



Tahkoluodon merituulipuiston laajennuksen välkesselvitys

Asiakas: Suomen Hyötytuuli Oy
101013470-001.013

Raportti

Laatija
Elina Heinilä

Päivämäärä
23.2.2021
Projektinumero
101013470-001

Työnumero
101013470-001.013
Asiakas
Suomen Hyötytuuli Oy

Tahkoluodon merituulipuiston laajennuksen välkeselvitys

Versio	Pvm/Laatija	Pvm/Tarkastaja
Alkuperäinen	22.12.2020/ Elina Heinilä, Välke-asiantuntija	22.12.2020/ Piia Heikkinen, Osastopäällikkö
Rev A.	15.1.2021/ Elina Heinilä, Välke-asiantuntija	15.1.2021/ Piia Heikkinen, Osastopäällikkö
Rev B.	20.1.2021/ Elina Heinilä, Välke-asiantuntija 	20.1.2021/ Piia Heikkinen, Osastopäällikkö 

Sisältö

1	Yleistä	4
1.1	Välke	5
1.2	Sovellettavat raja- ja ohjeavot.....	5
2	Arviointimenetelmät ja arvioinnin epävarmuudet.....	7
2.1	Arviointimenetelmät	7
2.2	Arvioinnin epävarmuudet	8
3	Vaikutusten arviointi	9
3.1	Tahkoluodon laajennus	9
3.2	Yhteisvaikutusten huomioiminen	14
4	YHTEENVETO	18
	KIRJALLISUUSVIITTEET	19

Esipuhe

Tämä raportti on AFRYn laatima Tahkoluodon merituulipuiston laajennuksen välkeselvitys, jossa on selvitetty tuulipuiston aiheuttaman liikkuvan varjon vaikutukset sen lähiympäristöön. Raportissa arvioidaan ilmiötä, jossa tuulivoimalan takaa paistaa aurinko, ja voimala aiheuttaa vilkkuvan varjon. Ilmiöstä käytetään tässä raportissa nimitystä välke. Muissa lähteissä näkyy näiden termien lisäksi käytössä termiä varjostus tai varjon vilkunta.

1 Yleistä

Porissa sijaitsevaan Tahkoluodon merituulipuistoon suunnitellaan enintään 40 (VE1) tai 45 (VE2) tuulivoimalan laajennusta. Alla olevassa taulukossa on esitetty tuulivoimapuiston laajennuksen voimaloiden koordinaatit molemmille vaihtoehdoille. Tahkoluodon alueella on jo entuudestaan 11 tuulivoimalaa merellä ja 6 tuulivoimalaa satama-alueella.

*Taulukko 1-1. Mallinnuksessa käytetyt Tahkoluodon laajennuksen voimaloiden sijainnit (ETRS-TM35FIN koordinaatistossa¹). *merkityt voimalat kuuluvat ainoastaan laajempaan 45 voimalan (VE2) sijoitussuunnitelmaan.*

Voimala	Itä-koordinaatti	Pohjois-koordinaatti	Voimala	Itä-koordinaatti	Pohjois-koordinaatti
	(m)	(m)		(m)	(m)
WTG 01	198650	6848644	WTG 24	189913	6849521
WTG 02	199019	6850226	WTG 25	188489	6850156
WTG 03	198077	6851524	WTG 26	193950	6848349
WTG 04	196620	6853052	WTG 27	188915	6852755
WTG 05	195130	6854512	WTG 28	189785	6851674
WTG 06	193829	6854610	WTG 29	190967	6850760
WTG 07	193812	6856018	WTG 30	192566	6850286
WTG 08	192736	6855358	WTG 31	193719	6849790
WTG 09	192564	6853909	WTG 32	194772	6851057
WTG 10	193457	6853108	WTG 33	195841	6849736
WTG 11	194894	6852634	WTG 34	186681	6854965
WTG 12	193288	6851800	WTG 35	187706	6853193
WTG 13	197617	6850434	WTG 36	190337	6854856
WTG 14	196471	6851438	WTG 37	191243	6853582
WTG 15	197305	6849341	WTG 38	191497	6852179
WTG 16	196095	6848208	WTG 39	186742	6850971
WTG 17	197855	6847391	WTG 40	185769	6852865
WTG 18	196110	6847123	WTG 41*	199239	6853710
WTG 19	194526	6847342	WTG 42*	198389	6854274
WTG 20	191792	6847733	WTG 43*	197785	6855227
WTG 21	181288	6853221	WTG 44*	198784	6855488
WTG 22	182402	6851897	WTG 45*	197396	6856243
WTG 23	183892	6849251			

