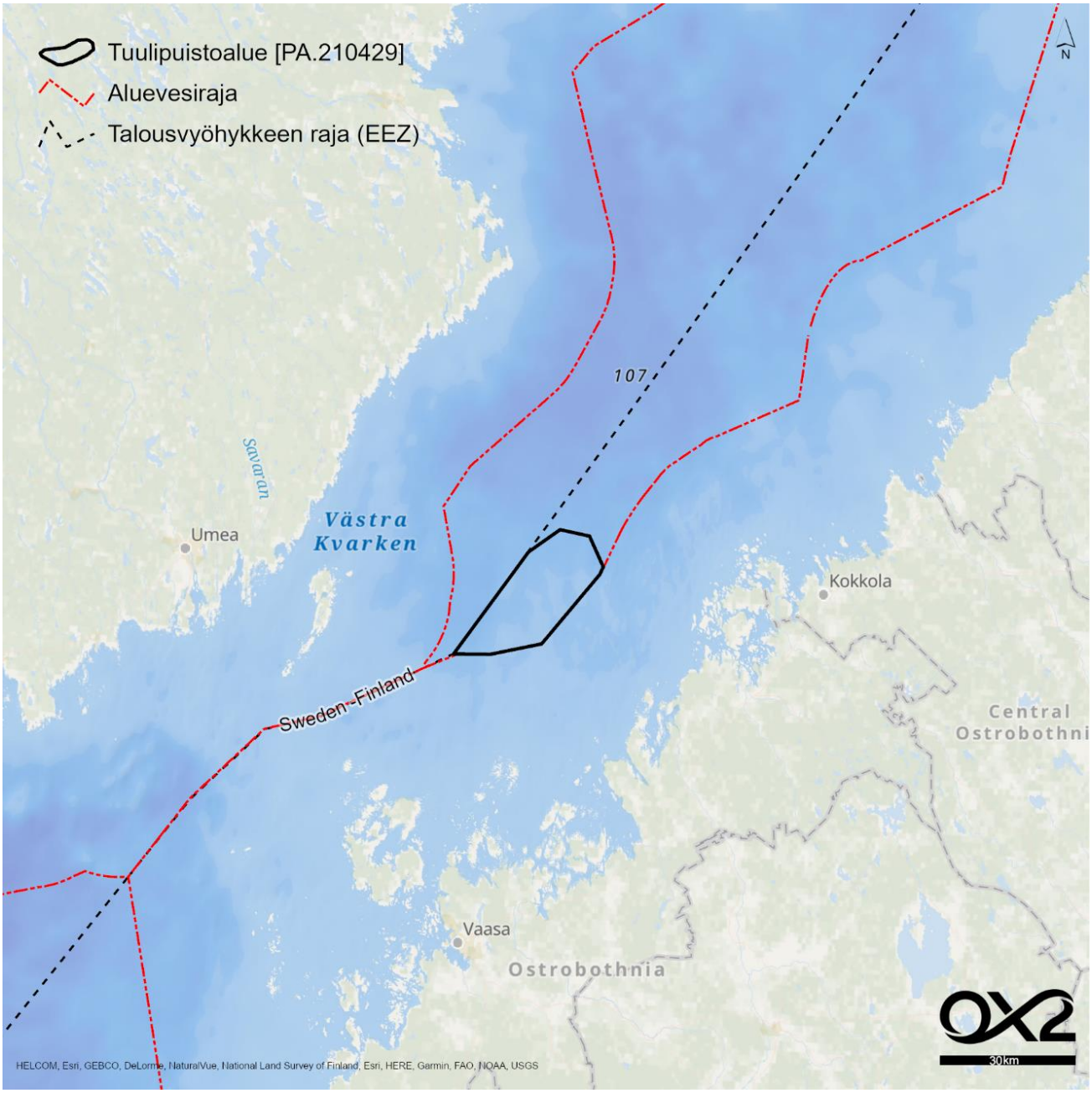
Hanke sijoittuu Suomen talousvyöhykkeelle (Kuva 22-1). Koska merituulivoimahankkeella on mahdollinen kansainvälinen ulottuvuus, hankkeessa noudatetaan kansainvälistä menettelyä:

- Espoon sopimusta valtioiden rajat ylittävien ympäristövaikutusten arvioinnista

Hankkeen ympäristövaikutusten arvioinnin tarve perustuu Suomessa lakiin ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (252/2017, ”YVA-laki”) sekä Espoon sopimuksen soveltamisen osalta YVA-lain 5 lukuun sekä pykäliin 28 ja 29.

Laineen hankkeeseen liittyvä rakentaminen ja kaikki toiminnot tapahtuvat merialueen osalta sekä Suomen talousvyöhykkeellä että Suomen aluevesillä. Ruotsin aluevesi- ja talousvyöhykkeen rajojen sijoittuminen suhteessa Laineen hankkeeseen on esitetty ohessa (Kuva 22-1). Ruotsin aluevesien raja sijaitsee lähimmillään hankealueen eteläreunassa noin 5 kilometrin etäisyydellä lännessä. Ruotsin talousvyöhykkeen raja sijaitsee noin 100 metrin etäisyydellä lännessä. Lähin saari Ruotsin puolella on Holmöarna saariryhmä noin 30 kilometriä Laineen hankealueen eteläreunasta länteen, missä sijaitsee myös lähin asutus. Ruotsin rannikolle on matkaa hankealueelta lähimmillään noin 42 kilometriä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 22-1. Laineen merituulivoimapuistoalueen sijainti merialueella suhteessa Ruotsin talousvyöhykkeeseen ja aluevesiin.

Mahdollisista rajat ylittävistä vaikutuksista on kerrottu tarkemmin YVA-selostuksen erillisessä Rajat ylittävien vaikutusten arvioinnin tiivistelmässä (Yleistiedot-osa, liite Y4). Seuraavassa on tiivis kuvaus Ruotsin puolen nykytilasta sekä hankkeen merkittävimmistä vaikutuksista Ruotsin puolelle.

22.1 Ruotsin puolen nykytila

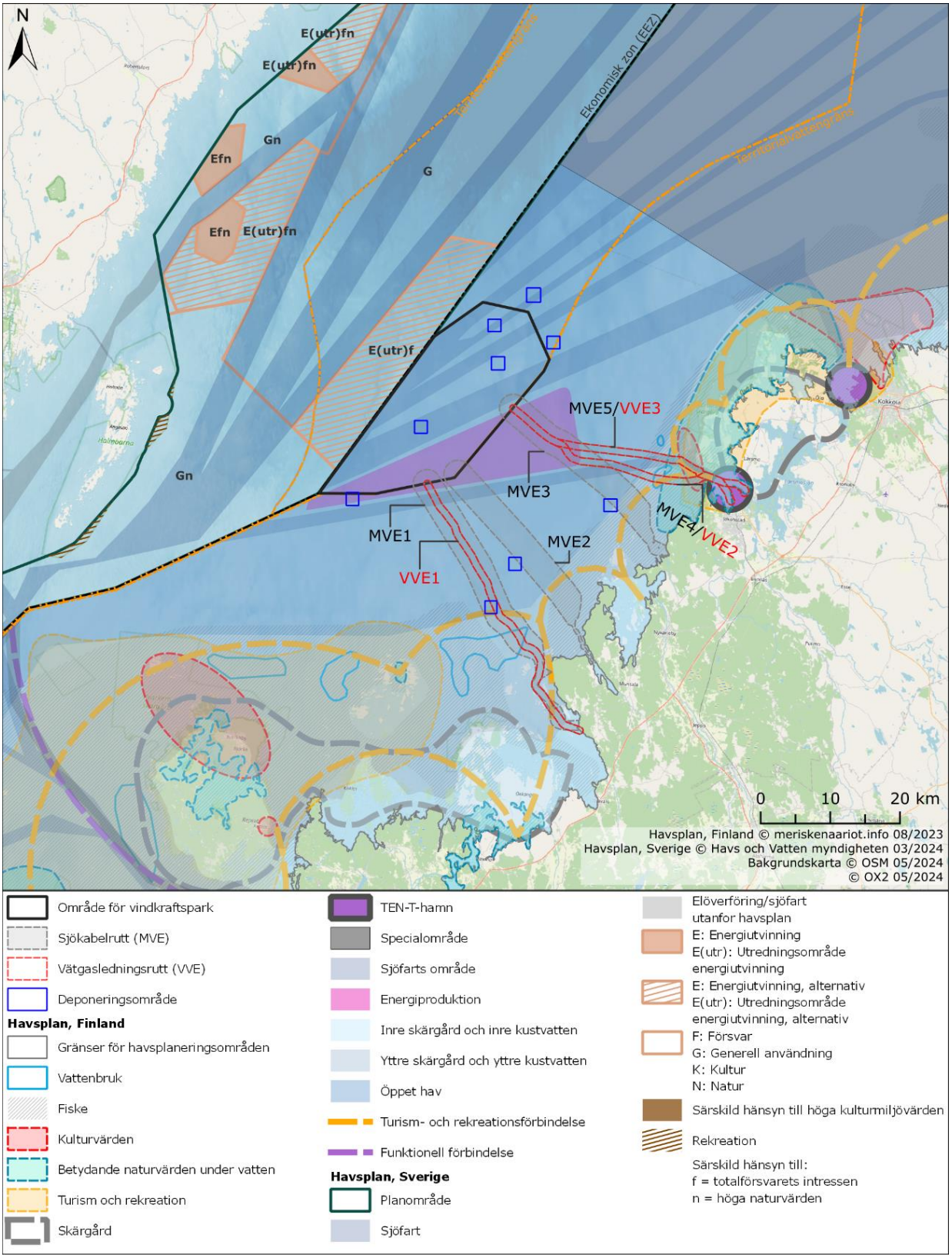
Seuraavissa luvuissa on kuvattu ulkomerialueen tilaa Laineen merituulivoimapuiston ympäristössä keskittyen Ruotsin puoleen. Aineistona on hyödynnetty muita alueella tehtyjä YVA-menettelyitä sekä julkisesti saatavilla olevia ruotsalaisia ja kansainvälisiä aineistoja - kuten ruotsin ympäristöhallinnon verkkosivuja ja kansainväliseen ammattikalastukseen liittyviä verkkosivuja.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

22.1.1 Merialuesuunnitelma

Ruotsi on laatinut merialuesuunnitelmat Pohjanlahdelle, Itämerelle ja Pohjanmerelle (Kuva 22-2). Merialuesuunnittelulla edistetään merialueen tehokasta ja kestävää käyttöä ja merialuesuunnitelmassa osoitetaan meren eri alueiden sopivimpia käyttömuotoja (*Havs och vattenmyndigheten 2024*).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 22-2. Ote Pohjoisen Selkämeren, Merenkurkun ja Perämeren merialuesuunnitelmasta 2030 sekä Laineen merituulivoimapuiston ja energiansiirtoreittien (MVE/VVE) sijainnit. (Merialuesuunnittelu 2023 ja Havs och vattenmyndigheten 2024)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

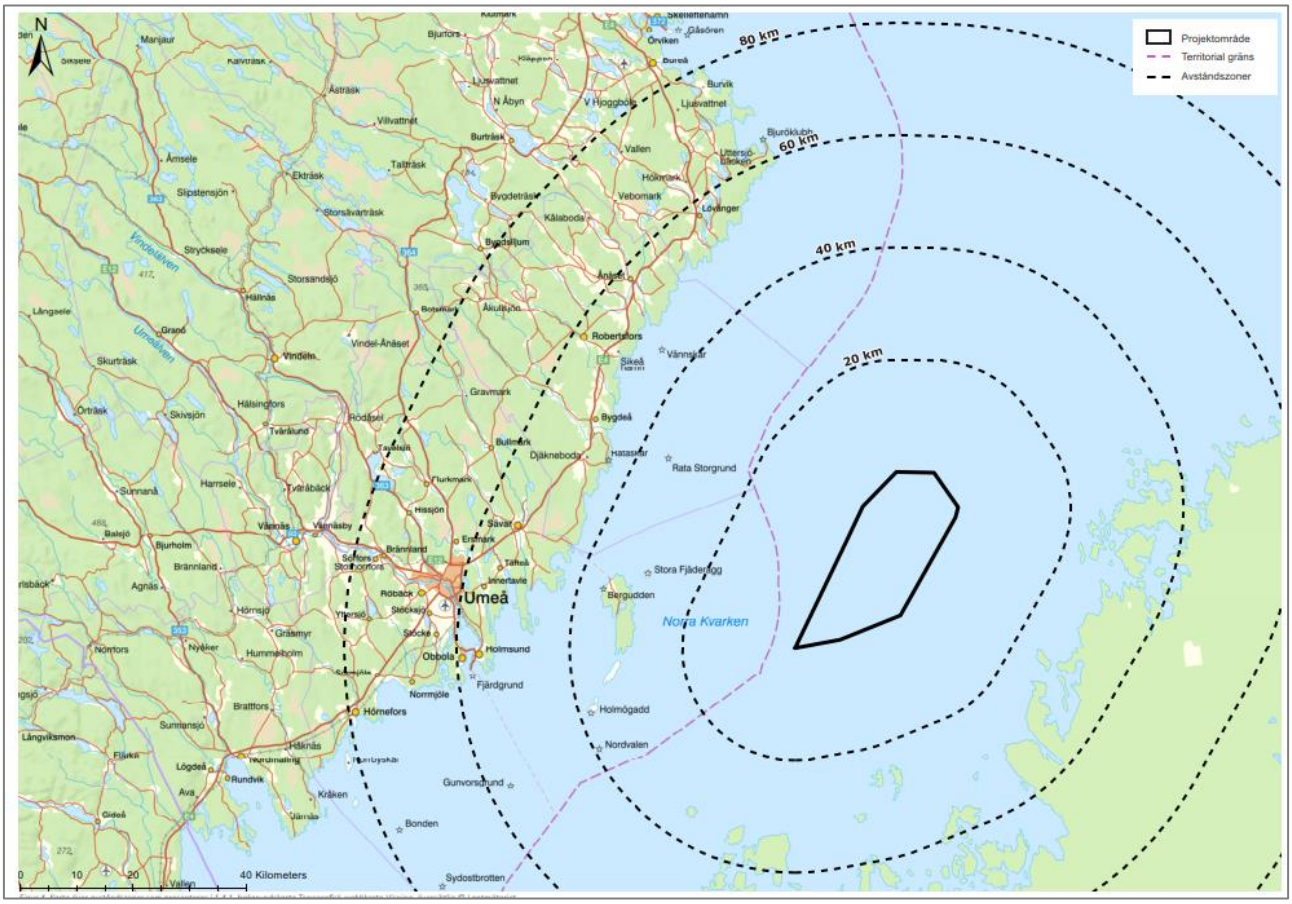
Laineen tuulivoimapuiston alue rajautuu länsiosaltaan Ruotsin merialuesuunnitelmassa osoitettuun vaihtoehtoiseen energian talteenoton selvitysalueeseen sekä lounaisosaltaan yleisen käytön alueeseen. Ruotsin puolella on lisäksi merenkulun alueita.

22.1.2 Asutus

Laineen suunniteltu merituulivoimapuisto sijaitsee Pohjanlahden alueella Pohjoisen Merenkurkun korkeudelle ja tarkastelualue käsittää osan Västerbottenin rannikkovyöhykkeestä. Laineen hankealue sijaitsee noin 40 km:n päässä Ruotsin rannikosta. Noin 80 km:n etäisyysvyöhykkeen sisälle mahtuu mm. Uumajan ja Robetsforsin kuntien rannikkoaluetta, lisäksi pohjoisessa myös edellisiä pienempi Skellefteån kunta.

Suurin osa 80 km tarkasteluvyöhykkeen väestöstä on Uumajan, Robetsforsin ja Skellefteån kunnissa. Asukasluku on suurin Uumajassa (lähes 133 000 asukasta), kun taas Robetsforsin kunnassa on vähemmän asukkaita, asukasluvun ollessa noin 6 700 asukasta. Vakituista asutusta on koko mantereen rannikolla ja lisäksi Uumajan rannikon edustalla sijaitsevalla Holmönin saarella. Rannikolle on ominaista maatalous, kalastus ja hylkeenpyynti, mutta myös monet vapaa-ajanviettomahdollisuudet, joita löytyy koko rannikkoalueelta. Monet loma-asunnot on myös nykyisin muutettu vakituisiksi asunnoiksi.

Lähin saari Ruotsin puolella on Holmöarnan saariryhmä noin 30 kilometriä Laineen hankealueen eteläreunasta länteen, missä sijaitsee myös lähin asutus. Ruotsin rannikolle on matkaa hankealueelta noin 40 kilometriä. (Kuva 22-3).



Kuva 22-3. Laineen merituulivoimapuiston alueen etäisyysvyöhykkeet Ruotsin lähimpiin saariin ja rannikkoon. (Pohjakartta: © Lantmäteriet, hankkeen toiminnot ja etäisyydet: AFRY Sverige 2024)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

22.1.3 Luonnonympäristö

Analyysialueen luonnonmaisemaa leimaa vahvasti meren läheisyys ja jääkauden jäljet. Västerbottenin läänin rannikkoaluetta kutsutaan joskus matalaksi rannikoksi; maisema on tasaista ja sitä hallitsevat pitkät kapeat moreenimuodostelmat, niin sanotut rumpulinjat. Suuria osia rannikosta on löydetty myös korkean rannikon (höga kusten ”HK”) alta. Rumpuviivat muodostuivat jääkaudesta ja ne ovat piirtyneet kallioon jään ja sen sulamisliikkeen suuntaan (pääasiassa luoteesta kaakkoon). Ne jatkuvat vedenpinnan alapuolella, jossa pohjalle on ominaista yhdensuuntaiset kanavat ja harjut. Rannikolla oleva kallioperän kaltevuus on loiva ja alueella on leveitä lahtia, joista joet ja suuremmat purot laskevat Itämereen. Rannikkoalue koostuu tasaisista alueista, joiden korkeus vaihtelee 10:stä noin 50 metriin merenpinnan yläpuolella. Västerbottenin rannikko on hajanaista ja sisältää useita pieniä saaria, luotoja ja matalikkoja. Saarten luonne vaihtelee; lähempänä rannikkoa on enemmän metsäisiä saaria ja kauempana merestä saaret ovat karumpia muun muassa mukulakivipeltoineen. Metsätaloudella on nykyisin ja on aiemminkin ollut merkittävä vaikutus suuriin metsäisiin saariin, jotka ovat paikoin voimakkaasti metsätalouskäytössä.

Suurin osa Västerbottenin rannikosta sijaitsee matalalla merialueella, joka tunnetaan nimellä pohjoinen Merenkurkku. Suurin syvyys on 26 metriä ja merialue muodostaa matalan murtoveden kynnyksen Selkämeren ja Pohjanlahden väliin. Suuri osa Västerbottenin rannikosta on melko avointa meren ja tuulen vaikutukselle, ja vuodenaikojen olosuhteille alttiimmilla rannikko- ja saaristoalueilla on pääasiassa kivisiä ja lohkareikkoisia metsiköitä, joissa ei esiinny korkeampaa kasvillisuutta. Korkeampi kasvillisuus havupuiden ja lehtipuiden muodossa esiintyy suojaisimmilla paikoilla sekä rannikolla ja kauempana sisämaassa. Selkeämpiä maatalousmaisemia löytyy pääasiassa rannikolta, läheltä suurempia jokia ja puroja.

22.1.4 Merialue

Pohjanlahti on maailman pohjoisin murtovesialue ja vedenpinta vaihtelee jopa kaksi metriä. Merialue voi olla jäässä jopa puolet vuodesta. Meren syvyys sisäsaaristossa on matala ja vaihtelee 10–40 metrin välillä. Hieman kauempana syvyys on 40–100 metriä.

Jääkauden jälkisen maanpinnan jatkuvan kohoamisen vuoksi luonnonympäristö muuttuu jatkuvasti, kun maa muuttuu luodoiksi ja lopulta pikkuhiljaa saariksi ja merenlahdet kuroutuvat umpeen fladoiksi ja muodostavat tasanteita, ja lopulta glo-järviä (erityyppisiä laguuneja), esimerkiksi Holmönillä Uumajan ulkopuolella. Nämä luonnonympäristöt ovat tärkeitä monille vesi- ja maalajeille.

Pohjoisella Perämerellä **pohjaeliöstöyhteisöt** ovat suhteellisen lajiköyhiä, etenkin verrattuna muihin eteläisemmässä Ruotsissa sijaitseviin merialueisiin. Rajoittavia tekijöitä meriympäristössä ovat mm. alhainen suolapitoisuus ja voimakas jäiden vaikutus. Jääpeitteinen kausi voi vaihdella vuosien välillä, mutta se kestää useimmiten marraskuusta huhtikuuhun. Tämän vuoksi suuri osa alueella esiintyvästä kasvillisuudesta on yksivuotista. Perämeren ja Selkämeren ulkomerialueilla sedimentissä eläviä lajeja ovat muun muassa nivelmadot, itämerensimpukka, valkokatka ja nivelmatojen sukuun kuuluvat liejuputkimadot. Itämerensimpukka ja valkokatka elävät muutaman senttimetrin verran hautautuneina pehmeisiin merenpohjiin, ja niitä tavataan eri syvyyksissä alueesta riippuen. Itämerensimpukka on yleinen laji 30 metrin syvyyteen asti, mutta sitä esiintyy jopa 140 metrin syvyydessä Ruotsin puolella. Valkokatkaa tavataan parin metrin syvyydestä aina 70 metriin asti (*Lajitietopankki 2022a; Lajitietopankki, 2022b*). Monien Itämeressä elävien lajien, kuten sinisimpukan ja rakkolevän, pohjoisin levinneisyysraja on Selkämeren kohdalla (*havet.nu 2022*).

Jään aiheuttama eroosiovaikutus vaikuttaa noin 10 metrin syvyyteen ulottuvaan **kasvillisuusvyöhykkeeseen** (*Forsberg & Pekkari 1999*).

Laineen lähellä sijaitsevan Bothia Offshore Kappan hankealueen **pohjan materiaali** on lähinnä postglasiaalisavea ja liejusavea, jossa on mukana silttiä ja hiekkaa. Hankealueen pinta-aines on lähinnä pehmeää savea, hiekkaa, soraa ja kiveä sekä hienoa hiekkaa (*SGU 2022b*).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

22.1.5 Kalasto ja ammattikalastus

Perämerellä esiintyy kokonaisuudessaan noin 25 **kalalajia**, joista vain kolmea pidetään merilajeina. Alhainen suolapitoisuus selittää pohjoisen Perämeren vähäistä merilajien määrää. Lähempänä rannikkoa kalalajikoostumusta hallitsevat makean veden lajit, ja avomeriympäristöissä, joissa suolapitoisuus on hieman suurempi, esiintyvät Perämeren ainoat aidot mereiset kalalajit.

Holmöarnan saaristoalueen ja Suomen Merenkurkun saariston erittäin matalat alueet ovat hyvin tärkeitä monille kalalajeille ja muodostavat niille tärkeitä kutupaikkoja. Holmöarnan saaristoalue muodostaa yhden Pohjanlahden harvoista tunnetuista kutupaikoista meressä kutevalle harjukselle (*Länsstyrelsen Västerbotten, u.å ja Fortsstyrelsen, u.åa julkaisussa Njordr Offshore Wind AB 2022*).

Yksi kaupallisesti tärkeistä makean veden lajeista Perämerellä on muikku (*Coregonus albula*). Muikku eroaa hieman muista makean veden lajeista ollen pelaginen parvikala, eli se liikkuu paljon myös avomerellä. Kesällä muikku leviää koko Perämerelle ja vaeltaa sitten syksyn aikana kohti pohjoisen Perämeren rannikkoa kutemaan. Kannan koko voi vaihdella suuresti vuosien välillä, ja kunakin vuonna syntyneiden kantojen vahvuus riippuu mm. lämpötilasta ja suolapitoisuudesta (*Bryhn 2021*). Toinen kaupallisesti tärkeä laji alueella on silakka. Silakka kutee rannikkoalueilla koko Ruotsin itärannikolla.

Perämerellä esiintyy myös lohta (*Salmo salar*) ja taimenta (*Salmo trutta*), ja ne ovat tärkeitä lajeja sekä ammatti- että virkistyskalastuksen kannalta. Molempien lajien poikaset vaeltavat pois vesistöistä, joissa ne syntyvät, viettävät yhden tai useamman vuoden ajan meressä ja palaavat sitten syntymävesiinsä lisääntymään. Vaellus on rankka, ja kalat kohtaavat matkalla monia ihmisen tekemiä esteitä kuten patorakenteita, jotka ovat osaltaan aiheuttaneet sen, että lisääntyminen on vähentynyt useita vuosia peräkkäin (*Havs- och Vattenmyndigheten 2021*).

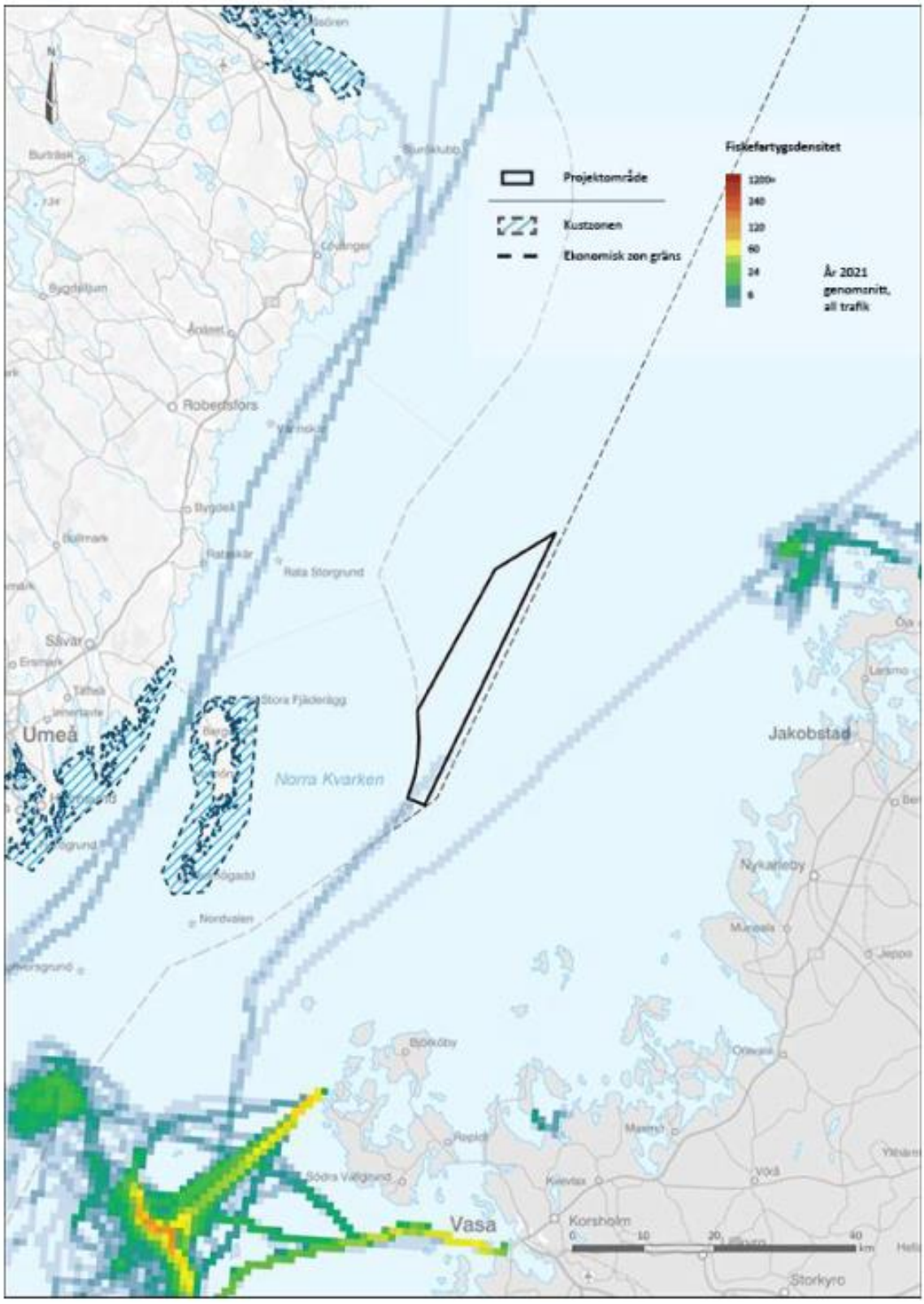
Kalastuksella on pitkät kulttuuriperinteet ja tärkeä rooli merellä Ruotsissa (*Boverket 2021*). Ammattikalastus tuo yhteiskunnalle monia arvoja: sekä liiketaloudellisia arvoja kala- ja äyriäismarkkinoiden muodossa että kansantaloudellisia arvoja avosatamien, kulttuuriympäristöjen säilyttämisen, elinvoimaisten rannikkoyhteisöjen, matkailun ja houkuttelevien asuinympäristöjen muodossa (*Waldo & Lovén 2019*). Muikun mätikalastus on alueella erittäin tärkeää ja tärkeä paikallinen tulonlähde. Mätikalastusta harjoitetaan pääasiassa troolaamalla rannikolla, ei siis tarkastelualueella.

Perämerellä harjoitettava kalastus tapahtuu enimmäkseen passiivisilla pyydyksillä (*Havs- och Vattenmyndigheten 2021*). Kaupallista kalastusta harjoitetaan alueella pääasiassa trooleilla ja rysillä, mutta ammattikalastuksessa käytetään suhteellisen usein myös verkkoja ja harvemmin mertoja ja nuottia/kierrenuottia.

Ammattikalastus on merielinkeino, jolla on merkitystä elintarviketurvan ja elintarviketuotannon kannalta. Ammattikalastus vaatii suhteellisen suuria alueita, koska eri kalastusmenetelmiin ja kohdelajeihin liittyy erilaisia kalastusalueita, jotka vaihtelevat vuodenajasta ja vuodesta toiseen ja pidemmän ajan kuluessa (*Ruotsin meri- ja vesivarojen hallintavirasto 2022*). Merisuunnitelman mukaan hankealuetta ei ole erityisesti tarkoitettu ammattikalastukseen, vaan yleiseen käyttöön ja merenkulkuun (*Ruotsin meri- ja vesivarojen hallintavirasto 2022*). Västerbottenin alueella kalastetaan pääasiassa siikaa, ahventa ja lohta enimmäkseen passiivisilla pyydyksillä (*Länstyrelsen Västerbotten 2023*).

Laineen hankkeen länsipuolelle Ruotsiin suunnitellun Kappan hankealueella tai sen välittömässä läheisyydessä ei ole ammattikalastukselle osoitettua aluetta. Lähin ammattikalastuksen kannalta kansallisesti merkittävä alue on Holmön, joka on noin 20 kilometriä hankealueesta länteen. EMODnetin (*2022*) mukaan Kappan hankealueella ja sen läheisyydessä kulkevien kalastusalusten määrä on erittäin rajallinen (Kuva 22-4). Kappan hankealueen eteläisimmässä osassa on jonkin verran kalastusalusliikennettä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 22-4. Kansallisesti merkittävät rannikkovyöhykkeen ammattikalastusalueet ja kalastusalustiheys tarkastelualueella. Karttaan merkitty Kappan hankealue, jonka itäpuolelle Laineen hankealue sijoittuu. Lähde: Njordr Offshore Wind AB 2022/EMODnet 2022.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

22.1.6 Merinisäkkäät

Perämerellä esiintyvät **merinisäkkäät** ovat itämerennorppa (*Pusa hispida bohnica*) ja harmaahylje (*Halichoerus grypus*) (*Havs- och vattenmyndigheten 2021*). Hallin kanta on Ruotsin kolmesta hyljelajista suurin (*Ruotsin vesiympäristö 2021*). Lajitietopankin (*2022d*) mukaan Itämeren harmaahyljepopulaatio arvioidaan elinvoimaiseksi. Harmaahylkeitä voi liikkua laajoilla alueilla, ja niitä esiintyy koko Itämerellä, missä ne kulkevat ja etsivät ravintoa. Yleisimmin niitä tavataan varsinaisen Itämeren pohjoisosassa, Selkämerellä ja Perämerellä (*HELCOM 2017* ja *Ruotsin meri- ja vesivarojen hallintavirasto 2019*). Harmaahylkeet parittelevat huhtikuun lopulla, ja poikaset syntyvät ajanjaksolla, joka kestää helmikuun lopusta seuraavan vuoden huhtikuun alkuun (*Ruotsin meri- ja vesivarojen hallintavirasto 2019*).

Norppa on Ruotsin kolmesta hyljelajista pienin. Norppa on leimallisesti arktinen laji, ja se on riippuvainen merijäätiköistä karvanvaihtoa ja kuuttien syntymistä varten. Jäättömänä vuodenaikana norpat elävät meressä ja saattavat satunnaisesti hakeutua pienemmille kiville lepäämään (*lajitietopankki 2022e*). Itämerellä suurin osa norpista tavataan Perämerellä. Harmaahylkeen tavoin norppa voi liikkua laajoilla alueilla. Itämeren kantaa on pitkään pidetty haavoittuvana ja lähes uhanalaisena, mutta se on kasvanut viime vuosina ja sitä pidetään nyt elinvoimaisena (*lajitietopankki 2022e*). Helmi- ja toukokuun välisenä aikana norppa on haavoittuvaisimmillaan, sillä se parittelee huhtikuun lopussa ja synnyttää kuuttinsa helmi-maaliskuussa (*Vindval 2022*).

Suomen puolella Merenkurkun saaristossa Vaasan edustalla sijaitsee Snipansgrund-Medelkallan hylkeidensuojelualue (noin 30 kilometriä Kappan-hankealueen eteläpuolella). Hylkeidensuojelualueen tarkoitus on suojella pääasiassa harmaahyljettä (*Metsähallitus 2024*).

22.1.7 Lepakot

Pikkulepakoiden on kuvattu ylittävän Itämeren Holmönin saaren ja Suomen Valassaarten väliltä (*Västerbottenin lääninhallitus 2018*). Lepakot ylittävät meren todennäköisesti mieluiten siellä, niiden lentoreitti on mahdollisimman lähellä avovettä (*Västerbottenin lääninhallitus 2018*). Lepakoiden liikkumisessa meren yli on kuitenkin vielä paljon tietopuutteita. Etelä-Ruotsissa tehdyissä tutkimuksissa 11 tutkituista 18 lepakkolajista lensi jopa 14 kilometriä merelle etsimään ruokaa (*Ahlén ym. 2009*). Tätä voidaan verrata siihen, että lähin saari (Fjäderägg) on 23 kilometrin päässä Kappan hankealueesta ja manner (Ratan) noin 36 kilometrin päässä. Lepakot lentävät yleensä alle kymmenen metrin korkeudella merenpinnasta, mikä tarkoittaa, että ne lentävät Kappan hankkeessa suunnitellun roottorin lapakorkeuden lapojen ali. Metsästävä lepakko voi kuitenkin muuttaa korkeutta nopeasti ja olla siten vaarassa törmätä lapoihin.

Ruotsissa esiintyvistä lepakkolajeista neljä luokitellaan pitkälle muuttaviksi, ja ne voivat siirtyä vähintään 1 500 kilometrin pituisia matkoja Euroopassa (*Batlife Sweden 2022*). Tällaisia lajeja ovat isolepakko (*Nyctalus noctula*), metsälepakko (*Nyctalus leisleri*), pikkulepakko (*Pipistrellus nathusii*) ja kimolepakko (*Vespertilio murinus*), joista metsälepakko on määritelty vaarantuneeksi lajiksi.

Merialueilla voi esiintyä ajoittain, etenkin muuttoaikaan, lepakoita. Ei ole kuitenkaan tietoa, missä määrin alueella on merkitystä lepakoiden muuttoreittinä, tai miten paljon yksilöitä merialueella liikkuu. Oletus on, että lepakot suosivat merialueella kapeampia kohtia meren ylityksessä. Lepakoiden esiintymistä merialueella on käsitelty tarkemmin luvussa 9 (eläimistö).

22.1.8 Linnusto

Aineistot ja menetelmät

Linnuston tarkkailun menetelmät Laineen hankkeeseen liittyen Suomen puolelta on kuvattu kattavasti tämän YVA-selostuksen luvussa 10 (linnusto) ja seuraavassa on vain tiivistelmä aiheesta keskittyen Ruotsin puoleen.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Seuraavassa on esitetty linnuston nykytilan kuvausta osin perustuen Laineen hankkeen yhteydessä kerättyyn aineistoon sekä osin mm. Kappan hankkeen aineistoon. Lintujen osalta aineiston keruun tarkka maantieteellinen sijainti ei ole niin määräävä lintujen ollessa elintavoiltaan liikkuvaisia, ja Laineen merituulivoimapuiston alueelta tehdyt havainnot pätevät todennäköisesti hyvin myös laajemmankin ulkomerialueen linnuston kuvaamiseen.

Nykytila

Etenkin keväällä Pohjanlahden ja Perämeren rannikko muodostaa yhden merkittävimmistä muuttoväylistä useille Suomen ja muun Pohjois-Euroopan sekä arktisen tundran alueella pesiville lintulajeille (esim. *Toivanen ym. 2023*). Vallitseva käsitys on, että muutto seurailee valtaosin sekä Ruotsin että Suomen rannikkoa, yksilömäärien laskiessa nopeasti rannikolta ulkomerelle ja toisaalta sisämaahan edetessä. Olemassa olevan tiedon ja linnustoselvitysten havaintojen perusteella merkittävimmän poikkeuksen tähän muodostavat kuikkalinnut, etenkin kuikka, joiden muuttoreitti osittain kulkee Merenkurkun pohjoispuolella ulkomeren kautta koilliseen kohti Perämeren koillisrannikkoa, mistä ne jatkavat edelleen sisämaahan. Laineen alue sijoittuu osittain tälle kuikkalintujen ja arktisten vesilintujen käyttämälle valtakunnallisesti tärkeälle muuttoreitille.

Kokonaisuutena selvityksissä havaituista linnuista selvästi suurin osa havaittiin kevätmuuton aikaisten käyntien aikana. Syksyllä Perämeren muuttoreitit eivät ole yhtä selväpiirteisiä kuin keväällä. Lajit voivat jossain olosuhteissa, kuten itätuulella, kulkea myös hankealueen kautta.

Sekä muutonaikaisten (kevät ja syksy), että kesänaikaisten selvitysten aikana havaitut linnut jakautuivat varsin tasaisesti koko hankealueen ja selvitettyjen reittien alueelle ilman havaittavia ympäröivästä merialueesta erottuvia alueita, joilla olisi ollut enemmän lintuyksilöitä.

Kaikista havaituista lintuyksilöistä merkittiin, että oliko lintu lennossa tai uimassa. Lentävistä linnuista merkittiin lisäksi lentokorkeus. Lentäviä lintuja havaittiin kaikkiaan 6 762 yksilöä. Niistä 84 % lensi korkeusluokassa 1–10 m. Törmäyskorkeudella (20–50 m tai tätä korkeammalla) todettiin lentävän vain 3,8 % (262 yksilöä) linnuista. Havaintojen perusteella avomeriolosuhteissa sekä muuttavat että alueella muuten liikkuvat linnut siis lentävät pääasiassa matalalla pinnan tuntumassa. Lokit olivat ainoa lajiryhmä, joiden yksilöitä havaittiin säännöllisesti lentävän korkeammalla, tosin niistäkin valtaosa lensi törmäyskorkeuden alapuolella. Tämä arvioidaan selvitysten merkittävimmäksi havainnoksi arvioitaessa linnustoon kohdistuvia vaikutuksia.

Vuoden 2023 osalta samaan aikaan ja usein Laineen (ja Hallan) kanssa peräkkäisinä päivinä toteutetuissa Selkämeren talousvyöhykkeelle sijoittuvan Tyrskyn (OX2) merituulipuiston linnustoselvityksissä todettiin merkittävä ero nimenomaan muuton aikaan lepäilevän linnuston yksilömäärissä verrattuna Perämeren yksilömääriin. Merenkurkun eteläpuolella laskettiin enimmillään 20 000 alueella lepäilevää mustalintua sekä tuhansia haahkoja ja pilkkasiipiä. Siirryttäessä Perämerelle Merenkurkun pohjoispuolelle, paikalliset linnut käytännössä loppuivat kokonaan. Aiemmin keväällä tämä johtui pääasiassa siitä, että Perämeri oli vielä ainakin osittain jäässä, mutta ilmiö oli todettavissa vielä koko Perämeren vapauduttua jäistä. Havaintojen perusteella arktiset vesilinnut kerääntyvät odottelemaan Merenkurkun eteläpuolelle otollisia muuttosäitä ja -olosuhteita, ja lähtiessään muutolle ne eivät enää juuri pysähdy Perämeren alueella.

Selkämerellä lepäilevien runsaiden arktisten vesilintumäärien kohdallakin oli todettavissa selkeästi, että käytännössä ne kaikki havaittiin korkeintaan 20 km etäisyydellä rannikosta alueella, missä vedensyvyys ei ylitä 20 metriä. Talousvyöhykkeellä sijaitsevalla Tyrskyn hankealueella arktisia vesilintuja ei havaittu sen enempää kuin Hallan alueellakaan.

Yksittäisistä lajeista lajiparia mustalintu/pilkkasiipi havaittiin yhteensä 6 137 yksilöä. Niistä ja muista vesilinnuista valtaosa havaittiin yhden päämuuttopäivän, 18.5.2022 aikana. Muutto kulki leveänä rintamana hankealueen länsiosan kautta sekä sen länsipuolitse Ruotsin puolella. Valtaosa havaituista parvista muutti aivan pinnassa, ja vain muutama Ruotsin puolella muuttanut parvi muutti korkealla törmäyskorkeudella tai jopa sen yläpuolella. Kyseiset parvet olivat niin kaukana Ruotsin rannikon läheisyydessä, että niistä ei ollut laskettavissa yksilömäärää tai tunnistettavissa lajia. Parvet eivät ole myöskään mukana havaittujen lintujen yhteismäärässä. Parvet muuttivat

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

rannikon suuntaisesti, eikä niiden lentoreiteissä havaittu viitteitä siitä, että Ruotsin puolella muuttavat parvet olisivat olleet kääntymässä Laineen hankealueen suuntaan. Samaan aikaan hankealueen itäosan alueella vesilintuja havaittiin niukasti.

Kuikkia havaittiin Laineen hankealueella tai sen välittömässä läheisyydessä 413 yksilöä. Lähes kaikki havaitut kuikat muuttivat koilliseen ja lentokorkeus oli matala, lähellä veden pintaa.

Keväällä merkittävä havainto oli merikotkien esiintyminen hankealueella, kun meren ollessa jäässä alueella oli synnyttäviä hylkeitä. Kaikki havaitut merikotkat olivat syömässä joko kuolleita kuutteja tai synnyttäneiden hylkeiden jälkeisiä. Meren alkaessa vapautua jäistä ja hylkeiden hävittyä alueelta, myös merikotkat hävisivät. On mahdollista, että merikotkia on saapunut alueelle molemmilta rannikoilta.

Pesimäaikana havaituista lajeista merkittävimmät ovat selkälokki ja ruokki. Molempia lajeja havaittiin hankealueella pesimäaikana ja on todennäköistä, että kyse oli pesivistä linnuista, joiden ravinnonhankintalennot ulottuvat Laineen hankealueelle saakka. Molempia lajeja on merkitty GPS-lähettimillä ja paikannusaineiston perusteella yksittäiset lennot voivat ulottua jopa 60 km etäisyydelle pesimäpaikoilta. Näin ollen on mahdollista, että alueelle tulee selkälokkeja ja ruokkeja molempien rannikoiden pesimäyhdyskunnista.

Havainnot jakautuivat varsin tasaisesti koko hankealueelle ja yleiskuva näiden, kuten muidenkin havaittujen lajien osalta oli, että lintuja esiintyi hankealueella hyvin harvakseltaan yksittäin tai pikkuparvina. Alueella satunnaisesti esiintyvien pikkukalaparvien houkuttelemia korkeintaan muutamien kymmenien lokkien keskittymiä havaittiin muutamia.

Sekä kevät- että syksymuuton aikaan useimmat **petolinnut** seuraavat Ruotsin rannikon rantaviivaa mahdollisimman pitkään ja lentävät veden yllä vain silloin, kun se on tarpeen. Mieluiten linnut ylittävät vesistön siellä, missä ylitys on mahdollisimman lyhyt tai missä on saaria, jotka lyhentävät lentomatkoja avomeren yllä. Näin ollen wpd:n mukaan (*2022*) karttaa tutkimalla on mahdollista löytää petolintujen lyhimmät vesiväylät ja arvioida, missä petolinnut ensisijaisesti lentävät. Tällöin petolintujen pääasiallisen muuttoreitin Ruotsin ja Suomen välillä oletetaan olevan Ahvenanmaan merialueen halki tai siellä, missä Perämeri on kapeimmillaan eli Merenkurkun pohjoisosassa Uumajan lähellä. Tätä käsitystä vahvistavat myös raportit Koncentrationer av hotade termikflyttande fåglar i Fennoskandia (*Hansson 2019*) (Uhanalaisten termiikkiä hyödyntävien muuttolintujen keskittymät Fennoskandiassa) ja Flaskhalsar för flyttande rovfåglar i Fennoskandia (Muuttavien petolintujen pullonkaulat Fennoskandiassa) (*Hansson 2020*).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

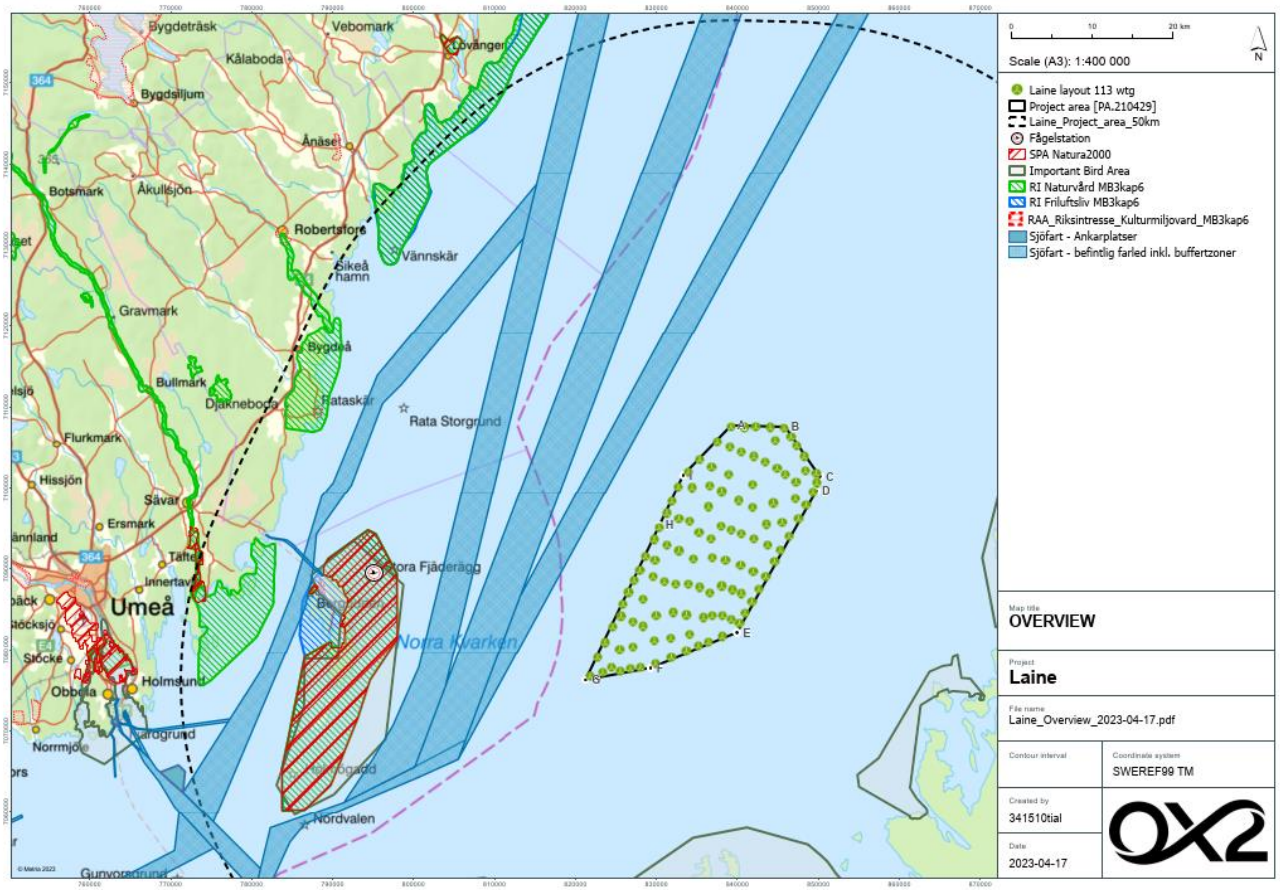


Kuva 22-5. Petolintujen oletetut pääasialliset muuttoreitit, jotka on arvioitu karttatutkimusten avulla (punaiset nuolet). Sininen katkoviivanuoli osoittaa mahdollista kulkureittiä kyseessä olevalla tutkimusalueella, mikä merkitsisi periaatteessa pisintä reittiä avoveden yli pääasiallisiin muuttoreitteihin verrattuna. (wpd 2022) Kartalla esitetty lisäksi Laineen merituulivoimapuiston suuntaa-antava sijainti.

Ruotsin puolella sijaitsevat lähimmät linnustollisesti arvokkaat alueet (SPA Natura 2000 -alueet sekä IBA-alueet), lintuasemat sekä muut suojelualueet on esitetty oheisessa kuvassa (Kuva 22-6).

Lähimmät linnustollisesti arvokkaat Natura 2000 -alueet sekä IBA-alueet sijaitsevat noin 24 km länteen Laineen alueesta. Hankealuetta lähin suojelualue on Holmörarna saariston Natura 2000 –alue (SPA) (SE0810010), joka on myös IBA-alue (hiukan isommalla rajauksella). Alueen pinta-ala on 24 209,6 hehtaaria. Holmönsaaristo on ainoa suurempi saariryhmä muutoin avoimella merialueella. Holmörarna saariston Natura 2000 alueen kasvillisuus on moninaista ja siellä on edustettuna useita kasvi- ja eläinryhmiä. Alueen häiriöttömyys suosii monipuolista eläimistöä. Rannikko on kivikkoinen ja maanpinta jatkaa kohoamistaan jääkauden jälkeen. Saaret ovat tyypillisiä esimerkkejä jatkuvasta kasvillisuuden kehityksestä merenpohjasta maakasvillisuuteen maankohoamisen myötä. Puustoa hallitsee vanha havumetsä, jossa valtalajeina on kuusi ja lisäksi alueella kasvaa hajanaisia mäntyjä. Osin saaren puusto koostuu myös lehtipuista, kuten koivusta, haapasta ja salista. Alueen läpi kulkee suoalueita. Linnusto koostuu mm. mehiläishaukasta, kalasääskestä, kala- ja lapintiirasta, pikkusieposta, helmipöllöstä, räyskästä, ruokista, kaakkurista, kuikasta ja laulujoutsenesta.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

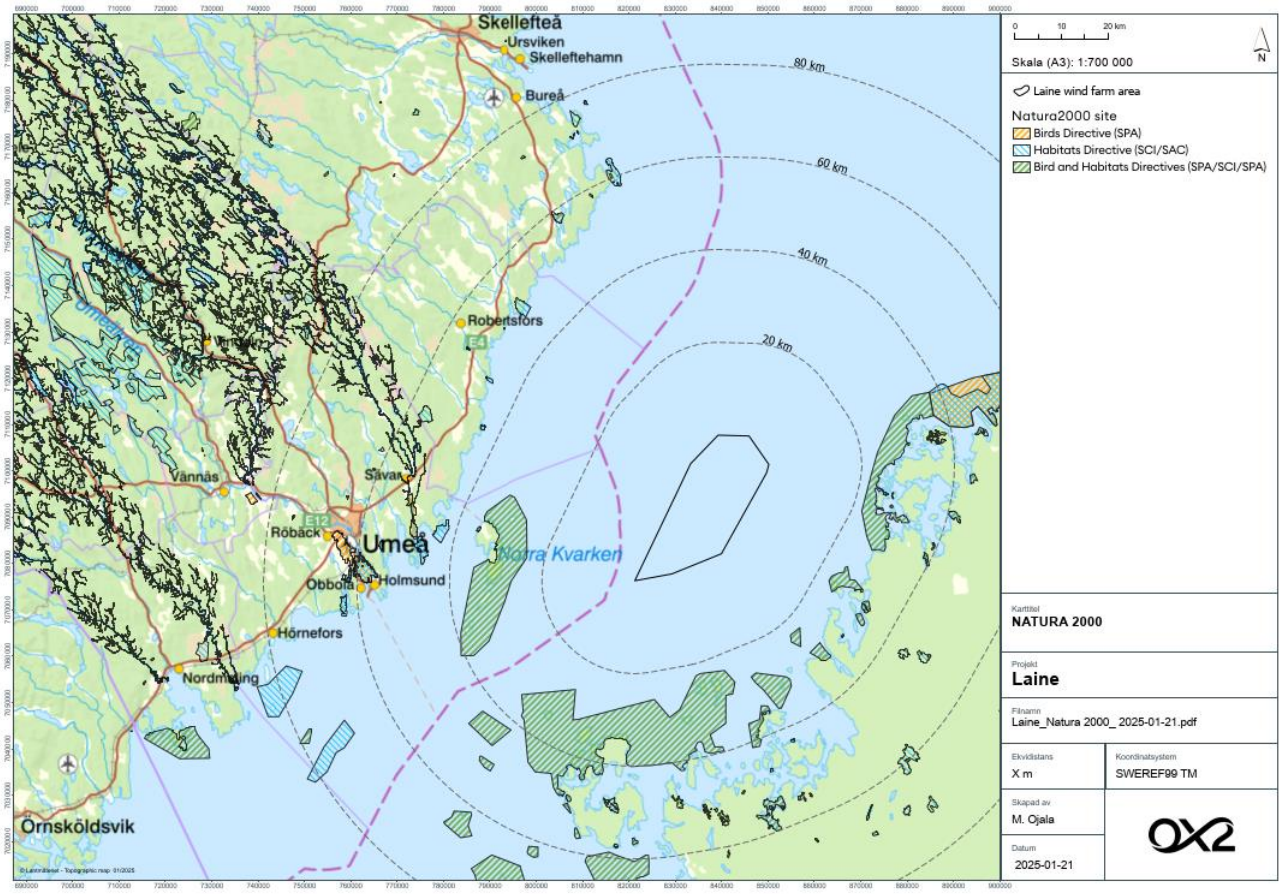


Kuva 22-6. Ruotsin puolella sijaitsevat Laineen merituulivoimapuistoa lähimmät linnustollisesti arvokkaat alueet (SPA Natura 2000 -alueet sekä IBA-alueet), lintuasemat sekä muut suojelualueet. (OX2 2023)

22.1.9 Luonnonsuojelualueet

Tarkastelualueella Laineen alueen ja Ruotsin rannikon välillä on suuri määrä suojeltuja luonnonalueita kuten valtakunnallisesti arvokkaita luonnonsuojelualueita, Natura 2000 -alueita, luonnonsuojelualueita, eläin- ja kasvinsuojelualueita sekä biotooppien suojelualueita. Ruotsin puolella sijaitsevat lähimmät suojelualueet on esitetty kuvassa (Kuva 22-7). Hankealuetta lähin suojelualue on Holmörarna saariston Natura 2000 – alue (SPA) (SE0810010). Se on kuvattu edellisessä linnustoa käsittelevässä luvussa. Muihin Ruotsin puolen suojelualueisiin on etäisyyttä yli 40 km.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 22-7. Laineen merituulivoimapuiston ympäristön suojelualueet Suomen ja Ruotsin puolella.