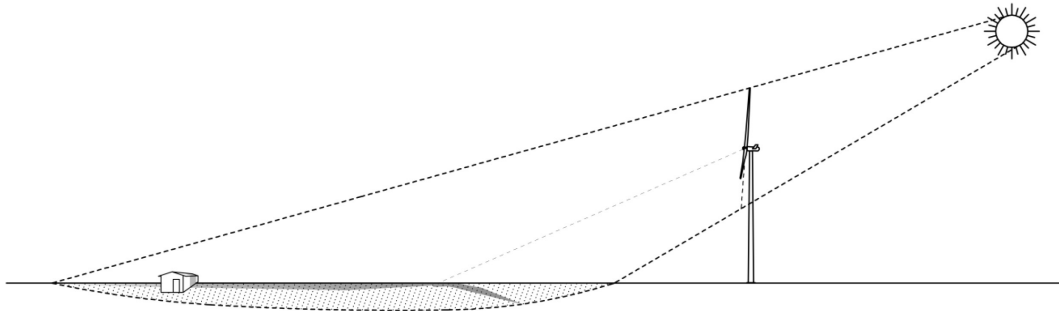
Tämän selvityksen tarkoituksena on selvittää Tahkoluodon merituulipuiston laajennuksen välkevaikutus lähimpiin asuin- ja lomarakennuksiin.

Selvityksessä on lisäksi huomioitu yhteisvaikutus Tahkoluodon merituulipuiston 11 jo olemassa olevan voimalan kanssa ja mantereella Tahkoluodon satama-alueella sijaitsevien 6 Tahkoluodon voimalan kanssa.

¹ Kaikki tässä raportissa esitetyt koordinaatit ovat ETRS-TM35FIN koordinaatistossa.

1.1 Välke

Tuulivoimala voi aiheuttaa lähiympäristöönsä välkettä, kun auringon valo osuu käynnissä olevan tuulivoimalan pyöriviin lapoihin. Tällöin lapojen pyöriminen aiheuttaa liikkuvan varjon, joka voi ulottua jopa 4 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 seuraavassa kuvassa (Kuva 1-1).



Kuva 1-1. Havainnollistus välkkeestä. Tuulivoimala voi aiheuttaa lähiympäristöönsä välkettä, kun auringon valo paistaa tuulivoimalan takaa ja osuu käynnissä olevan tuulivoimalan pyöriviin lapoihin.

1.2 Sovellettavat raja- ja ohjearvot

Suomessa ei ole raja-arvoja koskien tuulivoimaloista aiheutuvaa välkevaikutusta tai olemassa olevia suosituksia sen mallintamisesta. Ympäristöhallinnon ohjeen (Ympäristöministeriö 2016) mukaan Suomessa välkevaikutusten arvioinnissa on suositeltavaa käyttää apuna muiden maiden suosituksia. Samassa oppaassa mainitaan asutuskohteiden lisäksi muut häiriintyvät kohteet, mutta näidenkään välkemääriä ei käsitellä tarkemmin, vaan viitataan muiden maiden ohjeistuksiin. Välkevaikutusten arvioinnin taustaksi esitellään seuraavassa Saksassa, Ruotsissa ja Tanskassa 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 tuulipuistosta syntyvälle välkevaikutukselle:

- korkeintaan 30 tuntia vuodessa niin sanotussa teoreettisessa maksimitilanteessa
- korkeintaan 30 minuuttia päivässä niin sanotussa teoreettisessa maksimitilanteessa

- mikäli voimalan automaattinen säätely on käytössä, niin sanottu realistinen välkevaikutus tulee rajoittaa korkeintaan kahdeksaan tuntiin vuodessa.

Ohjeistus Ruotsissa

Ruotsissa ei ole virallisia raja-arvoja välkevaikutukselle, vaan ainoastaan suositukset (Vindlov 2015), jotka perustuvat Saksassa olevaan ohjeistukseen. Ruotsin suositusten mukaan niin sanotussa teoreettisessa maksimitilanteessa välkevaikutusta saa syntyä korkeintaan 30 tuntia vuodessa. Niin sanottu realistinen välkevaikutus saa suositusten mukaan olla asutuskohteissa korkeintaan 8 tuntia vuodessa ja 30 minuuttia päivässä. Ruotsissa viimeaikaisten oikeuden päätösten mukaan 8 tunnin vuosittainen realistisen välkevaikutuksen ohje-arvo on muodostunut sitovaksi.