22.1.10 Luonnonmaisema

Laineen merituulivoimapuiston ja Ruotsin rannikon välillä on vaihtelevaa rannikkomaisemaa, jossa on kaikkea ulkosaarten paljaista mukulakivimetsiköistä lohkorannikkoa lähimpänä oleviin kuusipeitteisiin suurempiin saariin, sekä jokilaaksomaisemia, joissa on viljelyelementtejä ja metsää kauempana sisämaassa. Tyypillisiä piirteitä ovat erittäin tasainen maisema, jossa saaret ovat nousseet vedenpinnan yläpuolelle tasaisella korkeudella ajan myötä ja joissa on jälkiä kalastuksesta, hylkeenpyynnistä ja jossain määrin laiduntamisesta. Alueella kolme vallitsevaa maisematyyppiä rannikkovyöhyke, jokimaisema ja viljely sekä metsämaa.

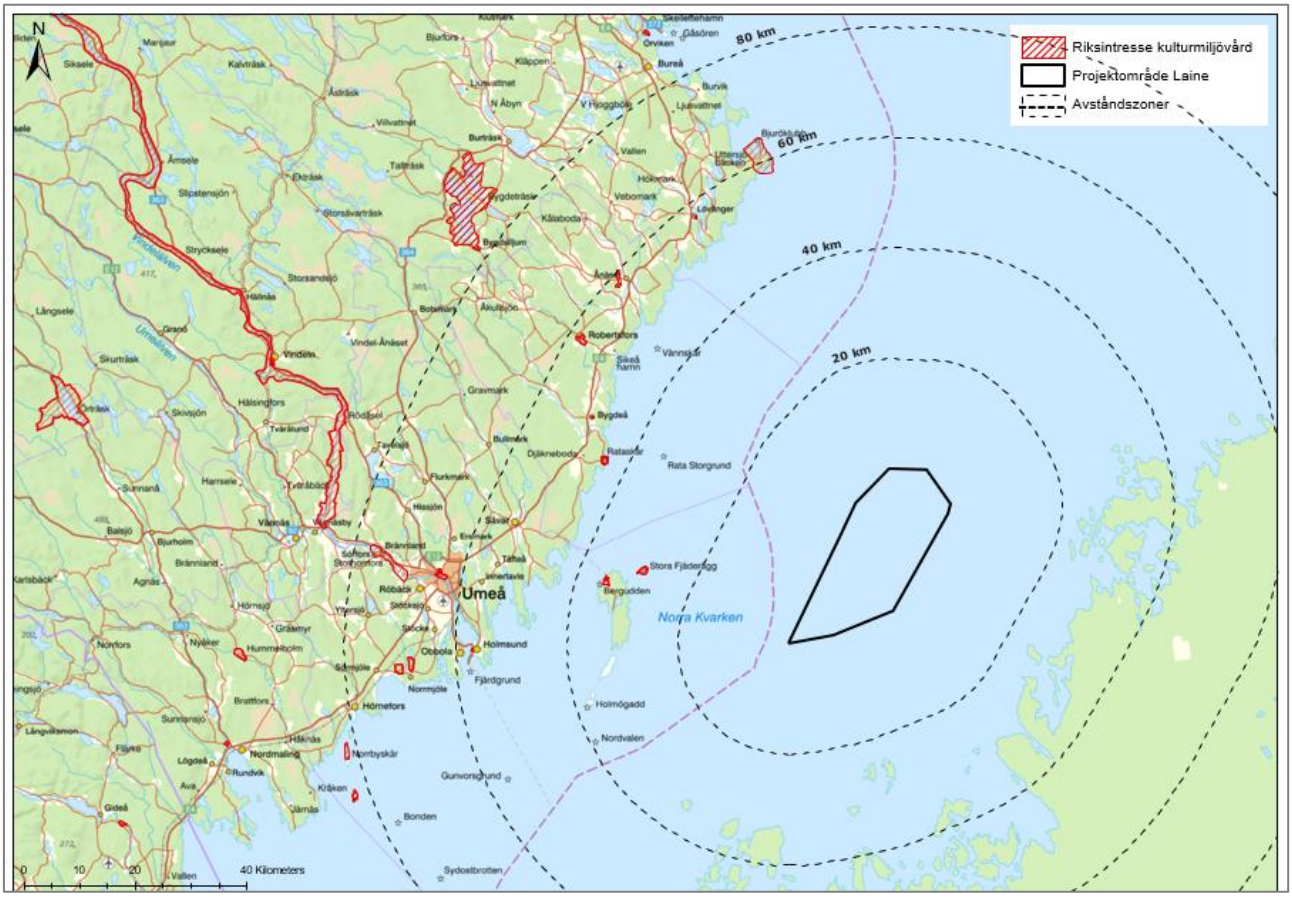
22.1.11 Kulttuuriympäristö

Alueella on monipuolinen kulttuurimaisema, jolla on monia historiallisia ulottuvuuksia ja jäänteitä. Rannikkomaisemaa on leimannut merellinen kalastus-, hylje- ja laivateollisuus, mutta myös pienimuotoinen maatalous ja teollisuus.

Jatkuvan maanpinnan kohoamisen vuoksi nykyiset rannikkoalueet ovat suhteellisen nuoria ja rantaviiva on muuttunut huomattavasti ajan myötä. Vanhempia kivikaudelta peräisin olevia rannikkoasutuksia löytyy siksi kauempana sisämaasta. Kuitenkin rannikolla ja saarilla, jotka edustavat silloista rantaviivaa ja ovat erityisen ilmeisiä, on sekä hautakumpuja että ns. tonttirenkaita (kalastuksen ja hylkeenpyynnin yhteydessä rakennetun väliaikaisen asunnon jäänteitä). Västerbottenin rannikolla. Siellä on myös arvoituksellisia jäänteitä labyrinttien ja kompassiruusujen muodossa. Samalla kun rannikkoa ja saaria käytettiin enemmän, on merkkejä siitä, että maatalous kehittyi selvemmin kalastuksen, hylkeenpyynnin ja keräilyn jäädessä sivutoimisiksi elinkeinoiksi. Myös kauppa oli tärkeää, ja kalanmaksaöljy ja hylkeennahka olivat tärkeitä kauppatavaroita.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Tarkastelualueella on kulttuuriympäristön suojelualueita, kuten kansallisesti arvokkaita alueita ja suuri määrä mantereella sijaitsevia muinaisjäännöksiä, arkkitehtonisia monumentteja ja valtion rakennusmuistomerkkejä (Kuva 22-8). Laineen merituulivoimapuisto sijaitsee noin 29 km:n päässä lähimmältä Stora fjæderäggin suojelualueesta. Valtakunnallisesti arvokkaat alueet edustavat suurelta osin sekä rannikkokaistaleen että Holmöarnan ja Stora fjädereggin kulttuurihistoriallisia ilmentymiä.



Kuva 22-8. Kartta Laineen merituulivoimapuiston ja Ruotsin välillä sijaitsevista kulttuuriympäristön arvokohteista. Lähde: Riksantikvarieämbetet. Lähde: © Lantmäteriet. (AFRY Sverige 2024)

Kymmenen kilometrin säteellä välittömästi Laineen itäpuolella Ruotsissa sijaitsevan Kappan hankealueesta ei ole tunnettuja kulttuurihistoriallisia jäännöksiä Ruotsin puolella Ruotsin kulttuuriympäristöön ja kulttuuriperintöön liittyvistä asioista vastaavan viranomaisen mukaan (*Njordr Offshore Wind AB 2022*).

22.1.11.1 Korkea rannikon maailmanperintöalue

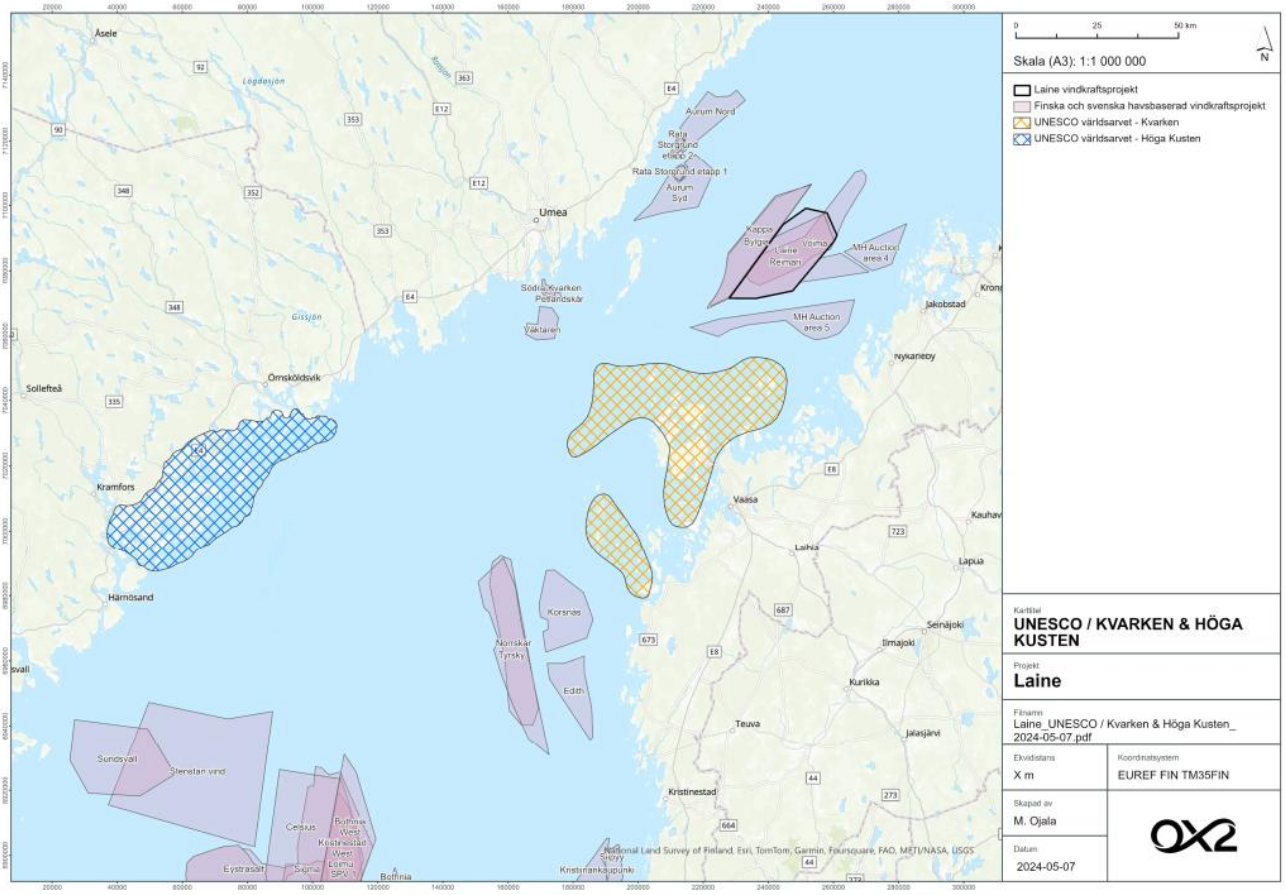
Merenkurkku on geologisten erityispiirteidensä vuoksi hyväksytty Unescon maailmanperintölistalle Suomen ensimmäisenä luonnonperintökohteena vuonna 2006. Se muodostaa yhdessä Ruotsin Korkean rannikon kanssa maailmanperintökohteen High Coast – Kvarken archipelago (Korkea rannikko – Merenkurkun saaristo). (*UNESCO 2006*)

Korkearannikko (ruots. Höga kusten) on Pohjanlahden rannikkoalue Västernorrlandin läänissä Ruotsissa. Sen alueella ovat Kramforsin ja Örnsköldsvikin kunnat. Viime jääkauden jälkeen maa on alueella noussut 800 metriä, enemmän kuin missään muualla. Jyrkkäpiirteisessä kallio- ja mäkimaastossa maankohoamisen aikana syntyneet eri-ikäiset geologiset rantamuodostumat ja rannalle syntyneet muinaisjäännökset ovat nähtävillä eri korkeuksilla muutaman kilometrin levyisellä rannikkovyöhykkeellä (*Höga kusten 2020*).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Korkearannikko hyväksyttiin UNESCO:n maailmanperintökohteeksi vuonna 2000 (*UNESCO 2008*). Alueen pinta-ala on 1 425 neliökilometriä. Vuonna 2008 Unesco täsmensi kahden maan yhteisen maailmanperintökohteen nimityksen muotoon Korkearannikko / Merenkurkun saaristo. Luonto on alueella jatkuvassa muutostilassa, sillä maankuori palautuu jäämassojen painosta edelleen. Maankohoaminen rannikolla on 9 mm vuodessa. Korkearannikon etäisyys Laineen hankealueeseen on yli 120 km.

Seuraavassa kuvassa on esitetty Korkearannikko / Merenkurkun saaristo alueen sijainnit sekä merialueelle suunnitteilla olevat muut merituulivoimapuistohankkeet Laineen hankkeen lisäksi.



Kuva 22-9. Kartalla on esitetty Korkearannikon / Merenkurkun saariston maailmanperintöalueen sijainnit sekä merialueelle suunnitteilla olevat muut merituulivoimapuistohankkeen Laineen hankkeen lisäksi.

22.1.12 Virkistysalueet ja matkailu

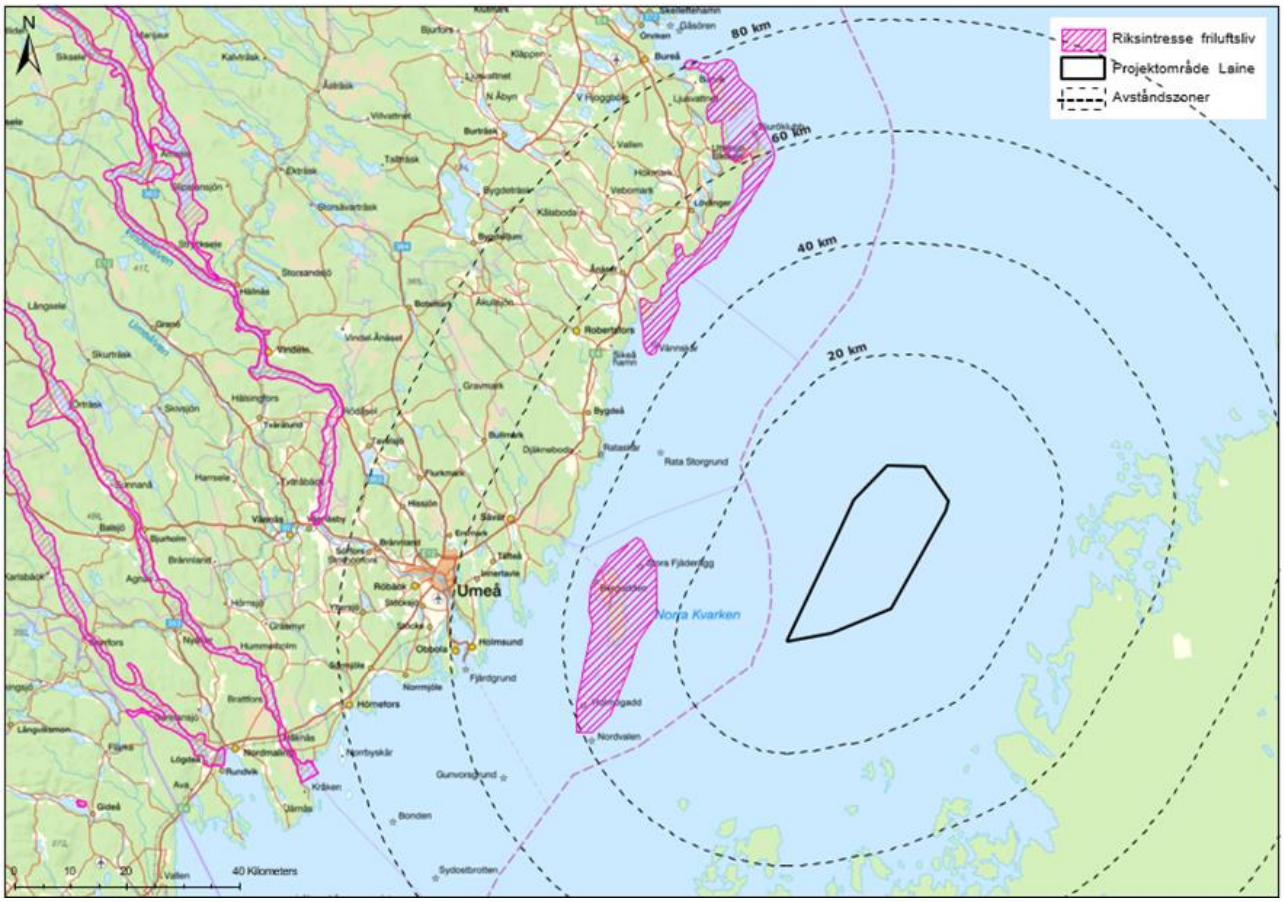
Ruotsin rannikkoympäristöt ovat yleisesti ottaen tärkeitä virkistyksen ja ulkoilun kannalta, koska alueella sijaitsee luonto-, kulttuuri- ja ulkoilualueita. Västerbottenin rannikko ja rannat analyysialueella ovat Uumajan lähialuetta ja Holmöarnan saarta lukuun ottamatta suhteellisen hyödyntämättömiä, mikä tarkoittaa, että siellä on monia hiljaisia, koskemattomia ja häiritsemättömiä paikkoja.

Useilla rannikkokylillä on myös perinteisesti ollut kalastajakyliä ulkosaarilla. Rannikkoa käytetään yleensä enemmän virkistykseen ja ulkoiluun kuin ulkosaaria. Osittain siksi, että se on helpommin saavutettavissa eikä vaadi veneilyä ja osittain siksi, että sillä on enemmän ulkoilukohteita, kuten vierassatamia, luonnonsatamia, laitureita, väyliä, vuokramökkejä, leirintäalueita, grillipaikkoja ja merkittyjä polkuja.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Ulkoilu vaihtelee vuodenajasta ja etäisyydestä rannikkoon tai merialueeseen riippuen. Kesäaikaan, kun aurinko paistaa monta tuntia vuorokaudesta, saaristossa voi harrastaa veneilyä (vapaa-ajan veneilyä, purjehdusta, melontaa, melontaa), uintia ja rantaelämää sekä purjelautailua. Vaellus- ja luontopolkuja löytyy esimerkiksi Holmön saarelta.

Tarkastelualueella on kaksi kansallisesti tärkeää ulkoilun aluetta, joita ympäristölain luvun 3 mukaisesti (Kuva 22-10). Yksi on Holmöarnan saaret. Sääntelyn tarkoituksena on suojella ja säilyttää monimuotoista ympäristöä Holmöarnan saarilla ja sen ympäristössä, jota käytetään pääosin ulkoiluun. Toinen alue on Lövängerskusten, joka sijaitsee yli 40 km etäisyydellä Laineen alueesta. Sääntelyn tarkoituksena on suojella ja säilyttää monimuotoista ympäristöä sekä rannikkomaisemaa, jota käytetään ulkoiluun.



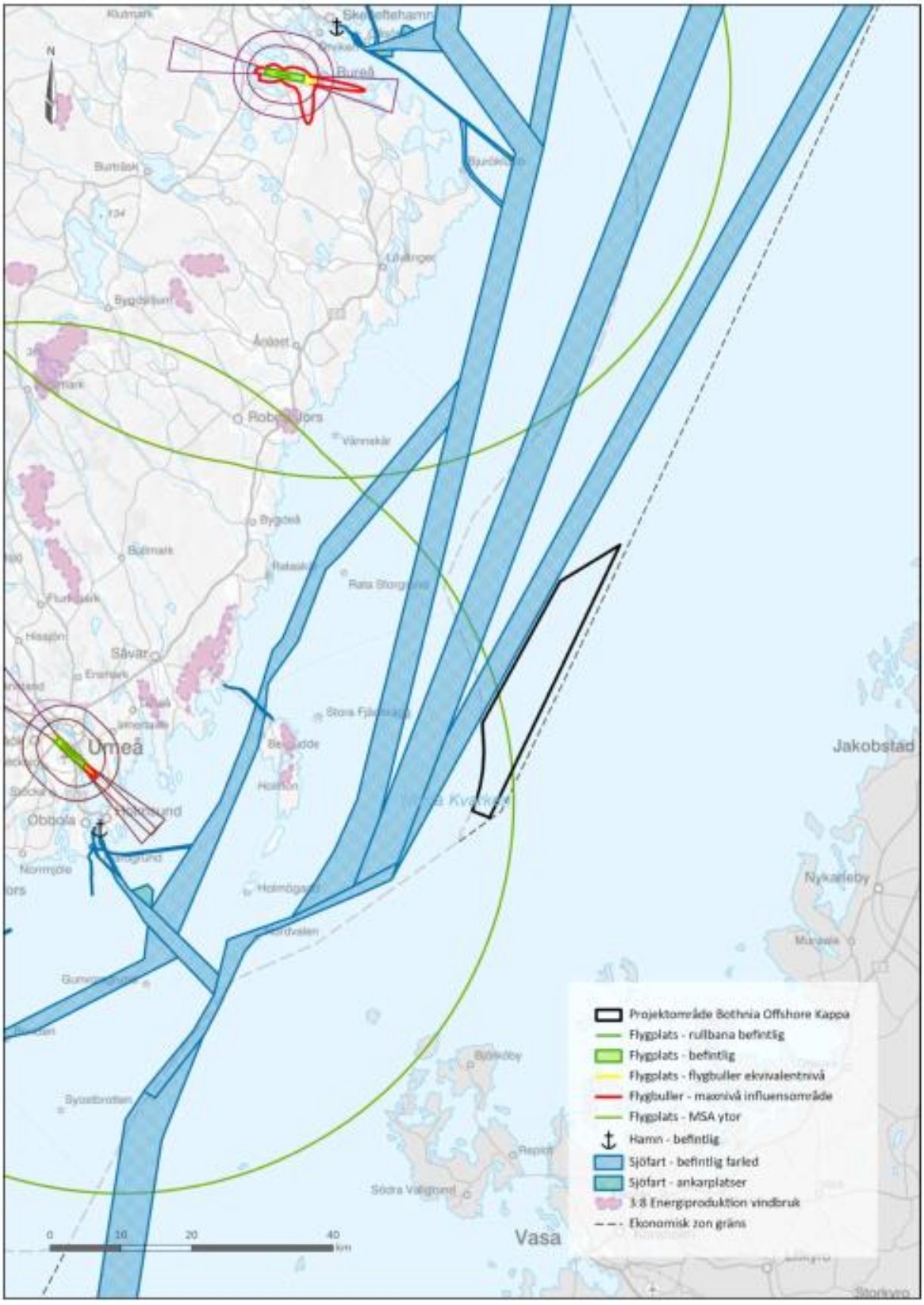
Kuva 22-10. Kartta Laineen merituulivoimapuiston ja Ruotsin välillä sijaitsevista virkistysalueista, joita säädellään lailla. Lähde: Naturvårdsverket (2024) skyddade områden: riksintresse för friluftsliv enligt 3 kap Miljöbalken. Pohjakartta: © Lantmäteriet. (AFRY Sverige 2024)

22.1.13 Meriliikenne ja satamat

Kuvassa (Kuva 22-11) on esitetty lähellä sijaitsevat suuremmat satamat. Kappan hankealueen länsipuolella sijaitsee väylä sekä Uumajan lentoaseman MSA-vyöhyke Kappan hankealueen lounaisosassa. Nordvalen–Kemi-meriväylä kulkee samansuuntaisesti Kappan hankealueen kanssa sen länsipuolella pohjois-eteläsuunnassa. Etäisyys Kappan hankealueen uloimmasta linjasta väylälle on noin 500 metriä. Lisäksi alueen länsipuolella on useita kansallisesti merkittäviä väyliä.

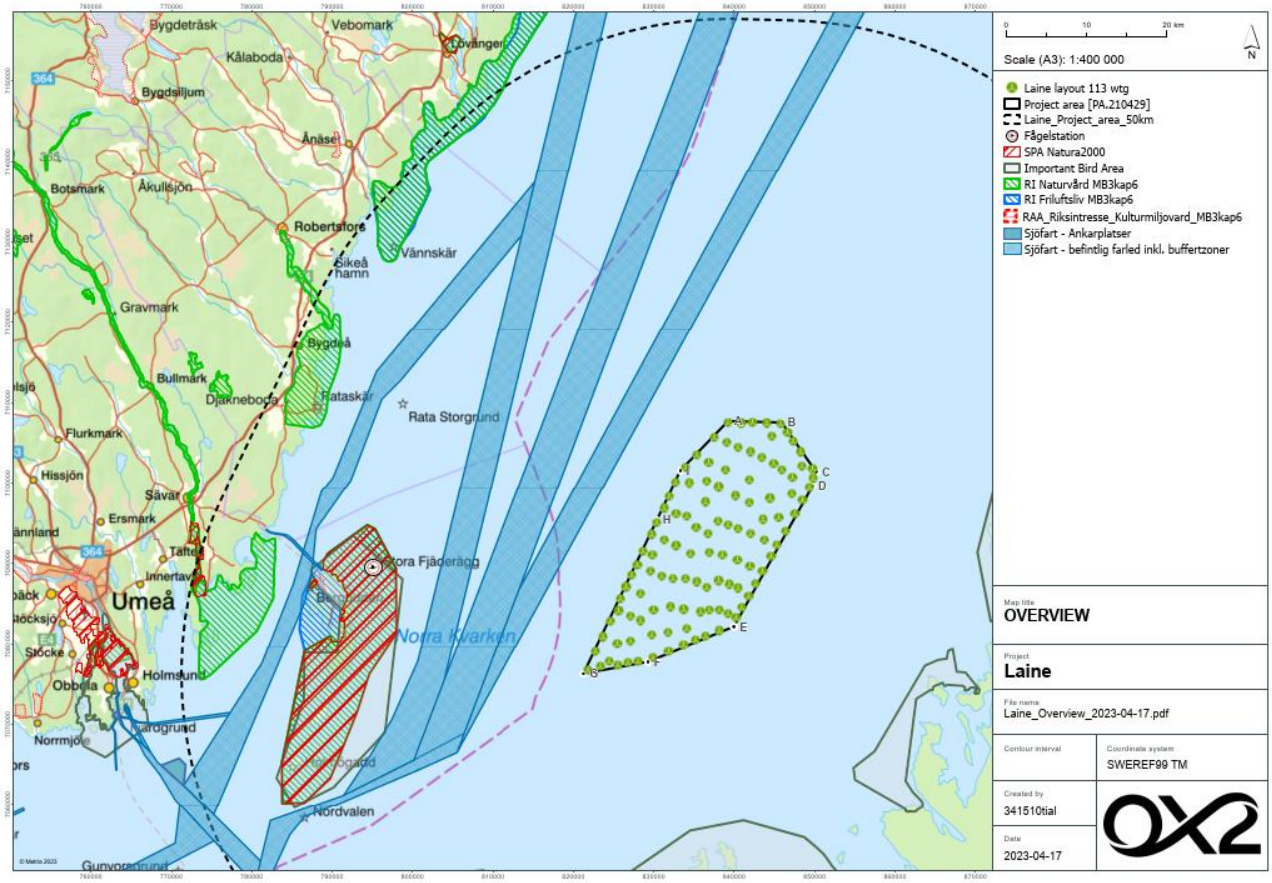
Ruotsin puolustusvoimilla ei ole nimettyjä, maanpuolustuksen kannalta kansallisesti merkittäviä alueita Kappan hankealueella tai sen yhteydessä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 22-11. Vesiliikenne, majakat, ankkuripaikat ja satamat Ruotsin merialueella (Trafikverket, 2021; HELCOM, 2016). (Lähde: Njordr Offshore Wind AB 2022)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

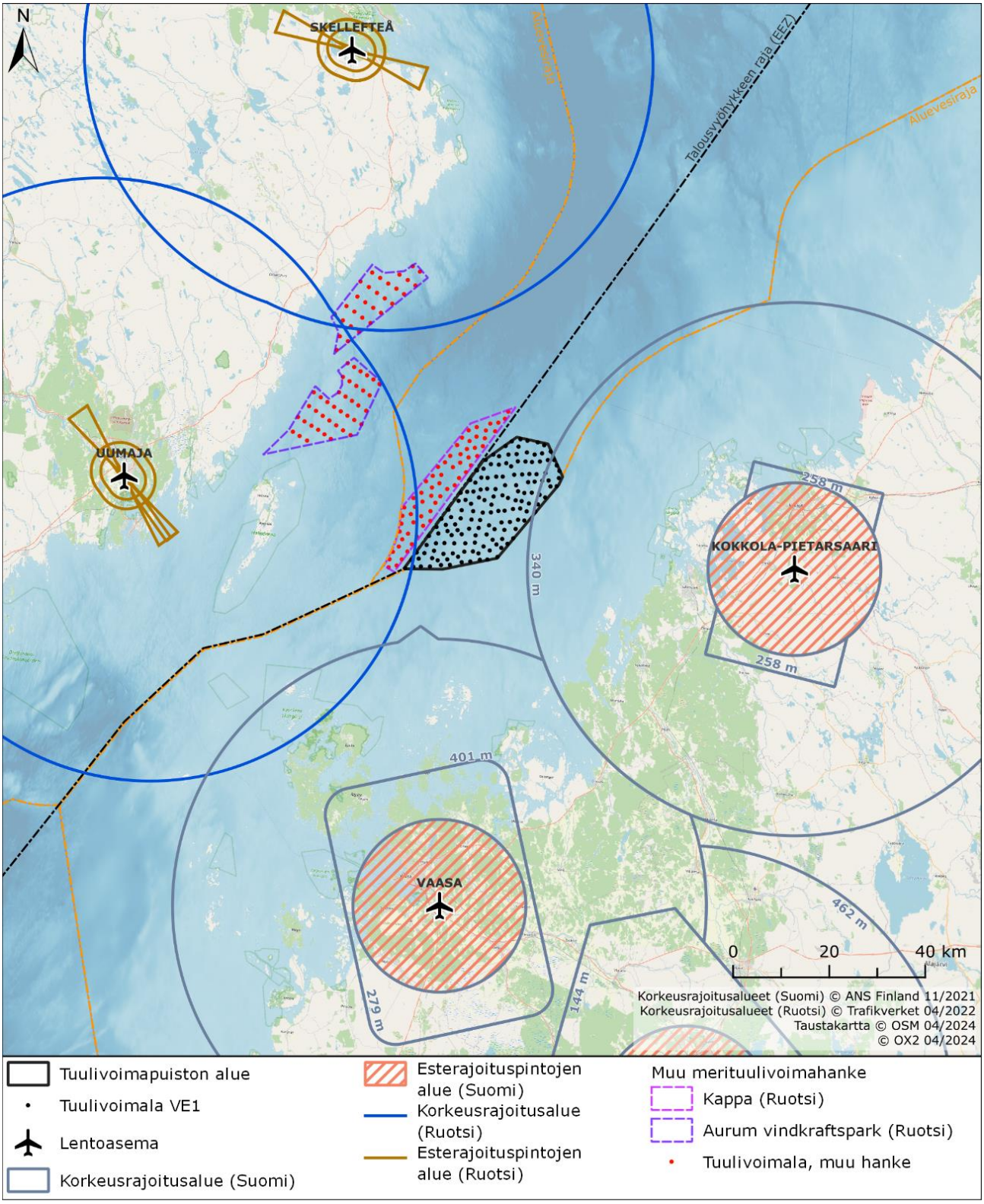


Kuva 22-12. Ruotsin puolella sijaitsevat merenkulun alueet ja ankkurointipaikat Laineen merituulivoimapuiston ja Ruotsin välisellä alueella. (OX2)

22.1.14 Ilmailu

Uumajan lentoaseman MSA-alue (Minimum sector altitude) sijaitsee limittäin hankealueen kanssa alueen lounaisosassa. Hankealue sijaitsee enimmillään kuusi kilometriä limittäin MSA-vyöhykkeen kanssa. Noin 50 neliökilometrin kokoinen osa hankealueesta sijaitsee Uumajan lentoaseman MSA-vyöhykkeellä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.



Kuva 22-13. Ilmailun korkeusrajoitusalueet. (ANS Finland 2021)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

22.2 Yhteenveto Ruotsin kannalta keskeisistä vaikutuksista

Hankkeen Suomen talousvyöhykkeellä rakentamisaikana tehtävien toimien sekä toiminnan ajan rajat ylittävät kokonaisvaikutukset ovat arvioiden mukaan **kokonaisuudessaan suhteellisen vähäisiä ja vaikutusten arvioitiin rajoittuvan pääosin rakentamisaikaan vesistörakentamiskohteiden (merituulivoimapuiston ympäristö) lähialueelle Suomen talousvyöhykkeen rajojen sisäpuolelle tai vähäisissä määrin Ruotsin talousvyöhykkeen puolelle.**

Keskeisimmiksi vaikutuksiksi arvioitiin rakentamisen aikainen veden samentuminen, vedenalainen melu ja kasvanut alusten törmäysriski rakentamisaikaisen lisääntyneen meriliikenteen myötä. Toimintavaiheen osalta merkittävimmiksi rajat ylittäviksi vaikutuksiksi arvioitiin kielteiset vaikutukset laivaliikenteeseen, linnustoon ja kalojen vaellukseen ja ammattikalastukseen sekä maisemaan.

Myönteisiä vaikutuksia hankkeella on sen sijaan globaalilla tasolla ilmastoon, koska sillä korvataan uusiutumatonta energiaa. Hankkeen suuret myönteiset ilmastovaikutukset syntyvät siitä, että tuulivoimaloiden uusiutuvan sähköntuotanto tulisi arviolta olemaan 11 TWh vuodessa. Hankkeella (merelle ja mantereelle sijoittuvat toiminnot) arvioidaan olevan ilmaston kannalta positiivinen hyvin merkittävä vaikutus – toiminnan aikana hankkeella arvioidaan olevan suuri myönteinen vaikutus, kun tuotetaan 100 % sähköä ja erittäin suuri vaikutus, kun tuotetaan 100 % vetyä. Uusiutuvan energian tuotanto on erittäin suuresti ilmastotavoitteiden mukaista. Rakentamisen aikana vaikutusten arvioitiin olevan suuresti negatiiviset. Itse rakentaminen ei ole suoraan ilmastotavoitteiden mukaista, mutta sen avulla saavutetaan tavoitteiden mukainen energiainfrastruktuuri.

Kaikki hankkeen toiminnot sijaitsevat Suomen talousvyöhykkeellä tai aluevesillä. Suoria vaikutuksia hankkeesta voi kuitenkin aiheutua esimerkiksi ruotsalaiseen **ammattikalastukseen**, jos Laineen alueella kalastaa ruotsalaisia kaupallisia kalastajia. Tämänhetkisten tietojen mukaan alueella ei kalasta ruotsalaisia kalastajia. Hanke todennäköisesti vaikuttaa kalastusmahdollisuuksiin, sillä isot kauppamerenkulun alukset sekä kalastusalukset eivät todennäköisesti voi turvallisuussyistä liikkua merituulivoimapuiston alueella tulevaisuudessa.

Ruotsalaiseen **kauppamerenkulkuun** ei arvioida kohdistuvan suoria kielteisiä vaikutuksia, vaikka Laineen merituulivoimapuiston alueen halki ei jatkossa voisi kulkea, vaan alue jouduttaisiin kiertämään. Ruotsalainen kauppamerenkulku ei lähtökohtaisesti nykyisellään kulje Laineen hankealueen läpi, vaan alukset kulkevat merenkurkun jälkeen Ruotsin aluevesillä tai talousvyöhykkeellä ennen kuin ne saapuvat ruotsalaisiin satamiin. Sellaista kauppamerenkulkua, joka kulkee suomalaisten ja ruotsalaisten satamien välillä Perämerellä on suhteellisen vähän ja tällöin Laineen hankealue ei ole ko. reiteillä. Hankkeen toiminnan aikaiset epäsuorat liikenteelliset vaikutukset voivat kuitenkin ulottua Suomen rajojen ulkopuolelle Ruotsiin ja ne arvioitiin vähäisiksi kielteisiksi. Mikäli Laineen hanke toteutuu ja suomalainen alusliikenne siirtyy käyttämään Ruotsin puolella olevia meriliikenteen reittejä, kasvaa niiden alusliikenteen tiheys, millä voi olla välillisesti vaikutuksia mm. törmäysriskeihin.

Hankkeeseen liittyy laivaliikennettä merialueella merituulivoimapuiston ja sen tarvitsemien toimintojen rakenteiden ja rakennusmateriaalien kuljettamiseksi käyttökohteisiinsa sekä ruoppausmassojen kuljetuksiin. Hanke vaikuttaa **väylien käyttöön** sekä rakentamisen että käytön aikana suoraan vain reittien MVE4/VVE2 ja MVE5/VVE3 osalta, sillä ne rantautuvat kauppamerenkulun sataman Pietarsaari lähistölle. Alusten törmäysriski kasvaa rakentamistoimien aikana, kun merialueella liikkuu normaalia enemmän meriliikennettä. On kuitenkin syytä ottaa huomioon, että Suomen puolella sijaitsevan Laineen rakentamisen aikainen liikenne kulkee hankealueen ja Suomen satamien välillä, eikä ole suunnitelmissa tällä hetkellä hyödyntää Ruotsin puolen satamia. Rakennustöiden edetessä meriliikennekelpoisia alueita ja meriliikenteen käyttämiä reittejä kuitenkin poistuu käytöstä, mikä lisää onnettomuusriskiä, kasvattaa meriliikenteen kustannuksia ja lisää päästöjä, millä voi olla rajat ylittäviä vaikutuksia. Liikenteen osalta arviointi perustuu erilliseen navigoinnin riskiselvitykseen sekä liikenteen nykytilan selvityksiin.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Merituulipuiston **meriliikenteelle** aiheuttamia haittoja voidaan pyrkiä lieventämään monin eri keinoin. Ensimmäinen lähtökohta on luoda selkeät ja noudatettavat turvaetäisyydet tuulivoimapuiston ja meriliikenteen välillä esimerkiksi riskiarvion perusteella. Swecon riskinarviointiraportissa tehty yksityiskohtainen suunnittelu esittää, että merituulipuiston aiheuttama riski on hyväksyttävä, jos lieventäviin toimenpiteisiin ryhdytään. Johtopäätös siitä, että yksityiskohtaisen suunnittelun riskitaso arvioidaan hyväksyttäväksi (mukaan lukien lieventävät toimenpiteet), tarkoittaa, että suunnitelma voidaan hyväksyä riskien näkökulmasta, vaikka suositeltu turvaetäisyys ei täyttyisi. Suositeltu turvaetäisyys täyttyy, jos liikenne siirtyisi etelämmäksi. Nytkään Laineen hankealueen eteläpuolella ei ole vesiväylää vaan merenkulun aluetta, joten hankekehittäjä näkee mahdolliseksi siirtää liikenteen kulkua nykyistä etelämmäksi.

Vaikutusten lieventämiseksi hanketoimijan tulee jatkaa toimintojen yhteensovittamista merenkulun viranomaisten kanssa kansainvälisellä tasolla. Ennen rakentamisen aloittamista, hankkeen on saatava mm. vesilupa ja merenkulun viranomaisten hyväksyntä.

Hankkeen vesistörakentaminen liittyy merituulivoimaloiden perustuksiin (mm. ruoppaukset, täytöt, paalutukset, räjäytykset), sisäiseen sähkönsiirtoon, merisähköasemiin sekä merikaapelireitteihin ja vetyputkistoon. Lisäksi on tarve läjittää ruoppausmassoja ensisijaisesti merialueelle.

Rajat ylittäviä **meriympäristöön** kohdistuvia vähäisiä vaikutuksia arvioitiin aiheutuvan rakentamisaikana epäsuorasti mm. ruoppauksen aiheuttaman kiintoaineen leviämisen kautta. Tiedot ja arvioinnit rakentamisen aikaisten vesistövaikutusten osalta perustuvat tehtyihin pohjanlaatuselvityksiin (ruoppaustarpeen määritys sekä kartoitetut tiedot sedimentin partikkelijakaumasta ja laadusta) sekä merialueen mallinnuksiin (sameuden ja kiintoaineen sekä lämpökuorman ja suolapitoisuuden leviämisen mallinnus sekä vedenalaisen melun mallinnus).

Laaditun vesistömallinnuksen perusteella merituulivoimaloiden perustusten rakentamisesta sekä merituulivoimapuiston sisäisten merikaapeleiden ja/tai vetyputkien asentamisesta aiheutuva kiintoainekuormitus veteen eli samentumisvaikutus jää pääosin merituulivoimapuistoalueen sisälle ja näin ollen Suomen puolelle. Läjitys aiheuttaa voimakkaimmat vaikutukset ja samentumaa voi levitä muutamien kilometrien etäisyydelle puistoalueesta, etenkin pohjan läheisessä vesikerroksessa ja näin ollen vähäisiä vaikutuksia voi rakentamisen aikana ulottua Ruotsin puolelle. Vaihtoehtojen VE1 ja VE2 välillä ei ole merkittävää eroa rakentamisvaiheen sameusvaikutusten suhteen. On kuitenkin otettava huomioon, että rakennusvaiheen vesistömallinnus on tehty yliarviona maksimivaikutusperiaatteella siten, että koko tuulivoimapuiston rakentaminen tapahtuu yhtenä avovesikautena.

Toimintavaiheen aikaiset vaikutukset liittyvät sekä tuulivoimalan pohjan muokkausten ja voimalarakenteiden aiheuttamiin muutoksiin virtauksissa, aallonmuodostuksessa ja jääpeitteessä tuulivoimapuistoalueen sisällä. Vedyntuotannosta aiheutuu myös vähäistä paikallista lämpö- ja suolakuormitusta tuulivoimaloiden läheisyyteen. Tuulivoimaloiden aiheuttamalla pintatuulihäviöllä on laajempia, hankealueen ulkopuolelle ja Ruotsin puolelle ulottuvia vaikutuksia merialueen virtauksiin, kerrostumiseen, lämpötilaan ja aineiden kulkeutumiseen. Pääosin hydrodynaamiset muutokset arvioitiin mallinnuksen perusteella kuitenkin lieviksi, joskin kerrostuneisuuden osalta voi olla selkeää paikallista vaikutusta tuulivoimapuiston lähellä. Toimintavaiheen vaikutukset meriympäristöön (mm. hydrodynaamiset muutokset) arvioitiin rajat ylittävien vaikutusten osalta vähäisiksi.

Perämerelle on suunnitteilla useita merituulivoimahankkeita. Lainetta lähin hanke on Statkraftin Kappa -merituulivoimahanke, jonka lähin voimala on noin 1,8 km etäisyydellä Laineen voimalasta. Muista hankkeista mainittakoon Suomen puolen Lunni, Voima ja Reimari, jotka sijaitsevat samalla alueella Laineen kanssa, joten ne eivät voi toteutua samaan aikaan, samalla alueella.

Alustavien aikataulujen mukaan Kappan tuulivoimaloiden ja sähkön siirron rakentaminen ajoittuu Laineen rakentamisen jälkeen, joten näillä hankkeilla ei ole rakentamisen aikaisia vedenalaiseen luontoon kohdistuvia yhteisvaikutuksia. Laineen rakentaminen ajoittuu alustavien aikataulujen mukaan 2029–2031 ja Kappan 2031–2033. Ainoastaan merenpäällistä rakentamista aiheutuu samaan aikaan. Merituulivoimahankkeiden rakentaminen sijoittuisi alustavan aikataulun perusteella

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

pääosin eri ajanjaksolle ja siten rakentamisvaiheen **yhteisvaikutukset** vedenlaatuun ovat epätodennäköisiä. Sameuden leviämisen ja sedimentaatiolisäyksen mallinnuksessa havaittiin, että kiintoaines ei merkittävissä määrin leviä kovin kauas hankealueen ulkopuolelle, joten yhteisvaikutusten ilmeneminen edellyttäisi myös lähekkäin sijaitsevien kohteiden rakentamista samana ajankohtana. Hankkeiden välisellä koordinaatiolla ja rakennuskohteiden ja ajankohtien suunnittelulla voidaan ehkäistä yhteisvaikutuksia.

Laineen merituulivoimapuiston tapauksessa vedenalaisen melun kumulatiivisia vaikutuksia voi syntyä, jos samaan aikaan rakennetaan muita tuulivoimapuistoja tai muita hankkeita, jotka aiheuttavat vedenalaista melua. Koska Laineen ja Kappan vedenalainen rakentaminen ajoittuu eri vuosille, ei paalutusta tapahdu kahdella hankealueella samaan aikaan. Laine- ja Kappa-merituulivoimapuistojen rakentamisen aikaisten vedenalaiseen meluun liittyvien mahdollisten yhteisvaikutusten odotetaan siksi olevan olemattomia.

Tuulivoimala-alueilla on toimintavaiheessa todennäköisesti yhteisvaikutusta tuulimuutosten kautta. Laineen osalta mallinnukset osoittavat tuulihäviön vaikuttavan melko laajalla alueella merialueen pintavirtauksiin ja edelleen vesien sekoittumiseen ja sitä kautta lämpötilaan, suolaisuuteen ja kerrostumiseen. Kahden suuren hankkeen yhteisvaikutukset voivat karkeasti arvioituna paikoin kaksinkertaistaa virtausmuutosten voimakkuutta. Virtausmuutokset olisivat silti vain joitakin millimetrejä sekunnissa, joten muutos on lievä vaikkakin se voi olla laaja-alainen. Pintavirtausten hidastuminen voi aiheuttaa harppauskerroksen siirtymistä ylemmäs vesipatsaassa ja toisaalta virtausten kiihtyminen voi vaikuttaa päinvastaisesti. Kerrostuneisuusmuutokset voivat pahimmillaan heikentää syvänteiden happitilannetta ja altistaa merenpohjaa alhaisemmalle happipitoisuudelle. Alueen happitilanne on nykyään erinomainen, joten riski happitilanteen heikentymiselle arvioitiin vähäiseksi.

Laineen hankkeella on rajat ylittäviä vaikutuksia Ruotsin puolen **maisemaan**. Laineen merituulivoimapuiston etäisyys lähimpiin Ruotsin puolen saariin on noin 30 km ja etäisyys Ruotsin rannikolle noin 40 km.

Laineen merituulivoimapuisto voidaan havaita horisontissa Ruotsin puolen lähimpien maa-alueiden ja ulkosaarten kohdalla. Maiseman tarkastelupisteiden ja merituulivoimapuiston välinen pitkä etäisyys vaikuttaa merkittävästi siihen, miten suurena puiston aiheuttama muutos maisemassa koetaan; mitä kauempana merituulivoimapuiston sijaitsee, sitä lievempänä kielteinen muutos maisemassa koetaan. Laineen merituulivoimapuiston aiheuttama visuaalinen muutos maisemassa arvioitiin pieneksi tai enintään kohtalaiseksi.

Merituulivoimalat näkyvät rannikkovyöhykkeen ulkosaarilta hyvissä näkyvyysolosuhteissa, jolloin vaikutus arvioitiin kohtalaiseksi, koska voimalat voidaan kokea vastakohtaisina verrattuna saariston erityispiirteisiin (luonnonmaisema). Lähempänä Ruotsin rannikkoa visuaalinen vaikutus vähenee, mikä johtuu myös korkeammasta kasvillisuudesta ja pienemmästä maisematilasta (vähemmän avonaista maisemaa) alueilla, joilla on metsää sekä alueilla, joilla on jokimaisema ja viljelty maisema.

Ruotsin Korkea rannikon (”Höga kusten”) ja Suomen Merenkurkun saariston maailmanperintö muodostavat yhdessä paikan kokea ja ymmärtää maan kohoamista viimeisen jääkauden jälkeen. Maailmanperintökohde Korkea rannikko Ruotsin puolella on 127 kilometrin päässä lähimmästä Laineen merituulivoimalasta, eikä Laineen hanke vaikuta siten Ruotsin puolen maailmanperintökohteeseen visuaalisesti kielteisesti.

Laineen merituulipuiston keskeisimmäksi **linnustoon** kohdistuvaksi vaikutusmekanismiksi arvioitiin este- ja häiriövaikutukset, jotka aiheutuvat voimaloiden rakentamisesta ja toiminnasta sekä rakentamisen ja toiminnan aikaisesta ihmistoiminnasta, eli alusten liikkumisesta hankealueella. Muuttolinnustolle voimalat aiheuttavat ensisijaisesti estevaikutuksen, jonka seurauksena muuttoreitit voivat muuttua paikallisesti lintujen kiertäessä merituulipuiston. Vaikutuksen merkittävyys arvioitiin vähäiseksi kielteiseksi. Havaintojen perusteella muuttavat linnut lentävät ulkomerellä pääasiassa matalalla lähellä meren pintaa, jolloin voimaloiden aiheuttama törmäysriski jää hyvin

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

vähäiseksi. Pesimälinnuston osalta vaikutukset voivat rajoittaa ulkomerellä ruokailevien lintujen ravinnonhankintaa. Yksittäisistä lajeista merkittävimmät vaikutukset arvioitiin kohdistuvan merikotkaan, ja merikotkan osalta vaikutukset arvioitiin lajin törmäysherkkyyden ja hitaan lisääntymisen vuoksi merkittävyydeltään kohtalaisiksi kielteisiksi. Muuhun linnustoon vaikutukset arvioitiin merkittävyydeltään vähäisiksi kielteisiksi.

Laineen ja Ruotsin puolen Kappa-hankkeella arvioitiin olevan lisäksi rajat ylittäviä **linnustoon kohdistuvia yhteisvaikutuksia.** Vaikka hankealuerajausten välinen etäisyys on pieni, käytännössä voimaloista vapaa vyöhyke hankkeiden välissä on tätä suurempi. Hankealueiden välinen voimaloista vapaa sektori on lounais-koillis-suuntainen, eli käytännössä havaitun lintujen päämuuttosuunnan mukainen. Näin ollen arvioidaan, että mikäli lounaasta Laineen hankealuetta kohti muuttavat linnut lähtevät kiertämään Laineen kokonaisuutta länsipuolelta, hankealueiden välinen käytävä olisi riittävä sille, että linnut voivat muuttaa sitä kautta, eivätkä ne näin ollen lähtisi kiertämään myös Kappa-hankkeen voimaloita, mikä aiheuttaisi jo huomattavasti pidemmän kiertomatkan. Kokonaisuutena linnustoon kohdistuvien vaikutusten merkittävyyden ei arvioida kohoavan yhteisvaikutusten myötä, eli ne ovat merikotkan osalta merkittävyydeltään korkeintaan kohtalaiset ja muun linnuston osalta vähäiset.

Laineen hankkeen vaikutuksia **merinisäkkäisiin**, eli karkottuminen melun vuoksi, muodostuu pääasiassa rakentamisen aikana eikä hankevaihtoehtojen välillä ole merkittävää eroa. Vaikutukset ovat väliaikaisia sekä tilapäisiä ja niitä voidaan lieventää melua lieventävillä toimenpiteillä (kuplaverhot, karkottimien käyttö). Paalutusmelun vaikutuksen suuruus ja laajuus arvioitiin vähäiseksi negatiiviseksi, koska kyseessä on pieni osuus hylkeiden koko elinalueesta ja vaikutus siihen on tilapäinen, eli vaikka vaikutusmatkat ovat suhteellisen pitkiä (19,1 km), käyttäytymisen välttämisvasteiden esiintymisen todennäköisyys on pieni. Kaiken kaikkiaan Laineen merituulivoimapuiston hankealueella paaluajon aiheuttaman vedenalaisen melun seurausten arvioitiin olevan vähäistä hylkeille, eikä se vaikuta hyljekantoihin lyhyellä eikä pitkällä aikavälillä myöskään Ruotsin puolella.

Rakentamisen aikaiset yhteisvaikutukset Kappa-hankkeen kanssa merinisäkkäille ovat toiminnanaikaisia suuremmat ja muodostuvat ensisijaisesti rakennustöistä, ruoppauksesta ja pohjan muokkaamisesta aiheutuneesta vedenalaisesta melusta, sekä räjäytyksistä, kun työvaiheita tehdään useammassa eri hankkeissa samanaikaisesti. Tämänhetkisten tietojen perusteella Kappan hankkeen vesistörakentaminen kuitenkin ajoittuu eri vuosille kuin Laineen.

Toiminnan aikaiset yhteisvaikutukset merinisäkkäisiin ovat rakentamisen aikaisia vaikutuksia vähäisemmät. Yhteisvaikutusten voimakkuutta lisää tuulivoimapuistojen läheinen sijainti, jolloin yhtenäinen vaikutusalue on laajempi. Toiminnan aikaiset yhteisvaikutukset muodostuvat pääasiassa turbiinien toimintaan liittyvästä vedenalaisesta melusta sekä tärinästä ja mahdollisista muutoksista alueen jääolosuhteissa ja veden virtauksissa, joilla voi olla vaikutusta merinisäkkäiden elinolosuhteisiin.

Hankkeen toiminnan päättyessä merituulivoimalat ja merisähköasemat, sekä niiden yhteydessä mahdollisesti olevat vedyntuotantolaitokset poistetaan kokonaan käyttäen vastaavanlaisia menetelmiä kuin asennuksessa, mutta käänteisessä järjestyksessä. Perustukset voidaan poistaa osittain tai kokonaan. Osittain poistettaessa poisto tehdään merenpohjan tasoon tai juuri sen alapuolelle saakka jäljelle jäävän osan jäädessä paikalleen. Vaikutukset vedenlaatuun, pohjaan, vesikasvillisuuteen, pohjaeläimistöön ja luontotyyppeihin ovat siten samanlaisia kuin rakennusvaiheessa. Mikäli perustukset jätetään osittain paikalle, on vaikutus pienempi, koska veden sameutuminen on vähäisempää ja näin ollen myös rajat ylittävä vaikutukset vähäisempiä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

23 VAIKUTUKSET TOIMINNAN JÄLKEEN

Merituulivoimapuiston elinkaaren viimeinen vaihe on sen käytöstä poisto sekä merituulivoimapuistosta syntyvien laitteiden kierrättäminen ja jätteiden käsittely. Merituulivoimaloiden toiminnan arvioidaan kestävän noin 35 vuotta mm. teknologian kehityksen myötä. Tuulivoimaloiden käyttöikää voidaan pidentää mm. koneistoja ja komponentteja uusimalla.