Ohjeistus Tanskassa

Tanskassa on suositus (Danish Government), että niin sanotussa realistisessa tilanteessa välkevaikutusta saa syntyä korkeintaan 10 tuntia vuodessa.

2 Arviointimenetelmät ja arvioinnin epävarmuudet

2.1 Arviointimenetelmät

Tuulivoimapuiston aiheuttaman välkkeen vaikutuksia arvioitiin laskennallisilla menetelmin käyttäen tähän tarkoitukseen kehitettyä windPRO 3.4 -ohjelmiston SHADOW-mallinnusmoduulia. Tuulivoimapuiston laajennusta ja sovellettua tuulivoimalamallia koskevat parametrit olivat:

- 40 (VE1) ja 45 (VE2) voimalan sijoitussuunnitelmat (Taulukko 1-1)
- Tuulivoimaloiden napakorkeus on 172 metriä ja roottorin halkaisija 276 metriä (voimaloiden kokonaiskorkeus tällöin 310 metriä)
- Yhteisvaikutusten mallinnuksessa on huomioitu 11 jo olemassa olevaa Tahkoluodon merituulipuiston voimalaa (1 voimala 80 m napakorkeudella ja 101 m roottorin halkaisijalla, 10 voimalaa 90.7 m napakorkeudella ja 130 m roottorin halkaisijalla) ja 6 mantereen puolella sijaitsevaa Tahkoluodon voimalaa (1 voimala 80 m napakorkeudella ja 76 m roottorin halkaisijalla, 3 voimalaa 60 m napakorkeudella ja 54.2 m roottorin halkaisijalla, 1 voimala 90 m napakorkeudella ja 90 m roottorin halkaisijalla ja 1 voimala 100 m napakorkeudella ja 100 m roottorin halkaisijalla)

Laskentamalli huomioi hankealueen sijainnin (auringonpaistekulma ja päivittäinen valoisa aika), tuulivoimaloiden sijoitussuunnitelman, voimaloiden aiheuttaman välkkeen yhteisvaikutuksen, tuulivoimaloiden mittasuhteet (napakorkeus, roottorin halkaisija ja lapaprofiili), maaston korkeuskäyrät sekä valitut laskentaparametrit (Taulukko 2-1).

Taulukko 2-1. WindPRO-ohjelmiston SHADOW-mallinnuksessa sovelletut laskentaparametrit.

Laskennan aikaresoluutio	1 minuutti
Laskentasäde tuulivoimalan ympärillä	Etäisyys, jolla vähintään 20 prosenttia auringosta on tuulivoimalan lavan peittämä huomioidulla minimikulmalla. Laskentasäde tarkasteltavilla voimaloilla on 4085 m (310 m kokonaiskorkeus).
Auringon korkeus merenpinnasta – huomioitu minimikulma	3 astetta (Mikäli auringonpaistekulma on alle 3 astetta, auringon valon oletetaan siroavan ilmakehässä niin paljon, ettei se aiheuta havaittavia varjoja.)
Maaston korkeusvaihteluiden vaikutus näkemiseen	Huomioitu Välkettä ei voi mallinnuksessa aiheutua havaintopisteeseen, mikäli maaston korkeusvaihtelut estäisivät näköyhteyden tuulivoimalaan.
Puuston vaikutus näkemiseen	Ei huomioitu Välkettä voi mallinnuksessa aiheutua havaintopisteeseen, vaikka puusto todellisuudessa estäisi näköyhteyden tuulivoimalaan.
Havaintokorkeus	1,5 metriä

Määritellyillä laskentaparametreilla sekä oletuksella, että voimalan roottorin oletetaan pyörivän jatkuvasti ja olevan kohtisuorassa auringonsäteitä vastaan, saadaan arvio aiheutuvasta välkkeen teoreettisesta maksimimäärästä.