Merituulivoimapuiston käytöstäpoiston menetelmissä noudatetaan kulloinkin voimassa olevaa lainsäädäntöä ja parhaita käytäntöjä siten, että tuulivoimapuisto ennallistetaan siinä määrin kuin se on tarpeen. Käytöstäpoiston vaiheen aikana pyritään minimoimaan ympäristövaikutukset. Käytöstä poiston toimenpiteistä vastaa tuulivoimatoimija.

Tuulivoimalat ja merisähköasemat on tarkoitus purkaa ja poistaa kokonaan käyttäen vastaavanlaista alusta ja menetelmiä (käänteisessä järjestyksessä) kuin asennuksessa. Perustukset voidaan poistaa osittain tai kokonaan. Osittain poistettaessa poisto tehdään merenpohjan tasoon tai juuri sen alapuolelle saakka jäljelle jäävän osan jäädessä paikalleen. Kaapelit poistetaan tai jätetään turvallisesti paikalleen. Jos kaapelien poisto on tarpeen, prosessi on olennaisilta osin sama kuin kaapelia laskettaessa, mutta tapahtuu käänteisessä järjestyksessä. Merenpohjaa häiritään tällöin kaapeleita esiin nostettaessa. Mahdollinen eroosiosuojaus jää todennäköisesti paikalleen, koska valtaosan oletetaan uponneen merenpohjaan, jolloin sen poistamisesta koituisi suurempaa vahinkoa kuin sen jättämisestä alueelle.

Tuulivoimalasta yli 80–95 % voidaan nykyaikana kierrättää. Massiivisimmat komponentit ovat metallia ja siten yksinkertaisia kierrättää. Toistaiseksi vaikeimmin kierrätettävä osa ovat voimalan lavat. Voimalavalmistajat ovat kuitenkin jo julkaisseet suunnitelmiaan kokonaan kierrätettävistä lavoista ja lisäksi kehitteillä on teknologioita lapojen kierrättämiseen.

Käytöstäpoiston vaikutukset on käsitelty vaikutusaluekohtaisesti kunkin arviointiosion yhteydessä.

24 NOLLAVAIHTOEHDON VAIKUTUKSET

Nollavaihtoehdossa hanketta ei toteuteta eli merituulivoimapuistoa eikä siihen liittyviä muita toimintoja rakenneta. Nollavaihtoehdossa rakentamisen ja toiminnan ympäristövaikutukset eivät toteudu, mutta myöskään hankkeen positiiviset vaikutukset esimerkiksi aluetalouteen eivät toteudu. Nollavaihtoehdossa merituulivoimahanke ei edesauta Suomen energiaomavaraisuutta tai pyrkimyksiä lisätä uusiutuvan energian tuotantoa sekä siten vähentää haitallisia päästöjä ja ilmastovaikutuksia sekä tuontienergiasta riippumattomuutta.

Alueen luonnonoloihin ja ihmisten viihtyvyyteen voivat kuitenkin aiheuttaa vaikutuksia alueelle suunnitellut muut hankkeet, vaikka Laineen merituulivoimapuisto ei toteutuisikaan.

Hankkeen toteuttamatta jättämisen vaikutukset on käsitelty vaikutusaluekohtaisesti kunkin vaikutusarviointiosion yhteydessä.

Hankkeen toteuttamatta jättämisen vaikutukset ilmastoon on käsitelty luvussa 13 ja muiden vaikutusten osalta myös kunkin vaikutusarviointiosion yhteydessä.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

25 HAITALLISTEN VAIKUTUSTEN EHKÄISY JA LIEVENTÄMISKEINOT

Hankkeesta aiheutuvien vaikutusten ehkäisy- ja lieventämiskeinoja on käsitelty kunkin vaikutusarviointiosion yhteydessä.

26 EHDOTUS SEURANTAOHJELMAKSI

Ympäristönsuojelulain (YSL 86/2000) mukaan toiminnan harjoittajan on oltava selvillä toimintansa ympäristövaikutuksista. Ympäristölupapäätös yleensä edellyttää suurissa hankkeissa vaikutusten seurantaohjelmaa. Seurannan tavoitteena on:

- Tuottaa tietoa hankkeen vaikutuksista
- Selvittää, mitkä muutokset ovat seurauksia hankkeen toteuttamisesta
- Selvittää, miten vaikutusten arvioinnin tulokset vastaavat todellisuutta
- Selvittää, miten haittojen lieventämistoimet ovat onnistuneet
- Käynnistää tarvittavat toimet, mikäli ennakoimattomia, merkittäviä haittoja esiintyy.

Tarkkailua koskevat velvoitteet määrätään hankkeen lupapäätöksen lupaehdoissa ja ympäristöviranomainen hyväksyy virallisen tarkkailuohjelman.

YVA-selostuksessa tulee esittää ehdotus hankkeen seurantaohjelmaksi. Seuranta kattaa keskeisimmät ympäristöön kohdistuvat vaikutukset, jotka ovat nousseet esiin ympäristövaikutusten arvioinnin laatimisen aikana. Seurannalla saadaan tietoa tuulivoimaloiden rakentamisen ja toiminnan aikaisista vaikutuksista.

Tässä luvussa on esitetty yleispiirteinen suunnitelma hankkeen ympäristövaikutusten seurantaohjelman sisällöstä. Seurantaohjelma tarkentuu hankkeelle haettavien vesilain (587/2011) ja ympäristönsuojelulain (527/2014) mukaisten lupien yhteydessä ja se hyväksytetään aina ELY-keskuksella ennen rakentamisen aloittamista.

26.1 Linnusto

Linnuston osalta vaikutusarvioinnin merkittävin epävarmuus on hankealueen kautta kulkevan lintujen muuton vuosittaisvaihtelu sekä lintujen yömuutosta oleva puutteellinen tietämys. Tietoa lintujen käyttäytymisestä ulkomerelle sijoittuvalta merituulivoimapuistoalueelta ei Suomen oloissa tällä hetkellä ole.

Linnuston osalta selvityksiä tulee täydentää seuraavissa lupavaiheissa sekä rakentamisen ja toiminnan aikaisissa linnustonseurannoissa. Ennen rakentamista toteutettavat tarkkailut toimivat seurantojen lähtötietoina ja täydentävät olemassa olevaa ja selvitysten aikana hankittua tietoa Laineen alueen tilanteesta ennen merituulivoimapuiston rakentamista. Seuraamalla merituulivoimapuiston alueella tapahtuvaa lintujen muuttoa ja ruokailulentoja sen rakentamisen ja käytön aikana voidaan saada merkittävää tietoa, miten alueella liikkuvat linnut käyttäytyvät voimaloiden vaikutusalueella. Täydentäviä tarkkailuita ja seurantoja kohdennetaan mahdollisuuksien mukaan myös yömuuton havaitsemiseen lintututkan tai muun vastaavan tekniikan avulla. Tulosten perusteella pyritään osoittamaan mahdolliset toimenpiteet, joilla varmistetaan, että hankkeen toteuttaminen ei aiheuta merkittäviä vaikutuksia muuttaviin, ruokaileviin tai levähtäviin lintuihin.

Yksittäisistä lajeista merkittävimpien vaikutusten arvioidaan kohdistuvan merikotkaan, kun ne kerääntyvät alueelle hylkeiden synnyttämisen aikaan keväällä. Myöskään tämän ilmiön toistuvuudesta tai vaihtelusta ei ole olemassa olevaa tietoa. Tietoa ei myöskään ole hylkeiden reagoinnista merituulivoimaan jäisissä olosuhteissa tai että kuinka merituulivoimapuisto voi muuttaa alueen jääolosuhteita ja siten hylkeiden käyttäytymistä. Merituulivoimapuiston vaikutuksia alueen jääolosuhteisiin ollaan kuitenkin tutkimassa mm. Aalto-yliopiston toimesta. Kohdistamalla seurantoja

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

alkukevään jäiseen aikaan saataisiin merkittävää lisätietoa merikotkien käyttäytymisestä merituulivoimapuiston alueella, ja mikäli törmäyksiä todetaan, siihen voitaisiin reagoida törmäysvaikutuksia lieventäviä toimenpiteitä toteuttamalla.

Teknisten menetelmien, kuten lintutukien, osalta tapahtuu jatkuvaa kehitystä, ja käytettävät tarkkailu- ja seurantamenetelmät ja käytettävät tekniikat valitaan myöhemmin yhteistyössä asiantuntijoiden ja hanketta valvovan viranomaisen kanssa.

26.2 Melu

Meluseurantaa voidaan tarvittaessa toteuttaa mittauksin seuraavissa kohteissa:

- Vedenalaisen melun seurantaa kahdessa mittauspisteessä merituulivoimapuiston alueella, joista toinen voi sijaita hankealueen Ruotsin puoleisella reunalla, jotta yhteisvaikutukset Ruotsin puolella sijaitsevan Kappan hankkeen kanssa saadaan selville (mikäli rakentaminen ajoittuisi samoille vuosille) ja toinen Suomen rannikon puoleisella reunalla. Mittausjaksot ajoitetaan pohjarakentamisen ajalle (etenkin mahdolliset paalutus- ja räjäytysvaiheet) sekä merituulivoimapuiston toiminnan ajalle, kun kaikki voimalat ovat toiminnassa samaan aikaan. Mikäli energiansiirtoreiteillä joudutaan räjäyttämään kalliota, ehdotetaan melutarkkailua myös sen reitille ainakin yhden räjäytyskohteen lähelle.
- Toimintavaiheen aikana tarvittaessa meluseurantaa voidaan toteuttaa lähimmissä altistuvissa kohteissa YM:n ohjeen 4/2014 mukaisesti. Koska olosuhde voi olla signaali-kohinasuhteelle vaativa (heikko signaali ja voimakas taustamelu tuulen ja aallokon melun vuoksi), on mittaus suoritettava huolellisesti ja todennäköisesti hieman etäällä rantaviivasta aallokkomelun vähentämiseksi. Lisäksi suositellaan mittauksien tekemistä hieman pienemmän tuulennopeuden vallitessa, jolloin tulokset referenssituulella voidaan ekstrapoloida regressiotuloksista. Ohjeet antavat tähän mahdollisuuden.

Lisäksi hankkeen vedenpäällisen melun mallia voidaan tarkentaa esim. vesilupavaiheessa toteutettavan voimalatyypin melutakuutiedoilla, mikäli se poikkeaa tässä esitetystä.

26.3 Vesistö, vedenalainen luonto ja kalasto

Merituulivoimapuiston ja mahdollisen vedyn tuotannon sekä sähkönsiirtokaapeleiden ja/tai vetyputken rakentamisen aikaisten vaikutusten seuraamiseksi tehdään veden samentumista aiheuttavien työvaiheiden aikana **vedenlaadun tarkkailua**. Tarkkailu toteutetaan esimerkiksi yhdistämällä jatkuvatoimiset automaattimittaukset määräajoin otettaviin vesinäytteisiin. Seurantaa tehdään työkohteiden läheisyydessä eri syvyyksillä huomioiden olennaiset seurantaparametrit. Veden laatua tarkkaillaan töiden aikana silloin, kun tehdään vettä samentavia töitä kuten ruoppaukset ja kaapeli-/vetyputkien ojan kaivuu. Tarkkailupisteiden lukumäärä suunnitellaan myöhemmin.

Tarkkailua suoritetaan ottamalla vesinäytteet työkohteen läheisyydestä noin 50 metrin etäisyydeltä pinnasta (1 m), metri pohjan yläpuolelta sekä vesimassan puolivälistä, jos vesisyvyys on yli 6 metriä. Näytepiste valitaan kentällä vallitsevan pintavirtauksen mukaan siten, että se edustaa mahdollisimman hyvin rakentamisen aikaisen kuormituksen leviämistä. Näytteistä määritetään ainakin lämpötila, sähkönjohtavuus, pH, sameus, kiintoaine, kokonaisfosfori, fosfaattifosfori, kokonaistyppi ja happipitoisuus.

Mikäli vesialue on silminnähden samentunut, otetaan lisänäytteitä sameuden leviämissuuntaan noin 200–300 metrin välein, kunnes selvää samentumaa ei enää havaita. Näytteiden lisäksi kirjataan sääolosuhde ja aistinvaraiset havainnot vedenlaadusta ja valokuvataan kohteet.

Rannikkoalueilla tarkkailua voidaan yhdistää olemassa oleviin yhteistarkkailuihin esimerkiksi Kokkolan edustalla, jolloin säännöllisessä tarkkailussa olevien pisteiden aiempaa aineistoa voidaan

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

myös hyödyntää vertailussa. Näytteenottojen yhteydessä mitataan myös näkösyvyyttä sekä seurataan silmämääräisesti mahdollisia samentumia pinnassa.

Tarkkailua esitetään tehtäväksi kerran, noin 2 viikkoa ennen töiden aloittamista ja töiden aikana noin kahden viikon välein. Poikkeustilanteissa konsultoidaan viranomaista ja järjestetään tarvittaessa ylimääräisiä tarkkailukertoja.

Tarkkailun tulokset raportoidaan valvovalle viranomaiselle vuosittain tarkkailuvuotta seuraavan kalenterivuoden aikana. Raportoinnissa hyödynnetään myös Suomen ympäristökeskuksen avoimia satelliittiaineistoja (TARKKA-palvelu).

Töiden vaikutuksia ja samentumia seurataan myös rakennustyömaalla urakoitsijan toimesta pitämällä työmaapäiväkirjaa, johon kirjataan samentavia töitä tehtäessä sääolosuhteet, työskentelyajankohdat, töiden laatu, joilla voi olla vaikutusta veden laatuun. Lisäksi kirjataan vesistön käyttöä rajoittavat toimenpiteet. Työmaapäiväkirjaa säilytetään vähintään viisi vuotta töiden päättymisestä. Työmaapäiväkirja esitetään pyynnöstä valvovalle viranomaiselle.

Tuulivoimaloiden toiminnan aikaista veden laadun seurantaa ei esitetä tehtäväksi. Vedyn tuotannon toiminnan ajan seurannan osalta ehdotetaan tarkkailtaviksi parametreiksi mm. lämpökuormaa ja suolapitoisuutta. Toiminnan ajan tarkkailua ehdotetaan tehtävän noin 4 kertaa vuodessa perusteena ulkomerialueella sijaitsevan vedyn tuotannon kuormituksen arvioilta vähäiset ja paikalliset vaikutukset.

Pohjaeläinseurantaa toteutetaan pehmeillä pohjilla sekä tuulivoimapuiston että valittujen energiansiirtoreittien alueella ennen ja jälkeen rakentamisen. YVA-vaiheessa hankitut näytteet toimivat osaltaan ennakkotarkkailuna. Koska YVA-vaiheessa on jo kartoitustietoa useammalta vuodelta, ehdotetaan ennen rakentamista otettavan vain yhdet näytteet, jolloin saadaan tietoa vuosien välisestä vaihtelusta täydentämään aiemmin otettua näytesarjaa. Rakentamisen jälkeen ehdotetaan otettavan yhdet näytteet. Toiminnan aikaista pohjaeläinten tarkkailua ehdotetaan tehtävän kerran esimerkiksi 2 vuotta puiston toiminnan alkamisen jälkeen, jolloin saadaan yleiskäsitys alueen pohjaeläimistön elpymisestä rakentamisen jälkeen ja ovatko pohjaeläimet kolonisoineet pehmeiden pohjien alueet rakentamisen jälkeen (mm. alueilla, missä energiansiirtorakenteet uppoavat pohjaan ja päälle kertyy pehmeätä sedimenttiä).

Merituulivoimapuiston rakentamisaikaisten ja toiminnanaikaisten vaikutusten seuraamiseksi ehdotetaan toteutettavan vesikasvi- ja levälajien sekä luontotyyppien tarkkailua sukelluslinjojen ja/tai drop-videokartoitusten avulla sekä matalilla alueilla kahlaten/pintasukeltamalla avovesikausina koko rakentamisen ajan yhden kerran per kausi. Tarkkailussa seurataan silmämääräisesti lajiston kehitystä sekä sedimentaation määrää pohjalla ja kasvillisuuden päällä. Tarkkailupisteet sijoitetaan hankealueen riutoille, jotta voidaan seurata rakentamisen aiheuttaman sekä virtausten muutoksista mahdollisesti aiheutuvien sedimentaation muutosten vaikutusta alueen riuttoihin ja vedenalaisiin hiekkasärkkiin.

Kaapeli- ja vetyputkireittien varrella tai niiden alueella sijaitseville suojelualueille ehdotetaan perustettavan kasvillisuuden sukelluslinjoja, joiden avulla seurataan hankkeen rakentamisen aikaisia vaikutuksia lajistoon ja luontotyyppeihin sekä sedimentaation määrää. Sukelluslinjat ovat samalla alueella vuodesta toiseen. Lisäksi rantautumisalueilla tapahtuvia muutoksia lajistoon tulee seurata.

Seurantalinjat kartoitetaan ennen rakentamisen aloittamista, rakentamisen aikana sekä rakentamisen päätyttyä sekä toiminnan aikana säännöllisin väliajoin. Tulosten perusteella voidaan arvioida mahdollisten muutosten haitallisuutta ja muuttaa rakentamisen toimintatapoja tarvittaessa (esimerkiksi lisätä sameuden ja kiintoaineen suojausrakenteita merialueelle tai muuttaa energiansiirtoreitin asennustapaa).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Seurantojen tulosten avulla voidaan saada perustietoa merituulivoimahankkeen vaikutuksista vedenalaiseen meriluontoon, jollaista Suomen rannikolta ei tällä hetkellä kovinkaan paljon ole olemassa. Tämä edesauttaa merituulivoimahankkeiden vaikutusten arviointia tulevaisuudessa.

Rakentamiseen liittyvän meriläjityksen vaikutuksia seurataan ennen läjityksen aloittamista, läjityksen aikana ja sen loputtua, kunnes vaikutuksia ei enää havaita. Läjitysalueen seuranta sisältää mm. sameuden ja veden laadun tarkkailun.

Kalataloustarkkailua toteutetaan kirjanpitokalastuksen sekä kalastustiedustelun avulla. Kaupallisten kalastajien saaliiden tarkkailulla arvioidaan hankkeen vaikutusta kaupallisesti merkittäviin kalalajeihin, erityisesti vaelluskaloihin ja silakkaan. Tarkkailua toteutetaan ennen ja jälkeen rakentamisen ja käytön aikana myöhemmin valitun aluejaon mukaisesti.

Vaelluskalojen käyttäytymistä ja mahdollista vaellusreittien muutosta selvitetään edellisen lisäksi vapaa-ajankalastajille tehtävien haastatteluiden tai kyselyiden avulla 3 vuotta merituulivoimapuiston käyttöönoton jälkeen. Kysely kohdennetaan alueella kalastaville. Yleisellä tasolla on käyty keskustelua mahdollisesta kalataloudellisesta yhteistarkkailusta, jossa huomioitaisiin myös vaelluskalat.

Seurannan menetelmistä ja seurantatiheydestä sovitaan tarkemmin ELY-keskuksen kanssa vesilupavaiheessa ja tarkempi seurantaohjelma hyväksytetään ELY-keskuksella ennen rakentamisen aloittamista.

26.4 Ihmisten elinolot ja maisema

YVA-menettelyn yhteydessä laadittu asukaskysely toistetaan kolmen kokonaisen toimintavuoden jälkeen. Kyselyn tarkoituksena on kerätä vakituisten ja vapaa-ajan asukkaiden näkemyksiä merituulivoimapuiston vaikutuksista liittyen ihmisten elinoloihin, viihtyvyyteen, virkistyskäyttöön ja koettuihin maisemavaikutuksiin.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

27 TERMIT JA LYHENTEET

YVA-ohjelmassa on käytetty seuraavia termejä ja lyhenteitä:

TERMI	SELITE
Aluevesiraja	Aluevedet jakautuvat sisäisiin aluevesiin ja ulkoisiin aluevesiin eli aluemereen. Aluemeri kuuluu valtion hallintaan, ulkoisen alueveden raja = valtioiden raja
CO_2	Hiilidioksidi.
dB(A), desibeli	Äänenvoimakkuuden yksikkö. Kymmenen desibelin (= 1 beli) nousu melutasossa tarkoittaa äänen energian kymmenkertaistumista. Melumittauksissa käytetään eri taajuuksia eri tavoin painottavia suodatuksia. Yleisin on niin sanottu A-suodatin, jonka avulla pyritään kuvaamaan tarkemmin äänen vaikutusta ihmiseen.
ELY-keskus	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus.
Energiansiirtoreitti	Energiansiirtoreitillä viitataan joko sähköä siirtävään merikaapeliin tai vetyä siirtävään vetyputkeen. Sitä käytetään vain reiteistä, joiden osalta tarkastellaan sekä merikaapelia että vetyputkea.
FINIBA-alue	Kansallisesti tärkeä lintualue (Finnish Important Bird Area).
IBA-alue	Kansainvälisesti tärkeä lintualue (Important Bird and Biodiversity Area).
IUCN	Kansainvälinen luonnonsuojeluliitto IUCN (The International Union for Conservation of Nature) on kansalaisjärjestöjen ja valtiojäsenten muodostama verkosto. Se edistää luonnonsuojelua ja luonnonvarojen ekologisesti kestävää käyttöä.
Hankealue	Hankealueella tarkoitetaan tässä YVA-selostuksessa merialuetta, jolle tuulivoimalat sijoitetaan sekä merikaapelireittien, vetyputkireittien ja mantereen sähkönsiirron alueita. Lisäksi hankealue käsittää meriläjitysalueet.
kV	Kilovoltti, jännitteen yksikkö.
L_{Aeq}	Ympäristömelun häiritsevyyden arviointiin käytetään äänen A-äänitasoa. A-painotus on tarkoitettu ihmisen kokeman meluhäiriön arviointiin. Kun pitkän ajanjakson aikana esiintyvää vaihtelevaa melua ja ihmisen kokemaa terveys- tai viihtyvyyshaittaa kuvataan yhdellä luvulla, käytetään keskiäänitasoa. Keskiäänitason muita nimityksiä ovat ekvivalentti A-äänitaso ja ekvivalenttitaso, ja sen tunnus on LAeq. Keskiäänitaso ei ole pelkkä melun äänitason tavallinen keskiarvo. Määritelmään sisältyvä neliöön korotus merkitsee, että keskimääräistä suuremmat äänenpaineet saavat korostetun painoarvon lopputuloksessa.
MAALI-alue	Maakunnallisesti tärkeä lintualue.
Mitigointi	Mitikointi tai mitigointi liittyy riskien hallintaan. Se tarkoittaa erilaisten riskien ja uhkien vaikutuksien vähentämistä ja niiden keinojen esittelyä.
m mpy	Metriä meren pinnan yläpuolella.
MW	Megawatti, energian tehoyksikkö (1 MW = 1 000 kW).
MWh (GWh, TWh)	Megawattitunti (gigawattitunti), energian yksikkö (1 GWh = 1000 MWh, 1 TWh = 1000 GWh).
OUV	Alueen erityiset yleismaailmalliset arvot (ns. OUV), joita käytetään UNESCOn maailmanperintöalueiden määrittelyssä.
Plyymi	Päästölähteestä jatkuvasti purkautuvien, ilma- tai vesivirran mukana ilmassa, maassa tai vedessä kulkeutuvien aineiden vuo.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Resuspensio	Sedimentin ja kiintoaineen siirtyminen sedimentistä takaisin vesifaasiin.
SAC-alue	Luontodirektiivin perusteella Natura 2000-verkostoon valittu alue (Special Areas of Conservation).
SPA-alue	Lintudirektiivin perusteella Natura 2000-verkostoon valittu alue (Special Protection Area).
Suspendoituminen	Suspensio = vesi (tai muu neste), johon on sekoittunut sedimentoitumattomia ja kellumattomia hiukkasia. Suspendoituminen = aineen erottuminen nesteestä.
SVA	Sosiaalisten vaikutusten arviointi.
Talousvyöhyke	Suomen talousvyöhyke on merialue, joka sijaitsee Suomen aluevesien ulkopuolella, mutta jossa Suomen valtiolla on oikeus elollisten ja elottomien luonnonvarojen tutkimiseen ja hyödyntämiseen. Talousvyöhykkeellä myös sovelletaan Suomen lakia meriympäristön suojelussa. Kaikilla valtioilla on vyöhykkeellä merenkulun ja ylilennon vapaus
Vanahäviö	Turbiini hidastaa tuulta ja tämän hidastuneen tuulen siipiinsä saa seuraava turbiini, jos se sijaitsee kyseisen turbiinin takana. Tällaista tapahtumaa kutsutaan vanahäviöksi. Ilmiötä voidaan vähentää sijoittamalla voimalat riittävän etäälle toisistaan.
Varovaisuusperiaate	Varovaisuusperiaate eli ennalta varautumisen periaate tarkoittaa, että epäiltäessä toiminnon aiheuttavan vakavaa haittaa terveydelle tai ympäristölle, ympäristöä tai terveyttä suojeleviin toimenpiteisiin ryhtymistä ei saa estää se, ettei haitoista ole täyttä tieteellistä varmuutta
YVA-ohjelma	YVA-ohjelmassa esitetään hankealueen nykytila sekä suunnitelma siitä mitä vaikutuksia YVA-selostusvaiheessa selvitetään ja miten selvitykset tehdään.
YVA-selostus	YVA-selostuksessa esitetään vaikutusarvioiden tulokset ja vertaillaan niitä hankevaihtoehdoittain. Selostuksessa esitetään myös ympäristövaikutusten lieventämiskeinot sekä kuvaus vaikutusten seurannasta.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

28 LÄHDELUETTELO

AFRY Finland Oy 2023. Laineen merituulivoimapuiston merikaapelien ja vetyputkien rantautumispaikkojen sekä mantereen voimajohtojen luontoselvitykset 2022 & 2023.

Ahlén, I., Baagøe, H.J. & Bach, L. 2009. Behavior of Scandinavian Bats during Migration and Foraging at Sea. Journal of Mammalogy 90: 1318–1323.

Ahtiainen, A. 2022. Linnustokatsauksia, haahka. [https://kiilinmeri.fi/?page_id=63] (1.10.2023).

Airaksinen & Karttunen 2001 (toim). Natura 2000-luontotyyppiopas. Ympäristö-opas 46.

Andersson, M., Andersson, S., Ahlsén, J., Andersson, B.L., Hammar, J., Persson, L.K., Phil, J., Sigray, P. & Wikström, A. 2016. A framework for regulating underwater noise during pile driving. A technical Vindval report, ISBN 978-91-620-6775-5, Swedish.

Arctia Meritaito 2023. Geophysical survey 2022 Laine-Hydrogen pipe OX2 Final Report v1.1. 42 s. + liitteet.

Arnkil, A., Hoikkala, J. & Sahla, M. (toim.) 2019. Suojelualueet merialuesuunnittelussa – suositus suojelualueiden huomioimiseksi. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja a 231.

Band, W., Madders, M. & Whitfield, D.P. 2007. Developing field and analytical methods to assess avian collision risk at wind farms. Teoksessa: de Lucas, M., Janss, G. & Ferrer, M. (toim.) 2007: Birds and Wind Farms. Risk assessment and mitigation. Lynx Editions, Barcelona. s. 259−275.

Batlife Sweden 2022. Om fladdermöss. https://batlife-sweden.se/om_oss/om-foreningen/. (20.6.2024)

Bellmann, M. A., May, A., Wendt, T., Gerlach, S., Remmers, P. & Brinkmann, J. 2020. Underwater noise during percussive pile driving: Influencing factors on pile-driving noise and technical possibilities to comply with noise mitigation values. Oldenburg, Germany: ITAP.

Bergström, L., Kautsky, L., Malm, T., Ohlsson, H., Wahlberg, M., Rosenberg, R., & Åstrand Capetillo, N. 2012. Vindkraftens effecter på marint liv. En syntesrapport. Vindval Rapport 6488. Stockholm: Naturvårdsverket.**BIAS 2014.** Baltic Sea information on the Acoustic Soundscape. BIAS LIFE ENV/SE/841. [https://biasproject.wordpress.com/downloads/deliverables/]

BIAS 2014. Baltic Sea information on the Acoustic Soundscape. BIAS LIFE ENV/SE/841. [https://biasproject.wordpress.com/downloads/deliverables/]

Bolin, K. 2012. The Influence of Background Sounds on Loudness and Annoyance of Wind Turbine Noise. Acta Acustica united with Acustica, Vol 98 (2012) pages 741-748.

Bonnin Sopimus 1979. Bonn Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals, CMS 23.6.1979, ratifioitu 1983. [https://www.cms.int/en/cms-instruments/agreements] (19.10.2023).

Boverket (2021). Yrkesfiske. [https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/oversiktsplan/allmanna-intressen/hav/maritima-naringar/yrkesfiske/] (1.8.2021)

Boverket 2009. Vindkraftshandboken, Planering och prövning av vindkraftverk på land och i kustnära vattenområden, 2009.

Bradaric, M., Kranstauber, B., Bouten, W., van Gasteren, H., & Baranes, J. S. 2024. Drivers of flight altitude during nocturnal bird migration over the North Sea and implications for offshore wind energy. Conservation Science and Practice, e13114. [https://doi.org/10.1111/csp2.13114]

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Bruderer, B., Peter, D. & Korner-Nievergelt, F. 2018. Vertical distribution of bird migration between the Baltic Sea and the Sahara. J Ornithol 159, 315–336 (2018). [https://doi.org/10.1007/s10336-017-1506-z]

Bryhn A. (2021) (toimittanut). Fisk- och skaldjursbestånd i hav och sötvatten 2020. Rapport 2021:6 [https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/aqua/externwebb/sidan-publikationer/resursoversikten/resursoversikt-2020-2021-02-15.pdf] (2.6.2024)

Cresci, A., Perrichon, P., Durif, C. M. F., Sørhus, E., Johnsen, E., Bjelland, R., Larsen, T., Skiftesvik, A. B., & Browman, H. I. 2022. Magnetic fields generated by the DC cables of offshore wind farms have no effect on spatial distribution or swimming behavior of lesser sandeel larvae (Ammodytes marinus). Marine Environmental Research, 176.

COWI 2023. Laine offshore wind farm. Conceptual geological model. Report. September 2023. Luottamuksellinen aineisto.

Danish Government 2015. Miljöministeriet Naturstyrelsen. Vejledning om planlægning for og tilladelse til opstilling af vindmoller.

DEFRA 2023. Conversion factors. [https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2022]

Desholm, M. & Kahlert, J. 2005. Avian collision risk at an offshore wind farm. Biology Letters 1: 296–298.

Dierschke, V., Furness, R. W. & Garthe, S. 2016. Seabirds and offshore wind farms in European waters: Avoidance and attraction. Biological Conservation, 202: 59–68.

Dietz, R., Teilmann, J. & Henriksen, O.D. 2000. EIA study of offshore wind farm at Rødsand - Technical report about seals. Ministry of the Environment and Energy & National Environmental Research Institute, 67 s

Dietz, R., Teilmann, J., Henriksen, O.D. & Laidre, K. 2003. Movements of seals from Rødsand seal sanctuary monitored by satellite telemetry. NERI Technical report No. 429. Denmark.

Dodd J. & Briers A.B. 2021. The Impact of Shadow Flicker or Pulsating Shadow Effect, Caused by Wind Turbine Blades, on Atlantic Salmon (Salmo salar) CD2020_08. Scotland's Centre of Expertise for Waters (CREW)

Dunlop, E. S., Reid, S. M., and Murrant, M. 2016. Limited influence of a wind power project submarine cable on a Laurentian Great Lakes fish community. Journal of Applied Ichthyology, 32(1), 18-31.

Døving, K.B. & Stabell, O.B. 2003. Trails in Open Waters, Sensory Cues in Salmon Migration. Teoksessa: Collin, S.P. & Marshall, N.J. (toim.), Sensory processing in Aquatic Environments. Springer, New York, ss. 39–52.

Ecoinvent 3.9.1. Electricity production, wind, 1–3 MW turbine, offshore – FI.

EFLA 2018. Life cycle assessment for transmission towers. A Comparative study of three tower types. 20.02.2018. LIFE CYCLE ASSESSMENT FOR TRANSMISSION TOWERS · Transmission towers, life cycle assessment, carbon footprint, environmental impacts, Statnett is developing prototypes for new types - [PDF Document] (documents.pub).

EHB, European Hydrogen Backbone 2023. IMPLEMENTATION ROADMAP — CROSS BORDER PROJECTS AND COSTS UPDATE. [https://ehb.eu/files/downloads/EHB-2023-20-Nov-FINAL-design.pdf]

Ekebom, J., Korpinen, S., Laamanen-Nicolas, L. ja Suomela, J. 2024. Merenhoidon ympäristötavoitteiden tarkistaminen 2024. Tausta-asiakirja merenhoidon kolmannen toimeenpanokierroksen ensimmäiseen osaan

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Elimförsamlingen i Jakobstad 2023. Svedja lägergård. [https://www.elim.fi/svedja/] (27.10.2023).

EMODnet 2022. Human activities. The European Marine Observation and Data Network. www.emodnet-humanactivities.eu/view-data.php (6.10.2022).

EMODNET 2024. Karttapalvelu. Viitattu 5.1.2024

Energimyndigheten & Länsstyrelserna 2024. Vindbrukskollen -karttapalvelu. Energimyndigheten ja Länsstyrelserna. [https://vbk.lansstyrelsen.se/] (2.4.2024).

Energistyrelsen 2022 (April). Guideline for underwater noise - installation of impact-driven piles. København: ens.dk.

Eolus 2023. Aurum vindkraftpark. Samrådsunderlag avgränsningssamråd och Sevesosamråd. 2023-05-03. [https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Samr%C3%A5dsunderlag%20Aurum%203.5.2023.pdf] (3.5.2024).

EPA (United States Environmental Protection Agency) 2023a. What is Acid Rain? [https://www.epa.gov/acidrain/what-acid-rain] (3.11.2023).

EPA 2023b. Climate Change Indicators: Snow and Ice [https://www.epa.gov/climate-indicators/snow-ice] (20.10.2023).

Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2021. Kokemäenjoen-Saaristomeren-Selkämeren vesienhoitoalueen vesienhoitosuunnitelma vuosille 2022–2027 ja taustaselvitykset. [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesiensuojelu/Vesienhoidon_suunnittelu_ja_yhteistyo/Vesienhoitoalueet/KokemaenjokiSaaristomeriSelkameri]

Eurofins Ahma Oy 2023. Maanahkiaisen merituulivoimapuiston muutonseuranta. Ramboll Finland Oy.

Eurofins Ahma Oy 2021. Pietarsaaren edustan merialueen kalataloudellisen yhteistarkkailun koekalastukset vuonna 2020.

Euroopan Unioni 2020. Raw materials demand for wind and solar PV technologies in the transition towards a decarbonised energy system. ISBN 978-92-76-16225-4 (PDF).

European commission 2008. Marine Strategy Framework directive 17.6.2008. 2008/56/EC.

European Marine Observation and Data Network (EMODnet) 2024. EMODnet Map Viewer. [https://emodnet.ec.europa.eu/en] (22.3.2024).

FAO 2022. Felling, Production rate, table 9. / Extraction, productivity, table 10. [https://www.fao.org/3/y2698e/y2698e09.htm]

FCG Finnish Consulting Group Oy 2022. Etelä-Pohjanmaan, Keski-Pohjanmaan ja Pohjanmaan tuulivoimaselvitys, raportti. 20.1.2022. Pohjanmaan liitto, Etelä-Pohjanmaan liitto ja Keski-Pohjanmaan liitto.

FCG Finnish Consulting Group Oy 2014–2019. Toiminnassa olevien tuulivoimapuistojen seurannat Kalajoen, Pyhäjoen, Raahen, Iin ja Simon rannikolla.

Fingrid 2024a. Häviösähkö. [https://www.fingrid.fi/kantaverkko/sahkonsiirto/sahkon-siirtovarmuus/haviosahko/]

Fingrid 2024b. Merituulivoiman alustavat liityntämahdollisuudet Fingridin kantaverkkoon 2030-luvulla, merituulivoimapainotteinen tulevaisuusskenaario. Saatavilla:

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

[https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/kantaverkko/kantaverkon-kehittaminen/fingrid_merituuliesite_11.2024_fi_21.11.pdf].

Fingrid 2024c. Verkkokiikari. [https://www.fingrid.fi/kantaverkko/liitynta-kantaverkkoon/verkkokiikari/] (31.1.2024).

Fingrid 2015. Peltopylväs–esite. [https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/julkaisut/fingrid_peltopylvas_esite_2015_netti.pdf]

Fintraffic 2024. Fintraffic meriliikenteenohjaus. [https://www.fintraffic.fi/fi/vts/fintrafficin-meriliikenteenohjaus-lyhyesti]

Fjäder Päivi, Korkalainen Merja, Kauppi Sari, Lehtiniemi Maiju, Salminen Jani, Selonen Salla, Setälä Outi, Sillanpää Markus, Sorvari Jaana, Suikkanen Sanna, Talvitie Julia, Turunen Topi, Virkkunen Henri ja Ala-Ketola Ulla 2022. Muovien haitalliset ympäristö- ja terveysvaikutukset. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 17/2022. 160 sivua. [https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/144561/SYKEra_17-2022_Muovien-haitalliset-vaikutukset.pdf?sequence=1&isAllowed=y] (15.3.2024).

Floeter, J., Pohlmann, T., Harmer, A. & Möllmann, C. 2022. Chasing the offshore wind farm wind-wake-induced upwelling/downwelling dipole. Frontiers in Marine Science. [https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2022.884943/full]

Forsberg, Å. & Pekkari, S. 1999. Undersökningar av undervattensvegetation och vattenkemi i nordligaste Bottenviken.

Gaia Consulting 2023. Merituulivoimahankkeiden aluetaloudelliset vaikutukset. Loppuraportti 13.10.2023.

Gaultier, S.P., Blomberg, A.S., Ijäs, A., Vasko, V., Vesterinen, E.J., Brommer, J.E., Lilley, T.M. 2020. Bats and Wind Farms: The Role and Importance of the Baltic SeaCountries in the European Context of Power Transition andBiodiversity Conservation. Environ. Sci.Technol. 2020, 54, 10385-10398. [https://pubs.acs.org/doi/epdf/10.1021/acs.est.0c00070?ref=article_openPDF] (10.9.2024)

Gill, A. B. & Bartlett, M. 2010. Literature review on the potential effects of electromagnetic fields and subsea noise from marine renewable energy developments on Atlantic salmon, sea trout and European eel. Scottish Natural Heritage Commissioned Report No.401

Gill, A.B., and M. Desender. 2020. Risk to animals from electromagnetic fields emitted by electric cables and marine renewable energy devices. Pp. 86–103 in OES-Environmental 2020 State of the Science Report: Environmental Effects of Marine Renewable Energy Development Around the World. No. PNNL-29976CHPT5 Pacific Northwest National Lab, Richland, WA, 18 pp

Glarou, M., Zrust, M., & Svendsen, J. C. 2020. Using artificial-reef knowledge to enhance the ecological function of offshore wind turbine foundations: Implications for fish abundance and diversity. Journal of Marine Science and Engineering, 8(5), 332.

Gregow, H., Mäkelä, A., Tuomenvirta, H., Juhola, S., Käyhkö, J., Perrels, A., Kuntsi-Reunanen, E., Mettiäinen, I., Näkkäläjärvi, K., Sorvali, J., Lehtonen, H., Hildén, M., Veijalainen, N., Kuosa, H., Sihvonen, M., Johansson, M., Leijala, U., Ahonen, S., Haapala, J., Korhonen, H., Ollikainen, M., Lilja, S., Ruuhela, R., Särkkä, J. & Siiriä, S-M., 2021. Ilmastonmuutokseen sopeutumisen ohjauskeinot, kustannukset ja alueelliset ulottuvuudet. Suomen ilmastopaneelin raportti 2/2021.

GTK 2024a. Hakku-palvelu. Meriluontotyypit ja geologia. [http://tupa.gtk.fi/paikkatieto/meta/meriluontotyypit.html] (15.3.2024).

GTK 2024b. Maankamara-karttapalvelu. [http://gtkdata.gtk.fi/maankamara] (15.3.2024).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Halkka, A. 2020. Changing climate and Baltic region biota. Väitöskirja, Helsingin Yliopisto. Saatavilla verkko-osoitteesta: [https://helda.helsinki.fi/items/88a6bdbb-8139-478a-b8a0-b06a71731f15] (20.10.2023).

Halstead, D. & Tam, N. 2019. A study of background noise levels measured during far-field receptor testing of wind turbine facilities. Conference Proceedings. 8th International Conference on Wind Turbine Noise, Lissabon, June 12-14, 2019.

Hammar, L. & Wikström 2005. Skottarevsprojektets inverkan på de marinbiologiska miljöförhållanderna: Havsbaserad vindskraft; sammanställning och tillämpad bedöming. Marine monitoring vid Kristineberg AB Sweden.

Hammar, L., Wikström, A., Börjesson, P., & Rosenberg, R. 2008. Studier på småfisk vid Lillgrund vindpark. Effektstudier under konstruktionsarbeten och installation av gravitationsfundament. Rapport 5831 från Vindval. Naturvårdsverket.

Han, DG. & Choi, JW. 2022. Measurements and Spatial Distribution Simulation of Impact Pile Driving Underwater Noise Generated During the Construction of Offshore Wind Power Plant Off the Southwest Coast of Korea. Frontiers in Marine Science 8: 654991.

Hansson P. 2020. Flaskhalsar för flyttande rovfåglar i Fennoscandia. ARCUM - Arctic Research Centre at Umeå University.

Hansson P. 2019. Koncentrationer av hotade termikflyttande fåglar i Fennoskandia. ARCUM - Arctic Research Centre at Umeå University.

Havet.nu (2022). Fakta om bottniska viken www.havet.nu/-bottniska-viken (27.9.2022)

Havs och Vatten myndigheten 2024. Förslag till ändrade havsplaner 2023, Havs och Vatten myndigheten. [https://www.havochvatten.se/planering-forvaltning-och-samverkan/havsplanering/forslag-till-andrade-havsplaner.html] (2.4.2024).

Havs- och vattenmyndigheten 2021. https://www.havochvatten.se/fiske-och-handel.html (20.6.2024)

Heikkinen, S., Valtonen, M., Johansson, H., Helle, I., Herrero, A., Mäntyniemi, S. & Kojola, I. 2023. Susikanta Suomessa maaliskuussa 2023. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 70/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 120 s.

Heinänen, S., Žydelis, R., Kleinschmidt, B., Dorsch, M., Burger, C., Morkūnas, J., Quillfeldt, P. & Nehls, G. 2020. Satellite telemetry and digital aerial surveys show strong displacement of red-throated divers (*Gavia stellata*) from offshore wind farms. Mar. Environ. Res. 2020, 160, 104989.

HELCOM COMBINE ohjelman suosituksia: [http://www.helcom.fi/Documents/Action%20areas/Monitoring%20and%20assessment/Manuals%20and%20Guidelines/Manual%20for%20Marine%20Monitoring%20in%20the%20COMBINE%20Programme%20of%20HELCOM_PartC_AnnexC8.pdf]

HELCOM 2023a. Species information sheet. [HELCOM-Red-List-Phoca-hispida-botnica.pdf] (23.10.2023).

HELCOM 2023b. Species information sheet. [https://helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/HELCOM-Red-List-Halichoerus-grypus.pdf] (23.10.2023).

HELCOM 2023c. Total nitrogen (TN). HELCOM core indicator report. [https://indicators.helcom.fi/indicator/total-nitrogen-tn/] (3.11.2023).

HELCOM 2023d. Baltic Sea acidification. HELCOM element indicator report. Online. [https://indicators.helcom.fi/indicator/acidification/] (20.10.2023).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

HELCOM 2019a. Fact sheet for HELCOM MPA 153 – Luoto archipelago. [https://mpas.helcom.fi/apex/f?p=103:12:::NO::P12_ID:153] (4.12.2023).

HELCOM 2019b. Fact sheet for HELCOM MPA 140 - Outer Bothnian Threshold Archipelago (The Quark). [https://mpas.helcom.fi/apex/f?p=103:12:::NO::P12_ID:140] (7.9.2023).

HELCOM 2018. Distribution of Baltic seals. Helcom core indicator report.

HELCOM 2017. Distribution of Baltic seals. HELCOM core indicator report. Heinäkuu 2017.

HELCOM 2014. HELCOM recommendation on coastal and marine baltic sea protected areas (HELCOM MPAs) 35/1. – . 5 S.

HELCOM 2013. Biotope Information Sheet – Baltic aphotic muddy sediment dominated by Monoporeia affinis and/or Pontoporeia femorata.

Hutchison, Z.L., D.H. Secor, and A.B. Gill. 2020a. The interaction between resource species and electromagnetic fields associated with electricity production by offshore wind farms. Oceanography 33(4):96–107

Hutchison, Z.L., A.B. Gill, P. Sigray, H. He, and J.W. King. 2020b. Anthropogenic electromagnetic fields (EMF) influence the behaviour of bottom-dwelling marine species. Scientific Reports 10(1):1–15

Hyvärinen, E, Juslén, A, Kemppainen, E., Uddström, A. & Liukko, U-M (toim.) 2019. Suomen lajien uhanalaisuus, punainen kirja. The 2019 Red List of Finnish Species. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus.

Höga Kusten 2020. Riksantikvarieämbetet.

IEA 2023. Hydrogen [https://www.iea.org/energy-system/low-emission-fuels/hydrogen]

Ilmasto-opas 2022. Pohjanmaa – Pohjanlahden vaikutuksessa. [https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/pohjanmaa-pohjanlahden-vaikutuksessa]

Ilmatieteen laitos 2024a. [https://www.ilmatieteenlaitos.fi/vedenkorkeustilastot]

Ilmatieteen laitos 2024b. Vedenkorkeusennätykset Suomen rannikolla. [https://www.ilmatieteenlaitos.fi/vedenkorkeusennatykset-suomen-rannikolla]

Ilmatieteen laitos 2023a. Pienhiukkaset. [https://www.ilmatieteenlaitos.fi/pienhiukkaset-ilmansaasteena] (3.11.2023).

Ilmatieteen laitos 2023b. Ilmanlaatu Suomessa. [https://www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmanlaatu] (1.11.2023).

Ilmatieteen laitos 2023c. Lämpötila- ja sadekarttoja vuodesta 1961. [https://www.ilmatieteenlaitos.fi/karttoja-vuodesta-1961]

Ilmatieteen laitos 2022. Suomen ilmastovyöhykkeet. [https://www.ilmatieteenlaitos.fi/suomen-ilmastovyohykkeet]

Ilmatieteen laitos 2021. Jäätalvet. [https://www.ilmatieteenlaitos.fi/jaatalvet]

IPCC 2023. IPCC WGI Interactive Atlas: Regional information (Advanced). Dataset: CMIP6. 20.10.2023.

IPCC 2007. Climate Change 2007. AR4 Synthesis Report. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_full_report.pdf]

Itämeri.fi 2021. Merinisäkkäät. [https://www.ostersjon.fi/fi-.FI/Luonto_ja_sen_muutos/Lajit/Merinisakkaat/Merihylk.eet/Suomen_merialueilla_tavataan_kahta_hylje(52085)] (19.10.2023).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Itämeri.fi 2023. Vedenalainen melu. [https://www.itameri.fi/fi-FI/Luonto_ja_sen_muutos/Itameren_tila/Vedenalainen_melu/Vedenalainen_melu_Itamerella] (1.3.2024).

Jensen, F., Kuperman, W., Porter, M. and Schmidt, H. 2000. Computational Ocean Acoustics. Modern Acoustics and Signal Processing. New York: Springer-Verlag.

Juvaste, R., Arriero, E., Gagliardo, A., Holland, R., Huttunen, M. J., Mueller, I., Thorup, K., Wikelski, M., Hannila, J., Penttinen, M-L. & Wistbacka, R. 2017. Satellite tracking of red-listed nominate lesser black-backed gulls (*Larus f. fuscus*): Habitat specialisation in foraging movements raises novel conservation needs. [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351989416301603]

Kaartinen, S. 2011. Space use and habitat selection of the wolf (Canis lupus) in human-altered environment in Finland. Academic dissertation, University of Oulu, Faculty of science, department of biology; Finnis game and fisheries institute.

Kala- ja vesitutkimus 2022. Laine merituulivoimapuiston ja vaihtoehtoisten kaapelireittikäytävien kaupallinen kalastus vuonna 2021. Kala- ja vesijulkaisuja nro 347. 15 s. + 2 liitettä (A osan liite 8)

Kala- ja vesitutkimus 2023a. Laine merituulipuiston kaloihin ja kalastukseen liittyvät lisäselvitykset. Sisältää: Kaupallisen kalastuksen kalastustiedustelu vuoden 2022 kalastuksesta, Asiantuntija-arvio ja kirjallisuuskatsaus vaelluskalojen esiintymisestä, Asiantuntija-arvio ja kirjallisuuskatsaus kalojen lisääntymisalueista. Kala- ja vesijulkaisuja nro 388. 58 s.+ 2 liitettä. (A osan liite 9)

Kala- ja vesitutkimus 2023b. Laine merituulivoimapuiston suunnittelualueen koekalastus vuonna 2022. Kala- ja vesijulkaisuja nro 356. 7 s. + 3 liitettä (A osan liite 11)

Kalajoen Satama Oy 2023. Satamainfo. [https://portofkalajoki.fi/satamainfo/]

Kallio T., Malinen R., Rönkä O., Bonn C., Salminen P., Jutila H. & Lindberg W. 2019. Merialuesuunnittelu. Pohjoisen Selkämeren, Merenkurkun ja Perämeren ominaispiirteet.

Kalliolinna, M. 2006. Kokkolan edustan yhteistarkkailun tulokset 2005. Pohjanmaanvesiensuojeluyhdistys. Pietarsaari. 29 s.

Kannonlahti, J. 2023. Korsnäsin merituulivoimapuiston linnustoselvitykset 2021–2023. VEBIC, Vaasan yliopisto. Metsähallitus. Afry Finland Oy. Luettavissa: [https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Liite7_Korsn%C3%A4sin%20merituulipuiston%20linnustoselvitykset%202021%E2%80%932023_0.pdf]

Kannonlahti, J. 2012. Merenkurkun linturetkikohdeopas. Vaasan yliopisto, Levón-instituutti. [http://www.merenkurkunlty.net/aineistoa/Merenkurkun_linturetkikohteet_JKa.pdf] (15.2.2024).

Karlsson, M., Kraufvelin, P., & Östman, Ö. 2020. Kunskapssammanställning om effekter på fisk och skaldjur av muddring och dumpning i akvatiska miljöer. En synter av grumlingens dos och varaktighet. Aqua reports 2020:1. Drottningholm Lysekil Öregrund: Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser.

Karlsson L., Ikonen E., Westerberg H. & Sturlaugsson J. 1996. Use of data storage tags to study the spawning migration of Baltic salmon (Salmo salar L.) in the gulf of Bothnia. International Council of the Exploration of the Sea. CM 1996/M9.

Karvonen, L. & Leinikki J. 2023. Pietarsaaren ja Kokkolan edustan meriluontokartoitus 2023. Alleco Oy raportti n:o 40/2023. 15.12.2023

Kaskela, A. & Rinne, H. 2018. Vedenalaisten Natura-luontotyyppien mallinnus Suomen merialueella. GTK:n tutkimustyöraportti 6/2018.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Keränen, Hakala & Hongisto 2017. Pientalojen äänieristävyys ympäristömelua vastaan taajuuksilla 5–5000 Hz – infraäänitutkimus. Turun ammattikorkeakoulu, sisäympäristön tutkimusryhmä, Turku 2017. Akustiikkapäivät 2017.

Keränen, Hakala, Hongisto, Radun, Rajala, Maula, Saarinen & Virjonen 2019. Anojanssi -projektin tulokset: Ympäristömelun häiritsevyys. Turun ammattikorkeakoulu, sisäympäristön tutkimusryhmä, Turku 2019. Akustiikkapäivät 2019, s. 276–279.

Keränen, P.A. 2015. Meriharjuksen hoitosuunnitelma. Osa 1. Meriharjuskannan hoidon ja suojelun tausta. Metsähallitus.

Keskinen, E. 2024. Metsähallitus. Suullinen tiedonanto [Perämeren riutat, keskustelu Keskinen-Saari aiheesta Perämeren riuttojen monimuotoisuus"]. 22.7.2024.

Ketonen, T. 2022. Merituulivoimapuiston vaikutus lintujen lentokäyttäytymiseen Tahkoluodon merituulivoimapuiston alueella. Opinnäytetyö, AMK. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/749463/Ketonen_Tuomas.pdf;jsessionid=FD49B6C380AA0DCA197FDB4933FF7CA4?sequence=2] (25.9.2023).

Kingsley, A. & Whittam, B. 2007. Wind Turbines and Birds. A Backround Review for Environmental Assessment. [https://publications.gc.ca/collections/collection_2013/ec/CW66-363-2007-eng.pdf]

Klimley A. P., Wyman, M. T., Kavet, R. 2017. Chinook salmon and green sturgeon migrate through San Francisco Estuary despite large distortions in the local magnetic field produced by bridges. PLoS ONE 12(6): e0169031.

Klimley, A. P., Putman, N. F., Keller, B. A., & Noakes, D. 2021. A call to assess the impacts of elec-tromagnetic fields from subsea cables on the movement ecology of marine migrants. Conservation Science and Practice, 3: 1–8.

Koekalastusrekisteri 2023. [https://wwwp2.ymparisto.fi/koekalastus_sahko/yhteinen/Login.aspx?ReturnUrl=%2fkoekalastus_sahko] (12.9.2023).

Kokkolan Satama Oy 2023. Satamat. [https://portofkokkola.fi/satamat/]

Kontula T. & Raunio, A. (toim.) 2018. Suomen luontotyyppien uhanalaisuus. Luontotyyppien punainen kirja. Suomen ympäristökeskus ja Ympäristöministeriö. Suomen ympäristö 5/2018. Osat 1 ja 2.

Koponen, J. & Virtanen, M. 1995. Vuosaaren sataman ruoppausten ja laivaliikenteen aiheuttamien sedimenttipäästöjen kulkeutumisen ja vaikutusten arvio. – Suomen Ympäristövaikutusten Arviointikeskus Oy. Raportti. 29 s.

Korpinen, S., Laamanen, M., Suomela, J., Paavilainen, P., Lahtinen, T. & Eke-bom, J. (toim.) 2018. Suomen meriympäristön tila 2018. SYKEn julkaisuja 4. Suomen ympäristökeskus.