Laskentamenetelmä ei automaattisesti huomioi välkkeeseen vaikuttavia ylimääräisiä tekijöitä, kuten pilvisyyttä. Jotta saataisiin parempi kuva odotettavissa olevasta välkkeen määrästä, on laskettu myös realistinen arvio. Realistinen arvio ottaa huomioon paikallisen tuulijakauman sekä auringonpaistehavainnot (verrannollinen alueen leveyspiiriin ja pilvisyyshavaintoihin). Tuulennopeusjakaumasta saadaan laskettua osuus ajasta, jolloin voimala ei pyöri, koska tuulennopeus on joko liian alhainen tai liian korkea suhteessa voimalatyyppin käyntiväliin. Paikallinen tuulensuuntajakauma sen sijaan vaikuttaa roottorin suuntaukseen ja edelleen mallinnuksen laskentasäteeseen valittujen laskentaparametrien mukaisesti (Taulukko 2-1). Tuulensuuntajakauma ja tuotantoaika on saatu EMD-WRF Europe+ (ERA5) -referenssidatasta vuosilta 2000–2020. Mallinnuksessa käytetyt auringonpaistetilat on saatu Jokioisten sääaseman auringonpaistehavainnoista (kuukausitason keskiarvot) vuosilta 1981–2010.

Tulosten havainnollistamista varten määritettiin niin kutsuttuja reseptoripisteitä (lähellä tuulivoimaloita sijaitsevia loma- tai asuinrakennuksia), joille laskettiin yksityiskohtaisemmat tulokset. Reseptoripisteiden oletettiin olevan "kasvihuonetyyppisiä", jolloin joka suunnasta tuleva välke otetaan huomioon. Reseptoripisteiden leveys on 2 m, korkeus 2 m ja korkeus maanpinnasta 1 m. Reseptoripisteitä valittiin hankealueen ympäriltä 10 kappaletta (nimetty R1-R10).

Välkemallinnuksen tuloksena saadaan välkkeen esiintymisen määrä ja ajankohta tarkastellulle tuulivoimapuiston sijoitus suunnitelmalle. Mallinnuksen tulokset saadaan karttakuvina sekä reseptoripistekohtaisina numeerisina arvoina.

2.2 Arvioinnin epävarmuudet

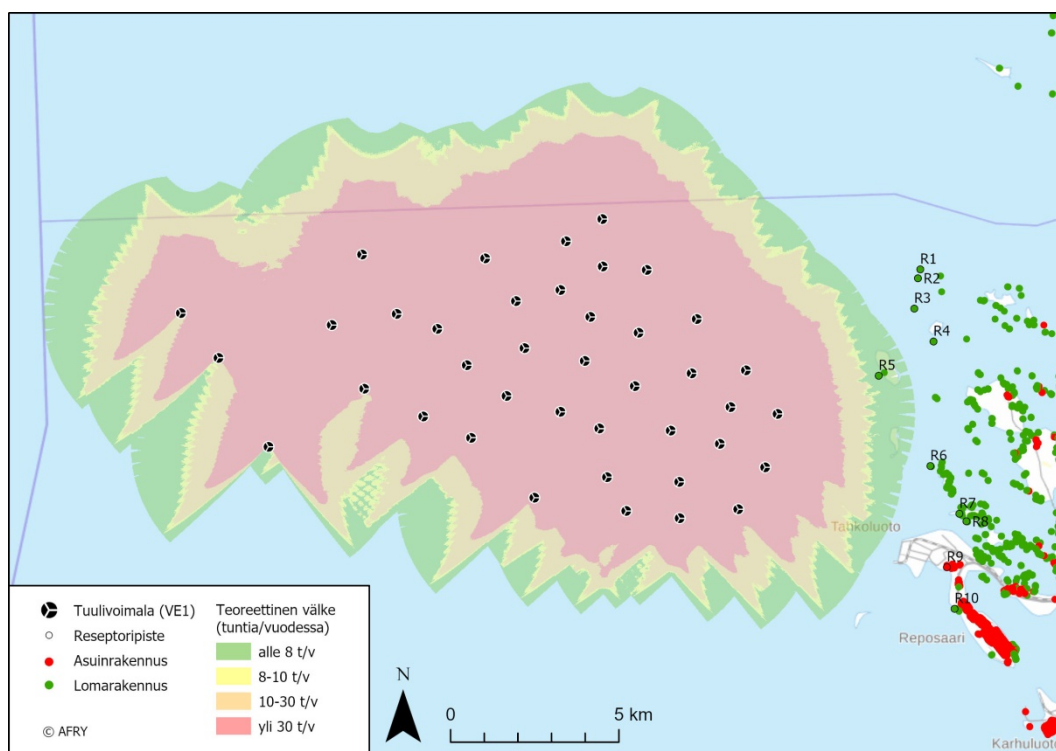
Välkkeen teoreettista maksimimäärää mallinnettaessa lapojen oletetaan pyörivän jatkuvasti ja roottorin olevan kohtisuorassa aurinkoon nähden aiheuttaen maksimaalisen varjon. Todellisuudessa tuuliturbiineilla on tuulennopeudesta riippuvainen käyntiväli, jolloin liian alhaisilla tai korkeilla tuulennopeuksilla lavat eivät pyöri. Lisäksi roottorin suuntaus määräytyy todellisuudessa havaitun tuulensuunnan perusteella, eikä varjon muodostuminen ole näin ollen aina taattua (lavan on havaitusijasta nähden peitettävä auringosta yli 20 prosenttia, jotta havaittava varjo syntyy). Teoreettinen maksimimäärä edustaa siis selkeästi konservatiivista arviota tuulivoimaloiden aiheuttamasta välkkeen määrästä.