Koschinski & Lüdemann 2013. Development of Noise Mitigation Measures in Offshore Wind Farm Construction 2013.

Krijgsveld, K. L. 2014. Avoidance behaviour of birds around offshore wind farms. Overview of knowledge including effects of configuration. Rapport Bureau Waardenburg, 13–268.

Kronholm, M., Albertsson, J. & Laine, A. (toim.) 2005. Perämeri Life. Perämeren toimintasuunnitelma. Länsstyrelsen i Norrbottens län, rapportserie 1/2005.

Kujansuu, S. 2014. Raudan esiintymismuodoista pohjoisen Itämeren sedimenteissä. Pro gradu -tutkielma, Maantiede, Luonnonmaantiede. Helsingin yliopisto. Geotieteiden ja maantieteen laitos. Maantieteen osasto.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

KVVY ry 2017. Hyötytuuli Oy, Tahkoluodon tuulivoimapuiston vesistötarkkailu vuonna 2017. Raportti 1132/17.

KVVY ry 2016. Hyötytuuli Oy, Tahkoluodon tuulivoimapuiston vesistötarkkailu vuonna 2016. Raportti 352/16.

KVVY Tutkimus Oy 2020a. Suomen Hyötytuulen suunnitteilla olevan Tahkoluodon merituulipuiston laajennuksen vedenalaisen luonnon tilan arviointi. Raportti nro. 920/20.

KVVY Tutkimus Oy 2020b. Hyötytuulen suunnitteilla olevan merituulipuiston hankealueella tapahtuva kalastus. Raportti 1101/20.

Kvarken Ports Ltd 2023. Tietoa Vaasan satamasta. [https://kvarkenports.com/fi/vaasa/tietoa-satamasta.4.4117ebf317b9aa1fe01bb.html]

Laki 646/2011. Jätelaki.

Lajitietopankki (2022a). Itämerensimpukka. https://artfakta.se/artbestamning/taxon/106766 (12.12.2022)

Lajitietopankki (2022b). Valkokatka. https://artfakta.se/artbestamning/taxon/monoporeia-affinis-233408 (12.12.2022).

Lajitietopankki (2022d). Harmaahylje. https://artfakta.se/naturvard/taxon/halichoerus-grypus-100068 (12.12.2022).

Lajitietopankki (2022e). Norppa. https://artfakta.se/naturvard/taxon/pusa-hispida-100104 (12.12.2022)

Lappalainen, A., Setälä, J., Helminen, J., Lehtonen, T., Niukko, J., Rantanen, P., Saarni, K. & Söderkultalahti, P. 2023. Suomen troolilaivaston kalastusalueet Itämerellä vuosina 2010–2022. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 102/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 23 s.

Lappalainen, J., Kurvinen, L. & Kuismanen, L. (toim.) 2020. Suomen ekologisesti merkittävät vedenalaiset meriluontoalueet (EMMA) - Finlands ekologiskt betydelsefulla marina undervattensmiljöer (EMMA). Suomen ympäristökeskuksen raportteja 8/2020.

Larsen, J.K. & Guillemette, M. 2007. Effects of wind turbines on flight behaviour of wintering common eiders: implications for habitat use and collision risk. Journal of Applied Ecology, 44: 516-522. [https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01303.x]

Lehtonen, A., Mäkipää, R., Heikkinen, J., Sievänen, R. & Liski, J. 2004. Biomass expansion factors (BEFs) for Scots pine, Norway spruce and birch according to stand age for boreal forests. Forest Ecology and Management 188 (2004) 211–224.

Leivuori, M. & Niemistö, L. 1993. Trace Metals in the sediments of the Gulf of Botnia. Aqua Fennica 23, 1:89-100.

Leppänen, J.-M., Rantajärvi, E., Bruun, J.-E. & Salojärvi, J. 2012. Meriympäristön nykytilan arvio. Suomen merenhoitosuunnitelman valmisteluun kuuluva. 28.9.2012. Ympäristöministeriö.

Liikenne- ja viestintävirasto Traficom 2020. Ohje tuulivoimaloiden päivämerkintään, lentoestevaloihin sekä valojen rytmitykseen. 7.9.2020. [https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/file/Ohje%20tuulivoimaloiden%20p%C3%A4iv%C3%A4merkint%C3%A4%C3%A4n%2C%20lentoestevaloihin%20sek%C3%A4%20valojen%20ryhmityksen_07SEP2020.pdf]

Lindfors, A. & Kiirikki, M. 2007. Virtaukset ja kiintoaineen leviäminen Vuosaaren-sataman meriläjitysalueella. Luode Consulting Oy 24.2.2007.

Lindfors, A., Meriläinen, T. & Vatanen, S. 2024. OX2 Laine -alueen sedimentti- ja pohjaeläinnäytteenoton täydennyksen tulokset 2023. 25.3.2024. 58 sivua, 6 liitettä. (A osan liite 5)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Lindfors A., Meriläinen T. & Vatanen S. 2023. OX2 Laine -alueen sedimentti- ja pohjaeläinnäytteenoton sekä virtaus- ja vedenlaatutarkkailun tulokset 2022. Luode Consulting 27.1.2023. 66 sivua, 4 liitettä. (A osan liite 4)

Lindroos, A. J., Mäkipää, R. & Merilä, P. 2022. Soil carbon stock changes over 21 years in intensively monitored boreal forests stands in Finland. Ecological Indicators 144, November 2022, 109551. [https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109551].

Linley A., Wilding, T., Black, K., Hawkins, S.J., Mangi S. 2007. Review of the reef effects of offshore windfarm structures and potential for enhancement and mitigation. Peer-reviewed report (2007): 132.

Love, M. S., Nishimoto, M. M., Snook, L., Schroeder, D. M., and Scarborough Bull, A. 2017. A Comparison of Fishes and Invertebrates Living in the Vicinity of Energized and Unenergized Submarine Power Cables and Natural Sea Floor off Southern California, USA. Journal of Renewable Energy, 13

Luodon kunta 2024. Nähtävyydet. [https://larsmo.fi/fi/kulttuuri-ja-vapaa-aika/matkailu/nahtavyydet/] (15.2.2024).

Luodon kunta 2023. Luodon rantayleiskaavan tarkistus, kaavaluonnos 23.11.2023.

- Karttaosa 5/6: [https://larsmo.fi/wp-content/uploads/2023/12/Planutkast_strandgeneralplan_23112023_kartdel_5.pdf]
- Karttaosa 6/6: [https://larsmo.fi/wp-content/uploads/2023/12/Planutkast_strandgeneralplan_23112023_kartdel_6.pdf]
- Kaavamerkinnät: [https://larsmo.fi/wp-content/uploads/2023/12/Larsmo_strandgeneralplan_bestammelser_23112023_FIN.pdf]

Luodon kunta 2011. Lilla Furuholmenin asemakaavan muutos ja laajennus. [https://larsmo.fi/wp-content/uploads/2023/01/LILLA-FURUHOLMEN-DETALJPLAN-FARDIG.pdf]

Luomus 2023a. Saaristolintulaskenta. [https://www.luomus.fi/fi/saaristolintulaskenta] (25.9.2023).

Luomus 2023b. Vesilintulaskenta. [https://www.luomus.fi/fi/vesilintulaskenta] (25.9.2023).

Luonnonvarakeskus (LUKE) 2023a. Seurantajulkistus 14.11.2023. [https://www.luke.fi/fi/seurannat/merihyljelaskennat-ja-hyljekannan-rakenteen-seuranta/halleja-nahtiin-itamerella-lahemmas-46-000-muuttuneet-jaaolosuhteet-vaikeuttavat-norppalaskentoja] (16.11.2023).

Luonnonvarakeskus LUKE 2023b. Luonnonvaratieto. merihylkeet [https://luonnonvaratieto.luke.fi/kartat?panel=merihylkeet]. (31.10.2023).

Luonnonvarakeskus (LUKE) 2023c. Luonnonvaratieto. Suurpedot. [https://luonnonvaratieto.luke.fi/kartat?panel=suurpedot]

Luonnonvarakeskus (LUKE) 2023d. Tilastotietokanta. Metsävarat. [https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__04%20Metsa__06%20Metsavarat/?rxid=f8ed5f38-9607-4c55-91c9-791d660b234e]

Luonnonvarakeskus (LUKE) 2022. Seurantajulkistus 16.12.2022. Harmaahyljekanta 2022. [https://www.luke.fi/fi/seurannat/merihyljelaskennat-ja-hyljekannan-rakenteen-seuranta/harmaahyljekanta-2022] (19.10.2023).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Luonnonvarakeskus (LUKE) 2021. Seurantajulkistus 8.11.2021. Merihyljekantojen tulokset 2021. [https://www.luke.fi/fi/seurannat/merihyljelaskennat-ja-hyljekannan-rakenteen-seuranta/merihyljekantojen-2021-tulokset] 19.10.2023).

Luontoon.fi 2023. Mikkelinsaaret, varaustupa. [https://www.luontoon.fi/mikkelinsaaretvaraustupa] (27.10.2023).

Lutsar, L. 2011. Lepakkotutkimus Kõpun niemen läntisessä osassa ja sitä ympäröivillä merialueilla heinä- ja elokuussa 2011. Tilaaja: SA Eestimaa Looduse Fond.

Länsstyrelserna 2020. Häckande kustfåglar i Bottniska viken 2010–2020 Populationstrender, utbredningar och miljöindikatorer. Raportti. [https://catalog.lansstyrelsen.se/store/21/resource/14] (25.9.2023).

Länstyrelsen Västerbotten 2023. https://www.lansstyrelsen.se/vasterbotten.html (20.6.2024)

Maanmittauslaitos 2023. Paikkatietoikkuna. [https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/]

Maa- ja Metsätalousministeriö (MML) 2007. Itämeren hyljekantojen hoitosuunnitelma 4/2007. [https://mmm.fi/documents/1410837/1721042/4_2007_Itameren_hyljekantojen_hoitosuunnitelma.pdf/cdadf619-e901-427d-869b-43f4f9c7d96c] (31.10.2023).

Madsen, P.T., Wahlberg, M., Tougaard, J., Lucke, K. & Tyack, P. 2006. Wind turbine underwater noise and marine mammals, implications of current knowledge and data needs. Marine Ecology Progress Series 309: 279–295.

Marques, A., Batalha, H. & Bernardino, J. 2021. Bird Displacement by Wind Turbines: Assessing Current Knowledge and Recommendations for Future Studies. [https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/Marques-et-al-2021.pdf] (25.9.2023).

Mattila, J., Kankaanpää, H. & Ilus, E. 2006. Estimation of recent sediment accumulation rates in the Baltic Sea using artificial radionuclides 137Cs and 239240Pu as time markers. Boreal Environment Research 11: 2, 95–107.

May, R, Nygård, T, Falkdalen, U, Åström, J, Hamre, Ø & Stokke, BG. 2020. Paint it black: Efficacy of increased wind-turbine rotor blade visibility to reduce avian fatalities. *Ecol Evol*. 2020; 10: 8927–8935. [https://doi.org/10.1002/ece3.6592] (2.10.2023).

Mendel, B.; Schwemmer, P.; Peschko, V.; Müller, S.; Schwemmer, H.; Mercker, M. & Garthe, S. 2019. Operational offshore wind farms and associated ship traffic cause profound changes in distribution patterns of Loons (Gavia spp.). J. Environ. Manag. 2019, 231, 429–438. [CrossRef] [PubMed]

Merialuesuunnittelu 2023. Merialuesuunnitelma 2030. [https://meriskenaariot.info/merialuesuunnitelma/suunnitelma-johdanto/] (24.10.2023).

Meriläinen, T. 2019. Kirjallisuusselvitys vedenalaisen melun torjuntakeinoista. Luode Consulting Oy, 2019.

Meriläinen, T. & Lindfors, A. 2018. Vedenalaisen melun hallinta; Pilottiprojekti. Liikennevirasto tutkimuksia ja selvityksiä 20/2018. Liikennevirasto. Helsinki 2018. 54 s + liitteet. [https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/153196/lts_2018-20_vedenalaisen_melun_web.pdf?sequence=1&isAllowed=y] (25.4.2024).

Metsä.fi 2023. [https://www.metsa.fi/maat-ja-vedet/suojelualueet/muut-luonnonsuojelualueet/hylkeidensuojelualueet/] (23.10.2023).

Metsähallitus 2024. Merenkurkun saaristo, Mikkelinsaaret. [https://julkaisut.metsa.fi/wp-content/uploads/sites/2/2021/07/kvarken-mikkelinsaaret-fin.pdf] (15.2.2024).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Metsähallitus 2023a. Perinnebiotooppien kohderajaukset. Tilattu aineisto.

Metsähallitus 2023b. Maat ja vedet -karttapalvelu. [https://www.metsa.fi/maat-ja-vedet/pinta-alat/karttapalvelut/]

Metsähallitus 2023c. Metsähallituksen luonnonvarasuunnitelma 2024–2028. [https://julkaisut.metsa.fi/wp-content/uploads/sites/2/2023/12/merialueen_lvs.pdf] (18.1.2024).

Metsähallitus 2020. Valtion suojelualueiden biotooppikuviot. Tietotuoteseloste versio 2.0. [https://www.metsa.fi/wp-content/uploads/2020/09/Valtion_suojelualueiden_biotooppikuviot.pdf]

Metsähallitus 2018. Kvarken Flada -hanke (Interreg Botnia-Atlantica). https://www.metsa.fi/tiedotteet/ensimmaista-kertaa-selvitetty-pikkulepakon-muuttomatka-merenkurkun-yli-ruotsiin/. (10.9.2024)

Midal Cables 2020. EPD. Teräsvahvistetut alumiinijohtimet (AACSR). Sveid Conductor. Saatavilla: [https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/63766e80-7e1f-485f-a985-efa9816fa31f/Data]

Mooney, T.A., Andersson, M.H., Stanley, J. 2020. Acoustic Impacts of Offshore Wind Energy on Fishery Resources: An Evolving Source and Varied Effects Across a Wind Farm's Lifetime. Oceanography 33: 82–95.

Moray offshore renewables Ltd 2019. Telford, Stevenson & MacColl. Wind Farms and Associated Transmission Infrastructure: Environmental Statement. Chapter 7: Biological Environment. [https://marine.gov.scot/sites/default/files/chapter_7_-_biological_environment_ogs_ia.pdf] (6.10.2023).

Morenia Oy 2009. Perämeren merihiekan nosto. Ympäristövaikutusten arviointiselostus. 2936-C8787. 16.11.2009.

Museovirasto 2024a. Valtakunnallisesti merkittävät rakennetut kulttuuriympäristöt RKY. [http://www.rky.fi/read/asp/r_default.aspx]

Museovirasto 2024b. Muinaisjäännösrekisteri. [https://www.kyppi.fi/palveluikkuna/mjreki/read/asp/r_default.aspx]

Museovirasto 2024c. Unescon kansainväliset kulttuuriperintösopimukset. https://www.museovirasto.fi/fi/tietoa-meista/kansainvalinen-toiminta/kansainvalisia-sopimuksia. Viitattu 3.9.2024.

Mykrä, M. 2017. Pietarsaaren edustan yhteistarkkailun tulokset 2017. PRS_yhteenvetoraportti 2017_final. Översättning (Curt Nyman): Resultaten från samkontrollen av havsområdet utanför Jakobstad år 2017. PRS_yhteenvetoraportti 2017_final_sv.

Mykrä M. & Aaltonen E-K 2017. PIETARSAAREN EDUSTAN MERIALUEEN TARKKAILUT/ Sedimentti- ja limakotiloselvitykset 2017. Pohjanmaan vesi- ja ympäristö ry, 26.6.2017.

Mykrä, M. & Jutila, H. 2021. Kokkolan edustan merialueen yhteistarkkailun tulokset 2020. - Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry:n julkaisuja 30. 66 s + 13 liitettä. Pietarsaari.

Mäkelä, K. & Salo, P. 2023. Luontoselvitykset ja luontovaikutusten arviointi. Opas tekijälle, tilaajalle ja viranomaiselle. 2. korjattu painos. Suomen ympäristökeskus. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 43/2023.

Naisbett-Jones, L. C., & Lohmann, K. J. 2022. Magnetoreception and magnetic navigation in fishes: a half century of discovery. Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology 208: 19–40

Nehls, G., Betke, K., Eckelmann, S. & Ros, M. 2007. Assessment and costs of potential engineering solutions for the mitigation of the impacts of underwater noise arising from the construction of offshore windfarms. Collaborative Offshore Windfarm Research, London, U.K. 72

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Nilsson, C. et al. 2019. Revealing patterns of nocturnal migration using the European weather radar network, Ecography 42:876-886.

NIRAS 2023a. Laine offshore wind farm. Sediment & Brine Dispersal modelling (liite 2).

NIRAS 2023b. Laine offshore wind farm. Underwater noise prognosis for construction phase (liite7).

Njordr Offshore Wind AB 2022. Ennen Ruotsin talousvyöhykelain ja mannerjalustalain mukaisen luvan hakemista. Kuulemisasiakirja. Bothnia Offshore Kappa. Tuulipuisto ja siihen liittyvä sisäinen kaapeliverkko Ruotsin talousvyöhykkeellä Itämerellä. 19.6.2022. 84 s.

NOAA 2018. Technical Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing (Version 2.0), NOAA Technical.

Norden 2013. EU:n rikkidirektiivin täytäntöönpano, seuraukset ja mahdollisuudet Pohjoismaissa. [https://www.norden.org/fi/publication/eun-rikkidirektiivin]

Nygård 2018. Ohjeistus [https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Menetelm%C3%A4ohje%20rannikkovesien%20pohjael%C3%A4inseuranta%20010420.pdf]

Ojala, S. 2019. Hyötytuuli Oy:n tuulivoimapuiston kalataloudellinen tarkkailu Porin Tahkoluodon edustan merialueella vuosina 2016–2018. KVVY Tutkimus Oy. Tutkimusraportti nro 268/19.

Ottvall Consulting Ab 2024. Fåglar och vindkraft: Fågelförekomst i Bores krona

Oulasvirta, P. & Leinikki, J. 2003. Veneilyn ympäristövaikutuksen luonnonsatamissa. Suomen ympäristö 605. Uudenmaan ympäristökeskus. 91 s.

Overdick-offshore 2024. [https://www.overdick-offshore.com/]

OX2 2022. OX2 to investigate the possibility to develop offshore hydrogen pipeline in the Baltic Sea [https://www.ox2.com/newsroom/news/2022/ox2-to-investigate-the-possibility-to-develop-offshore-hydrogen-pipeline-in-the-baltic-sea]

Pajala, J., Klauson, A., Laanearu, J., Peltonen, H. & Mustonen, M. 2016. Underwater soundscape. Teoksessa "The Gulf of Finland Assessment". Toim. Raateoja, M. & Setälä, S., Reports of the finnish environment institute 27/2016 s. 292-304.

Palomäki A. 2017. Pietarsaaren merialueen tarkkailut. Sedimenttiselvitys vuonna 2017. Nab Labs Oy,29.8.2017.

Pellikka, H., Leijala, U., Johansson, M. M., Leinonen, K. & Kahma, K. K. 2018. Future probabilities of coastal floods in Finland. Continental Shelf Research, 157, pp. 32-42. DOI: 10.1016/j.csr.2018.02.006

Peschko, V., Mendel, B., Müller, S., Markones, N., Mercker, M & Garthe, S. 2020. Effects of offshore windfarms on seabird abundance: Strong effects in spring and in the breeding season. Marine Environmental Research, Volume 162. 105157. ISSN 0141–1136.

Petersen, I., Christensen, T. & Kahlert, J. 2006. Final Results of Bird Studies at the Offshore Wind Farms at Nysted and Horns Rev, Denmark.

Pettersson, J. 2006. Flyttande små- och sjöfåglar - en förstudie med lokalradar i Kalmarsund. Rapport 5568, Naturvårdsverket.

Pettersson, J. 2005. The Impact of Offshore Wind Farms on BirdLife in Southern Kalmarsund, Sweden.

Plonczkier, P. & Simms, I. 2012. Radar monitoring of migrating pink-footed geese: behavioural responses to offshore wind farm development. Journal of Applied Ecology, 49(5): 1187–1194.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Pietarsaaren kaupunki 2024a. Asemakaava ja asemakaavamuutos Alholmaan. [https://pietarsaari.fi/asuminen-ja-ymparisto/tekniset-palvelut/kaavoitus/vireilla-olevat-asemakaavahankkeet#055] (8.3.2024).

Pietarsaaren kaupunki 2024b. Asemakaavaehdotus, Slipen, 06.02.2024. [https://jakobstad.fi/wp-content/uploads/2024/02/asemakaava_Slipen06.02.2024-SO.pdf]

Pietarsaaren kaupunki 2023a. Asemakaava Joutsenessa. [https://pietarsaari.fi/asuminen-ja-ymparisto/tekniset-palvelut/kaavoitus/vireilla-olevat-asemakaavahankkeet#Svanen] (19.10.2023).

Pietarsaaren kaupunki 2023b. Asemakaava kaupunginosan 13 Itälän korttelin 49 osa sekä erityis-, virkistys-, suojelu-, liikenne. vesi- ja katualueet, ehdotus 7.8.2023. [https://jakobstad.fi/wp-content/uploads/2023/08/Asemakaava_Svanen_07.08.2023SO.pdf]

Pietarsaaren kaupunki 2023c. Detaljplan och detaljplaneändring i Alholmen. [https://jakobstad.fi/boende-och-miljo/tekniska-tjanster/planlaggning/detaljplaner-under-uppgorande#047] (24.10.2023).

Pietarsaaren kaupunki 2022a. Pietarsaaren yleiskaava 2040. [https://jakobstad.fi/wp-content/uploads/2023/01/Pietarsaari_OYK_EHDOTUS_20221222___20-000_Optimized.pdf]

Pietarsaaren kaupunki 2022b. Pietarsaaren kaupungin lausunto Laineen YVA-ohjelmaan.

Pietarsaaren kaupunki 2017. Asemakaava ja asemakaavamuutos:10 Alholma k 19, 11 Ristikari. Pietarsaaren kaupunki. [https://karta.jakobstad.fi/images/plan/385v.pdf] (2.10.2017)

Pietarsaaren kaupunki 2008. Pietarsaaren kaupungin yleiskaava 2020. [https://jakobstad.fi/wp-content/uploads/2022/05/Yleiskaava.pdf]

Pietarsaaren kaupunki 2003. Asemakaava kaupunginosa 10 Alholmen, SP 300/2004. Pietarsaaren kaupunki. [https://karta.jakobstad.fi/images/plan/300.pdf]

Pietarsaaren kaupunki & Alusta Consulting Oy 2023. Asemakaava ja asemakaavamuutos: kaupunginosan 10 Alholman korttelin 1 osalle, sekä sen itäpuoleisille asemakaavoittamattomille alueille Hällörenissä, osallistumis- ja arviointisuunnitelma, 4.4.2023. [https://jakobstad.fi/wp-content/uploads/2023/04/PDB-2023-4-4-PDB_OAS_andrad.pdf]

Pietarsaaren Satama Oy 2023. Satama. [https://portofpietarsaari.fi/satama/]

Pietarsaaren suomalainen seurakunta 2023. Merilä. [https://www.pietarsaarensuomalainen-seurakunta.fi/merilan-toimintakeskus] (27.10.2023).

Pohjanmaan liitto 2024. Kaavakartta A, Pohjanmaan maakuntakaava 2050, ehdotus 18.3.2024. [https://www.obotnia.fi/assets/Sidor/1/277/Karta-A.pdf]

Pohjanmaan liitto 2023a. Merialuesuunnittelu. [https://www.obotnia.fi/fi/aluesuunnittelu/merialuesuunnittelu] (24.10.2023).

Pohjanmaan liitto 2023b. Pohjanmaan maakuntakaava 2040. [https://www.obotnia.fi/fi/aluesuunnittelu/pohjanmaan-maakuntakaava-2040] (9.11.2023).

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Pohjanmaan liitto 2023c. Pohjanmaan maakuntakaava 2050. [https://www.obotnia.fi/fi/alue-suunnittelu/pohjanmaan-maakuntakaava-2050] (16.10.2023).

Pohjanmaan liitto 2020. Kaavakartta A, Pohjanmaan maakuntakaava 2040. [https://www.obotnia.fi/assets/DMS/Landskapsplanen-2040/Pohjanmaakuntakaava-2040/Kartblad-A-Karttalehti-A.pdf]

Pohjanmaan liitto 2016. Pohjanmaan ilmastostrategia 2040. [https://www.obotnia.fi/assets/Sidor/1/60/Energiarannikko-Pohjanmaan-ilmastostrategia-2040-raportti-1.pdf]

Pohjanmaan liitto, Keski-Pohjanmaan liitto, Pohjois-Pohjanmaan liitto & Lapin liitto 2020. Suomen Merialuesuunnitelma 2030. Pohjoinen Selkämeri, Merenkurkku ja Perämeri. [https://meriskenaariot.info/merialuesuunnitelma/suunnitelma-johdanto/]

Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2023. Pietarsaaren edustan merialueen yhteistarkkailunvuoden 2022 tulokset. Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry:n julkaisuja 67.

Pohjanmaan vesi ja ympäristö 2021. Suolayrtti (*Salicornia perennans*) Pietarsaaren seudulla kesällä 2020. Julkaisu 18/2021.

Pohjan Voima Oy 2010. Oulun-Haukiputaan edustan merituulivoimapuisto. Ympäristövaikutusten arviointiselostus. 8.2.2010. 82120991.

Pohjoisen Rannikko-Pohjanmaan kalatalousalue 2021. Kalatalousalueen käyttö- ja hoitosuunnitelma.

Polojärvi, A., Petry, A., Owen, C., Prasanna, M., Muchow, M., Puolakka, O., Lehto, P. 2024. Tutkimusprojekti: Modelling engine to design, assess environmental impacts, and operate wind farms for ice-covered waters [https://research.aalto.fi/fi/projects/modelling-engine-to-design-assess-environmental-impacts-and-opera]

Popper, A., Hawkins, A., Fay, R., Mann, D., Bartol, S., Carlson, T., & Travolga, W. 2014. Sound exposure guidelines for fishes and sea turtles: A technical report prepared by ANSI-accredited standards committee S3 s−1C1 and registered with ANSI. New York: Springer.

Posford Duvivier Environment & Hill, M. I 2001. Guidelines on the impact of marine aggregate extraction on European Marine Sites. Countryside Council for Wales (UK Marine SACs project).

Puolustusvoimat 2024. Merivoimien suoja-alueet. [https://puolustusvoimat.fi/suoja-alueet-merialueilla]

Putman, N. 2015. Inherited Magnetic Maps in Salmon and the Role of Geomagnetic Change. Integrative and Comparative Biology 55: 396-405.

Pörkenäs Lägergård 2023. Tervetuloa Pörkenäsin leirikeskukseen. [https://www.porkenas.net/suomeksi] (27.10.2023).

Pöyry 2017. Pietarsaaren merialueen vesikasvillisuuskartoitus 2016.

Pöyry Finland Oy 2009. Suurhiekan merituulivoimapuisto ja sähkönsiirron reittivaihtoehdot. Ympäristövaikutusten arviointiselostus. WPD Finland Oy.

Raitaniemi, J. & Sairanen, S. (toim.). 2022. Kalakantojen tila vuonna 2021 sekä ennuste vuosille 2022 ja 2023. Silakka, kilohaili, turska, lohi, meritaimen, siika, kuha, ahven ja hauki. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 72/2022. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 138 s.