Referenssidatan mallinnustarkkuus aiheuttaa epävarmuutta realistiseen arvioon tuulennopeus- ja -suuntajakauman käytön vuoksi. Auringonpaistehavaintojen käyttö lisää myös hieman epävarmuutta, sillä hankealueen etäisyys Jokioisten sääasemalle (Tahkoluotoa lähin auringonpaistetunteja mittaava sääasema) on noin 137 kilometriä. Mallinuksissa ei ole huomioitu kasvillisuuden vähentävää vaikutusta välkkeen havaitsemiseen, jolloin etenkin kesäaikainen välkkeen määrä yliarvioidaan.

3 Vaikutusten arviointi

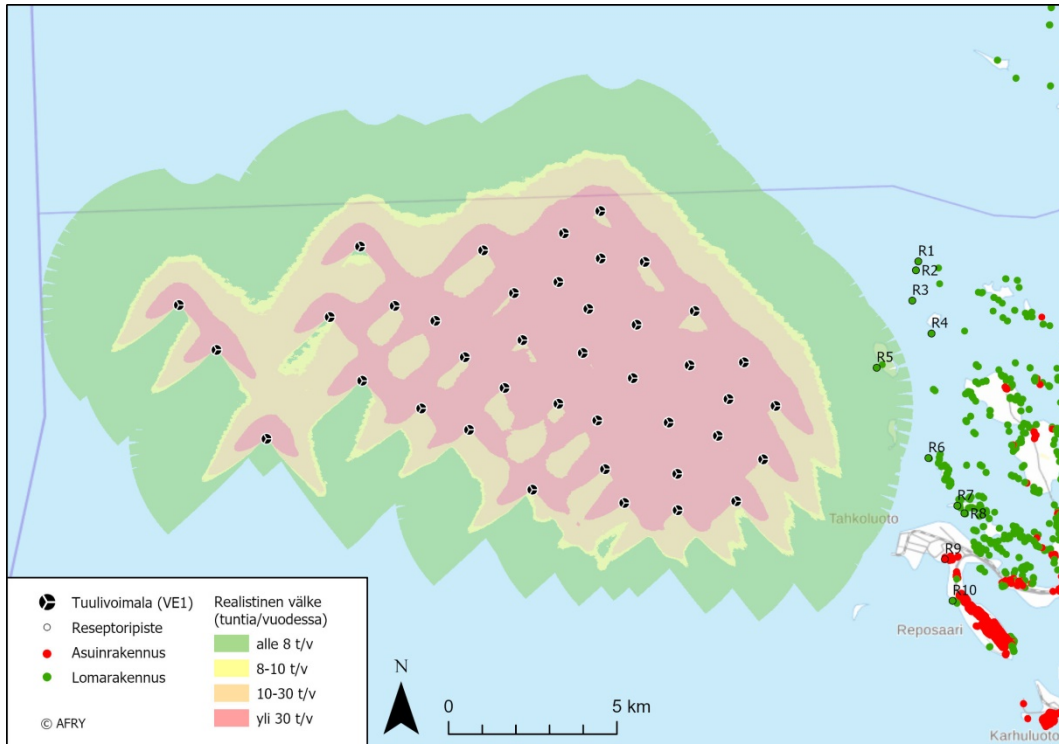
3.1 Tahkoluodon laajennus

Mallinnuksen tuloksena saadut kartat välkkeen teoreettiselle maksimimäärälle ja realistisille määrälle molemmilla Tahkoluodon merituulipuiston laajennuksen sijoitussuunnitelmilla (VE1 ja VE2) on esitetty seuraavissa kuvissa (Kuva 3-1 – Kuva 3-4). Mallinnus on tehty tuulivoimaloilla, joiden napakorkeus on 172 m ja roottorin halkaisija 