Rajakiiri Oy 2010. Maanahkiaisen merituulivoimapuisto. Ympäristövaikutusten arviointiselostus. 82122953, 1.12.2010

Ramboll Finland Oy 2023. Onnettomuudet kartalla. [https://mobilityanalytics.ramboll.com/onn/poliisi/]

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Reine, K. J., Clarke, D., Dickerson, C. & Wikel, G. 2014. Characterization of underwater sounds produced by trailing suction hopper dredges during sand mining and pump-out operations. US Army Corp of Engineers. Engineer Research and Development Center. ERDC/EL TR-14-3.

Reine, K. J., Clarke, D. G. & Dickerson, C. 2012. Characterization of underwater sounds produced by a backhoe dredge excavating rock and gravel. U.S. Army Engineer Research and Development Centre. DOER Technical Notes Collection ERDC TN-DOER-E36.

Richardson, W.J., Greene, C.R. Jr, Malme, C.I. & Thomson, D.H. 1995. Marine mammals and noise. Academic Press, San Diego. 576 s.

Riley, W.D., Davison, P.I., Maxwell, D.L., Newman, R.C. & Ives, M.J. 2015. A laboratory experiment to determine the dispersal response of Atlantic salmon (Salmo salar) fry to street light intensity. Freshwater Biology 60, 1016-1028.

Robinson, S. P., Lepper, P. A. & Hazelwood, R. A. 2014. Good Practice Guide for Underwater Noise Measurement. NPL Good Practice Guide No. 133. National Measurement Office, Marine Scotland, The Crown Estate.

Ruosteenoja K., Vihma T. & Venäläinen A. 2019. Projected changes in European and North Atlantic seasonal wind climate derived from CMIP5 simulations. Journal of Climate, 32(19), 6467-6490. [https://doi.org/10.1175/JCLI-D-19-0023.1]

Ruotsin meri- ja vesivarojen hallintavirasto, HAV 2022. Ammattikalastusta koskeva kansallinen etu.

Ruotsin meri- ja vesivarojen hallintavirasto 2019. Nationell förvaltningsplan för gråsäl (*Halichoerus grypus*) i Östersjön. Ruotsin meri- ja vesivarojen hallintaviraston raportti 2019:24.

Russell, D.J.F., Brasseur, S.M.J.M., Thompson, D., Hastie, G.D., Janik, V.M. & Aarts, G. 2014. Marine mammals trace anthropogenic structures at sea. Current Biology, 24, R638–R639.

Rydell, J., Engström, H., Hedenström, A., Larsen, J., Petterson, J. & Green, M. 2012. The effect of wind power on birds and bats. A synthesis. Report 6511. August 2012.

Rytkönen, J., Sassi J. & Koskivaara, R. 2000. Laivojen aiheuttama aalto- ja virtaushäiriö rannassa. Aalto- ja virtausmittaukset Airistolla 02.–05.05.2000. Espoo. VTT Valmistustekniikka VALB34-001016. 40 s. + liitteet.

Sadeq, A. M., Homod, R. Z., Hussein, A. K., Togun, H., Mahmoodi, A., Isleem, H. F., Patil, A. R. ja Maghaddam, A. H., 2024. Hydrogen energy systems: Technologies, trends, and future prospects. Science of Total Environment; volume 939. ISSN 0048-9697.

Sairanen, E. 2014. Baltic Sea underwater soundscape: Weather and ship induces sounds and the effect of shipping on harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) activity, Pro gradu –työ, University of Helsinki.

Sanila N. 2021. Cable route surveys in the Gulf of Bothnia. November 30, 2021. GTK/444/03.02/2021.

Schlömer S., T. Bruckner, L. Fulton, E. Hertwich, A. McKin-non, D. Perczyk, J. Roy, R. Schaeffer, R. Sims, P. Smith & R. Wiser, 2014. Annex III: Technology-specific cost and performance parameters. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Soko-na, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. IPCC. Table A. III. 2. Wind offshore. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_annex-iii.pdf]

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Schneider B., Eilola K., Lukkari K., Muller-Karulis B. & Neumann T. 2015. Environmental Impacts - Marine Biogeochemistry. BACC II Author Team 2015. Second Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin. New York: Springer-Verlag

Servizi, J.A. & Martens, D.W. 1992. Sub lethal responses of coho salmon (Oncorhynchus kisutch) to suspended sediments. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 49, 1389–1395.**Siemens Gamesa, 2023.** Electricity from a European offshore wind farm using SG 14-236 wind turbines. EPD. Saatavilla: [https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/ed639d2a-69c6-402e-da38-08dbb377d685/Data]

SGU (2022b). Visningstjänsterför maringeologi. https://www.sgu.se/produkter/geologiska-data/vara-data-i-visningstjanster-wms/visningstjanster-for-maringeologi/ (7.12.2022)

Siemens Gamesa 2023. Electricity from a European offshore wind farm using SG 14-236 wind turbines. EPD. [https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/ed639d2a-69c6-402e-da38-08dbb377d685/Data]

SLEF 2023. Klippan. [https://slef.fi/hemlandet/lageromraden/klippan/] (27.10.2023).

Skyborn Renewables Offshore Finland Oy 2022. Reimari merituulivoimahanke. YVA-ohjelma. 7.10.2022. [https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Skyborn_Renewables_Reimari_merituulivoimahanke_YVAohjelma_10102022.pdf] (22.4.2024).

Sito Oy 2017. Seljänsuunmatalan merituulivoima-alueen selvitys. 9.5.2017. Metsähallitus Kiinteistökehitys.

Sito Oy 2016. Ulkonahkiaisen merituulivoima-alueen selvitys. 15.9.2016.

Sosiaali- ja terveysministeriö 1999. Ympäristövaikutusten arviointi. Ihmisiin kohdistuvat terveydelliset ja sosiaaliset vaikutukset. Oppaita 1999:1.

Soukissian, T., O'Hagan, A. M., Azzellino, A., Boero, F., Brito e Melo, A., Comiskey, P., Gao, Z., Howell, D., Le Boulluec, M., Maisondieu, C., Scott, B. E., Tedeschi, E., Maheri, A., Pennock, S. (2023) European offshore renewable energy: Towards a sustainable future. Heymans, J. J., Kellett, P., Alexander, B., Muñiz Piniella, Á., Rodriguez Perez, A., Van Elslander, J. [Eds.] Future Science Brief No. 9 of the European Marine Board, Ostend, Belgium.

Southall, B.L., Finneran, J.J., Reichmuth, C., Nachtigall, P.E., Ketten, D.R., Bowles, A.E., Ellison, W.T., Nowacek, D.P. & Tyack, P.L. 2019. Marine mammal noise exposure criteria: Updated Scientific Recommendations for Residual Hearing Effects. Aquatic Mammals, 45(2), 125–323.

SSJ Segelsällskapet i Jakobstad 2024. Vierassatama. [https://www.ssj.nu/fi/g%C3%A4sthamn]

Statkraft Offshore Wind AB 2024. Bothnia Offshore Kappa – ändrad utbredning 24.7.2024

STM asetus 545/2015. Sosiaali- ja terveysministeriön asetusasunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista. Helsinki, 2015.

Suomen Akatemia 2023. WindySea – Mallinnusmoottori kylmän meriympäristön merituulivoimapuistojen suunnitteluun, ympäristövaikutusten arviointiin ja operointiin. [https://tiedejatutkimus.fi/fi/results/funding/68720] (23.10.2023).

Suomen Lajitietokeskus 2023. Havainnot. [https://laji.fi] (4.12.2023).

Suomen Metsäkeskus 2023. Avoin metsä- ja luontotieto. Erityisen tärkeät elinympäristöt. [https://metsakeskus.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=a29ae4c4eb7240f0895d4ff93f04df1c]

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Suomen Hyötytuuli Oy 2023. Blogi: Lintututkajärjestelmä Tahkoluodon merituulivoimapuistossa. [https://hyotytuuli.fi/lintututkajarjestelma-tahkoluodon-merituulivoimapuistossa/] (25.9.2023).

Suomen Hyötytuuli Oy 2020. Tahkoluodon merituulivoimapuiston laajennus, YVA-selostus.

Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2024. Tuulivoima ja mikromuovi. (20.3.2024) [https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/tietopankki/tuulivoima-ja-mikromuovi]

Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2023a. Tuulivoima Suomessa 2023. [https://tuulivoimayhdistys.fi/ajankohtaista/tilastot-2/tuulivoimatilastot-2023] (3.5.2024)

Suomen Tuulivoimayhdistys ry 2023b. Investoinnit. [https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/tietoa-tuulivoimasta/taloudellisuus/investoinnit] (27.10.2023)

Suomen Tuulivoimayhdistys 2023c. Käyttö- ja ylläpitokustannukset. [https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/tietoa-tuulivoimasta/taloudellisuus/kaytto-ja-yllapitokustannukset] (30.10.2023).

Suomen ympäristökeskus 2024a. Suomen ympäristökeskuksen elinympäristön tieto- ja analyysipalvelu Liiteri.

Suomen ympäristökeskus 2024b. Ympäristöhallinnon avoimet ympäristötieto-järjestelmät. [http://www.syke.fi/avointieto]

1.) Pohjaeläinrekisteri
2.) Vesienhoidon 3. suunnittelukauden tietojärjestelmä
3.) Ympäristökarttapalvelu Karpalo
4.) Vedenlaaturekisteri Vesla

Suomen ympäristökeskus 2023a. Rannikon laguunit (1150). [https://ckan.ymparisto.fi/dataset/rannikon-laguunit-1150]

Suomen ympäristökeskus 2023b. Latauspalvelu LAPIO. [http://paikkatieto.ymparisto.fi/lapio/latauspalvelu.html]

Suomen ympäristökeskus 2022. Ympäristökarttapalvelu Karpalo: YKR-aineisto 2022. [https://www.syke.fi/fi-FI/Avoin_tieto/Ymparistotietojarjestelmat] (2.2.2024).

Suomen ympäristökeskus & Metsähallitus 2022. Vedenalaisen meriluonnon monimuotoisuuden inventointiohjelma VELMU - Menetelmäohjeistus pohjan biotooppikartoitukseen 2022. Helsinki: Suomen ympäristökeskus ja Metsähallitus/Luontopalvelut, 2022.

Suomen ympäristökeskus 2020. Specific emissions for district heat, district cooling and electricity used in buildings. [https://co2data.fi/rakentaminen/reports/Energy%20service%20R01.00.pdf]

Suomen ympäristökeskus 2019. Vedenalaisen melun vaikutusalueiden selvittäminen merialuesuunnittelun tarpeisiin ja haitallisten vaikutusten vähentäminen. Loppuraportti ajalta 1.1.2017–31.12.2019.

Suomen ympäristökeskus 2016. Itämeren vedenalainen äänimaailma (BIAS). [https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus__kehittaminen/Tutkimus_ja_kehittamishankkeet/Hankkeet/Itameren_vedenalainen_aanimaailma_BIAS]

Suorsa, V. 2019. Linnustovaikutusten seurantaa suomalaisissa tuulivoimapuistoissa. Linnut-vuosikirja 2018: 148–155.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Svenska Yle 2023. Vindkraftsbolag utreder energilagring i Kanäs – Nykarleby stad hoppas på mer än bara hyresintäkter. Julkaistu 6.3.2023. [https://svenska.yle.fi/a/7-10029060] (27.10.2023).

Sweco 2024. Laine OWF, Assessment of Impact on Maritime Radar and Wireless Networks. s. 28

Sweco 2023a. Liikenneanalyysi, Laineen merituulivoimapuisto (A osan liite 15).

Sweco 2023b. Merenkulun riskinarviointi, Laineen merituulivoimapuisto, 150 tuulivoimalan suunnitelma (A osan liite 16).

Sweco 2023c. Merenkulun riskinarviointi, Laineen merituulivoimapuisto, 113 tuulivoimalan suunnitelma (A osan liite 17).

Sweco 2023d. Merenkulun riskinarviointi, Laineen merituulivoimapuisto, vertailu 150 ja 113 tuulivoimalan suunnitelman välillä (A osan liite 18).

Säteilyturvakeskus 2024. Asiantuntija Vartti V.-P. sähköpostikeskustelu 10.10.2024

Taipale, K. & Saarnisto, M. 1991. Tulivuorista jääkausiin. Suomen maankamaran kehitys. WSOY

Takala J., Kivirinne J., Bäckström S. & Leino V. 2022. Meriliikenteen vaihtoehtoiset käyttövoimat. Selvitys vaihtoehtoisten käyttövoimien ja polttoaineiden jakeluinfrastruktuurin kehittämistarpeista satamissa. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 2022:12. [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164393/LVM_2022_12.pdf?sequence=1&isAllowed=y]

Taormina, B., Bald, J., Want, A., Thouzeau, G., Lejart, M., Desroy, N. & Carlier, A. 2018. A review of potential impacts of submarine power cables on the marine environment: Knowledge gaps, recommendations and future directions. Renewable and Sustainable Energy Reviews 96:380–391

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2024. Ympäristöterveys, melu. [https://thl.fi/aiheet/ympäristöterveys/melu]

The World Bank 2018. Electric power transmission and distribution losses (% of output) - Finland [https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.LOSS.ZS?locations=FI]

Tikkanen, H., Ekblad, C. & Tuohimaa, H. 2022. Tuulivoiman vaikutukset maa- ja merikotkaan sekä sääkseen Pohjanmaalla, Etelä- ja KeskiPohjanmaalla. Yhteenveto ja suositukset. [https://epliitto.fi/wp-content/uploads/2022/12/Tuulivoiman_vaikutukset_maa_ja_merikotkaan_seka_saakseen_Pohjanmaalla_Etela-_ja_Keski-Pohjanmaalla.pdf] (6.10.2023).

Tilastokeskus 2023b. Kuntien avainluvut. [https://www.stat.fi/tup/alue/kuntienavainluvut.html]

Toivanen, T., Metsänen, T. & Lehtiniemi, T. 2014. Lintujen päämuuttoreitit Suomessa. BirdLife Suomi ry, Helsinki. [https://www.birdlife.fi/suojelu/alueet/paamuuttoreitit/] (25.9.2023).

Topham, E. & McMillan, D. 2017. Sustainable decommissioning of an offshore wind farm. Renewable Energy 102 (2017) 470-480. [http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2016.10.066]

Tougaard, J. Hermannsen, L. & Madsen, P.T. 2020. How loud is the underwater noise from operating offshore wind turbines?

Tougaard, J., Ebbesen, I., Tougaard, S., Jensen, T. & Teilmann, J. 2004. Satellite tracking of harbour seals on Horns Reef. Syddansk Universitet. 43 s.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Traficom 2023. Hae lupaa lentoesteelle. [https://www.traficom.fi/fi/asioi-kanssamme/hae-lupaa-lentoesteelle]

Traficom 2022. Valtakunnalliset liikenne-ennusteet.

Traficom 2021a. Vesiväyliin liittyvät käsitteet. Ohje 16.11.2021.

Traficom 2021b. Vesiväyläluokitus. Ohje 14.06.2021.

Traficom & Väylävirasto 2023. Merituulivoiman ja merenkulun sekä merenkulun infrastruktuurin yhteensovittaminen. Ohje 7.11.2023.

Tuuliatlas 2023. Suomen Tuuliatlas, Ilmatieteen laitos. [http://tuuliatlas.fmi.fi/fi/]

Työ- ja elinkeinoministeriö 2024. TYÖ- JA ELINKEINOMINISTERIÖ / FI / AJANKOHTAISTA / PÄÄTÖKSET. [https://tem.fi/paatokset] (3.5.2024).

Työterveyslaitos 2022. Happi. [https://ova.ttl.fi/happi] (12.4.2024).

Törnqvist, J. & Talja, A. 2006. Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa. VTT Working Papers 50. Espoo: VTT.

UNESCO 2008. Decisions adopted at the 32nd session of the World Heritage Committee, s. 146. Quebec city: Unesco World Heritage Centre, 2008. [https://whc.unesco.org/archive/2008/whc08-32com-24reve.pdf] (2.10.2024).

UNESCO 2006. High Coast / Kvarken Archipelago. Nomination 898bis (inscribed extension) https://whc.unesco.org/en/list/898/documents/ Viitattu 3.9.2024

Uudenkaarlepyyn kaupunki 1997. Rantakaava Vexalan kylästä. Uudenkaarlepyyn kaupunki. [https://www.karttatiimi.fi/nykarleby/sdp30.pdf]

Uudenkaarlepyyn kaupunki & Sigma konsultit 2008. Uusikaarlepyy – osayleiskaava merenläheisille kylille. [https://www.karttatiimi.fi/nykarleby/dgp18.pdf]

Vaasan Sähkö 2024. Tuulivoimaloiden lapojen kierrätys kehittyy. [https://www.vaasan-sahko.fi/vastuullisuus/tuulivoimaloiden-lapojen-kierratys-kehittyy/]

Valtioneuvosto 2024. Merituulivoiman edistäminen. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2024:4.

Valtioneuvosto 2023. Suomen Hyötytuuli Oy:n tutkimuslupahakemus (17.8.2023) ja hyödyntämisoikeushakemus. VN_24249_2023-SAAP-2. (11.1.2023).

Valtioneuvosto 2022. Päätösehdotukset. Suostumus tutkimustoiminnan suorittamiselle Suomen talousvyöhykkeellä.

Vanermen, N., Courtens, W., Daelemans, R., Lens, L., Mueller, W., Van de walle, M., Verstraete, H. & Stienen, E. W. M. 2019. Attracted to the outside: a meso-scale response pattern of lesser black-backed gulls at an offshore wind farm revealed by GPS telemetry. – ICES Journal of Marine Science, 77: 701–710.

Vasama, J. & Leinikki, J. 2024 Laine -merituulivoimapuiston meribiologiset selvitykset 2022–2023. Alleco Oy raportti n:o 31/2023. Alleco Oy 25.1.2024. (liite 3)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Vehanen, T., Hario, M., Kunnasranta, M. & Auvinen, H. 2010. Merituulivoiman vaikutukset rannikon kaloihin, lintuihin ja nisäkkäisiin. Kirjallisuuskatsaus. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. Selvityksiä 17.

VELMU-karttapalvelu 2023. Velmu-karttapalvelun aineistot. [https://paikkatieto.ymparisto.fi/velmu/] (4.12.2023).

Veneranta L., Hudd R. & Jokikokko E. 2013. Merikutuisen siian ja muikun poikastuotantoalueet. RKTL:n työraportteja 8/2013

Vestas 2024. [https://www.vestas.com/en/energy-solutions/offshore-wind-turbines/V236-15MW]

Vieraslajit.fi 2023. Vieraslajiportaali. [https://vieraslajit.fi/]

Vindlov 2020. Skuggor, reflexer och ljud. [https://www.energimyndigheten.se/fornybart/vindkraft/vindlov/planering-och-tillstand/gardsverk/inledande-skede/halsa-och-sakerhet/skuggor-reflexer-och-ljus/] (30.11.2022).

Vindval 2022. Ekologiskt hållbar vindkraft i Östersjön. Rapport 7055.

Virtanen, E. A., Lappalainen, J., Nurmi, M., Viitasalo, M., Tikanmäki, M., Heinonen, J., Atlaskin, E., Kallasvuo, M., Tikkanen, H. & A. Moilanen. 2022. Balancing profitability of energy production, societal impacts and biodiversity in offshore wind farm design. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 158.

Visit Björkö 2023. Koti [https://www.visitbjorko.fi/] (27.10.2023).

Visit Kokkola 2024. Majakkasaari Tankar. [https://www.visitkokkola.fi/majakkasaari-tankar/] (15.2.2024).

Visit Pietarsaari Jakobstad region 2024. Nähtävyydet. [https://www.visitpietarsaarenseutu.fi/fi/meri-0] (15.2.2024).

Visit Pietarsaari Jakobstad region 2023. Tekemistä. [https://visitpietarsaarenseutu.fi/fi/kategoriat/koe] (27.10.2023).

VTT 2022. Ice conditions and loads on offshore wind farms Laine and Halla. Tikanmäki, M., Heinonen. J. CUSTOMER REPORT VTT-CR-00507-22. Vain viranomaiskäyttöön.

VTT 1996. Potkurivirtausten aiheuttama pohjaeroosio Vuosaaren satamassa. – VTT Valmistustekniikka. Raportti 50 s.

Vuori, K.-M., Swanljung, T., Aaltonen, E.-K., Kalliolinna, M. & S. Jokela 2009. Kokkolan edustan merialueen sedimenttien toksisuus ja ekologinen riskinarviointi. Suomen ympäristö 1/2009. Suomen ympäristökeskus.

Väylävirasto 2024. Vesiväylät ja Vesiväyläalueet. [https://suomenvaylat.vayla.fi/]

Väylävirasto 2023a. Infrarakentamisen vähähiilisyyden arviointimenetelmä. Väyläviraston ohjeita 43/2023.

Väylävirasto 2023b. Liikennemäärätiedot. [https://suomenvaylat.vayla.fi/]

Västerbottenin lääninhallitus 2018. Liten fladdermus gör långa flyttningar över havet. [www.pressmachine.se/pressrelease/view/liten-fladdermus-gor-langa-flyttningar-over-havet-9443] (12.9.2022)

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Wahlberg, M. & Westerberg, H. 2005. Hearing in fish and their reactions to sounds from offshore wind farms. Marine Ecology Progress Series 288: 295–309.

Waldo S., Lovén I. 2019. Världen i svenskt yrkesfiske. AgriFood Economics centre.

WEA-Shcattenwurf-Hinweise 2002. Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windnergianlagen.

Welcker, J. 2019. Patterns of nocturnal bird migration in the German North and Baltic Seas. Technical report. BioConsult SH, Husum. 61 pp.

Welcker, J. & Vilela, R. 2019. Weather-dependence of nocturnal bird migration and cumulative collision risk at offshore wind farms in the German North and Baltic Seas. Technical report. BioConsult SH, Husum. 70 pp.

Westerberg, H. & Lagenfelt, I. 2008. Sub-sea power cables and the migration behaviour of the European eel. Fish Mgmt Ecol 15:369–375.

Wisniewska, D.M., Johnson, M., Teilmann, J., Rojano-Doñate, L., Shearer, J., Sveegaard, S., Miller, L.A., Siebert, U. & Madsen, P.T. 2016. Ultra-High Foraging Rates of Harbor Porpoises make them Vulnerable to Anthropogenic Disturbance. Current Biology, 26, 1-6.

Wistbacka, B. 2016. Fiskeriförfrågningen i havsområdet utanför Jakobstad 2015.

Wright, D.G. & Hopky, G.E. 1998. Guidelines for the use of explosives in or near Canadian fi sheries waters. Can Tech Rep Fis Aquat Sci 2107: iv + s. 34.

wpd 2022. Polargrund Offshore; Kuulemisasiakirja; Espoon yleissopimuksen mukainen kuuleminen. [https://www.skybornrenewables.com/markets/sweden/local/polargrund_offshore] (8.5.2024).

WSP Environmental 2010. Oulunsalo-Hailuoto –tuulipuiston ympäristövaikutusten arviointiselostus.

Zwaka H., McGinnis O., Pflitsch P., Prabha P., Mansinghka V., Engert F. & Bolton A.D. 2022. Visual object detection biases escape trajectories following acoustic startle in larval zebrafish. Current Biology. Volume 32, Issue 23, 5 s. 5116-5125

Ymparisto.fi 2018a. Hylkeiden laskentakannan koko ja kehitys pitkällä aikavälillä. [https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Hylkeiden%20laskentakannan%20koko%20ja%20kehitys%20pitk%C3%A4ll%C3%A4%20aikav%C3%A4lill%C3%A4.pdf] (19.10.2023).

Ymparisto.fi 2018b. Hylkeiden levinneisyysalue. [https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Hylkeiden%20levinneisyysalue.pdf] (19.10.2023).

Ympäristöhallinnon verkkopalvelu 2025. [https://www.ymparisto.fi/fi/luonto-vesistot-ja-meri/meri/suomen-meriympariston-tila-2024] (21.1.2025)

Ympäristöhallinto 2023a. Makrokasvillisuuden vyöhykkeisyys. [https://wwwp.ymparisto.fi/miljo/html/fharzone.htm]

Ympäristöhallinto 2023b. Suomen Natura 2000 -alueet. Suomen ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. [https://www.ymparisto.fi/natura]

Ympäristöhallinto 2022. Sivusto Merenkurkun eliöyhteisöistä. [http://wwwp.ymparisto.fi/miljo/html/fbfauna1.htm] (25.1.2022).

Ympäristöhallinto 2021. Valtakunnallisesti arvokkaat maisema-alueet (VAMA 2021). [https://www.ymparisto.fi/fi-fi/luonto/maisemat/arvokkaat_maisemaalueet]

Ympäristöministeriö 2023a. Euroopan unionin ilmastopolitiikka. [https://ym.fi/euroopan-unionin-ilmastopolitiikka]

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.

Ympäristöministeriö 2023b. Suomen kansallinen ilmastopolitiikka. [https://ym.fi/suomen-kansallinen-ilmastopolitiikka]

Ympäristöministeriö 2021a. Merenhoitosuunnitelma vuosille 2022–2027 ja taustaselvitykset. [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vaikuta_vesiin/Merenhoito]

Ympäristöministeriö 2021b. Merihiekan ja merenalaisten mineraalivarantojen kestävä käyttö. Ympäristöministeriön julkaisuja: 2021:3. [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/162650]

Ympäristöministeriö 2018. Suomen luontotyyppien uhanalaisuus 2018: Luontotyyppien punainen kirja. Osa 2: Luontotyyppien kuvaukset. Suomen ympäristö 5(62–63).

Ympäristöministeriö 2016a. Maisemavaikutusten arviointi tuulivoimarakentamisessa. Suomen ympäristö 1/2016. s. 60. ISBN 978-952-11-4487-5 (PDF).

Ympäristöministeriö 2016b. Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016. Ympäristöhallinnon ohjeita 5/2016.

Ympäristöministeriö 2015. Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohje. Ympäristöhallinnon ohjeita 1/2015. 71 sivua + liitteet. [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/154833/OH_1_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y] (15.3.2023).

Ympäristöministeriö 2014. Tuulivoimaloiden melun mallintaminen. Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2014. ISBN 978-952-11-4275-8 (PDF), ISSN 1796-1653 (verkkoj.)

Ympäristöministeriö 2007. Valtioneuvoston periaatepäätös meluntorjunnasta. Ympäristöministeriön raportteja 7/2007. ISBN 952-11-2618-5 (PDF), ISSN 1796-170X (verkkoj.)

Ympäristöministeriö 1992a. Maisemanhoito. Maisema-aluetyöryhmän mietintö, osa I. Mietintö 66 /1992. [https://helda.helsinki.fi/handle/10138/29082]

Ympäristöministeriö 1992b. Arvokkaat maisema-alueet. Maisema-aluetyöryhmän mietintö, osa II. Mietintö 66 /1992. [https://helda.helsinki.fi/handle/10138/29087]

YM muistio 14.9.2016 YM9/5511/2016. Yhteenveto tuulivoimaloiden melupäästön takuuarvon käyttämisestä meluselvityksissä liittyvästä kyselystä. Ympäristöministeriö, Helsinki.

Öhman, M.C., Sigray, P. & Westerberg, H. 2007. Offshore windmills and the effects of electromagnetic fields on fish. Ambio 36: 630–633

Öhman, M. 2023. Effekter av havsbaserad vindkraft på fisk. Naturvårdsverket rapport 7115.

Internet-lähteet on tarkastettu 29.-30.7.2024 välisenä aikana, ellei toisin ole mainittu.

Copyright © Laine Offshore Wind Oy. Kaikki oikeudet pidätetään.