276 m. Kuvista nähdään, että välkkeen määrä on suurta tuulivoimaloiden välittömässä läheisyydessä olevilla asumattomilla alueilla, mutta se vähenee voimakkaasti etäisyyden kasvaessa.



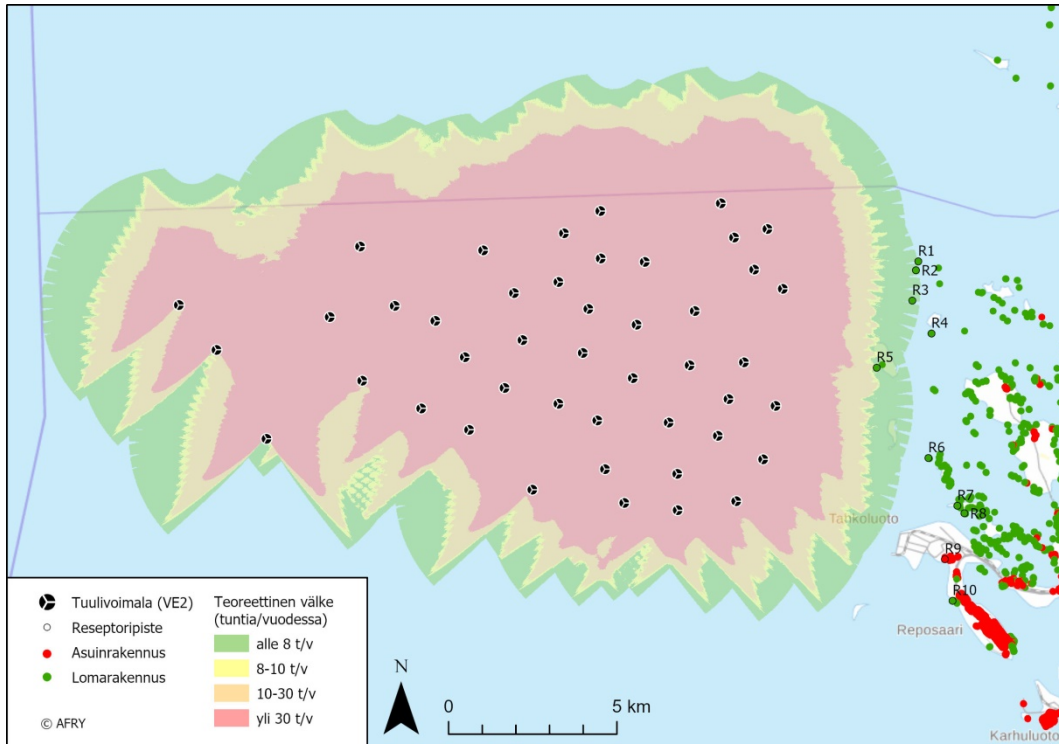
Kuva 3-1. Välkkeen teoreettinen määrä tunteina vuodessa (auringonpaistehavaintoja ei ole huomioitu) Tahkoluodon laajennuksen 40 voimalan sijoitussuunnitelmalla (VE1). Mallinnus on tehty tuulivoimaloilla, joiden napakorkeus on 172 m ja roottorin halkaisija 276 m.

Kuvasta 3-1 nähdään, että mallinnusparametrien puitteissa välke ulottuu kahteen ympäristössä olevaan lomarakennukseen. Välkkeen määrä ei ylitä muiden maiden sovellettuja vuosittaisia ja päivittäisiä teoreettisia raja-arvoja yhdessäkään reseptoripisteessä. Välkettä kohdistuu ainoastaan reseptoripisteeseen R5 (4 tuntia ja 45 minuuttia vuodessa). Reseptoripistekohtaiset tulokset on esitetty myöhemmin (Taulukko 3-1).



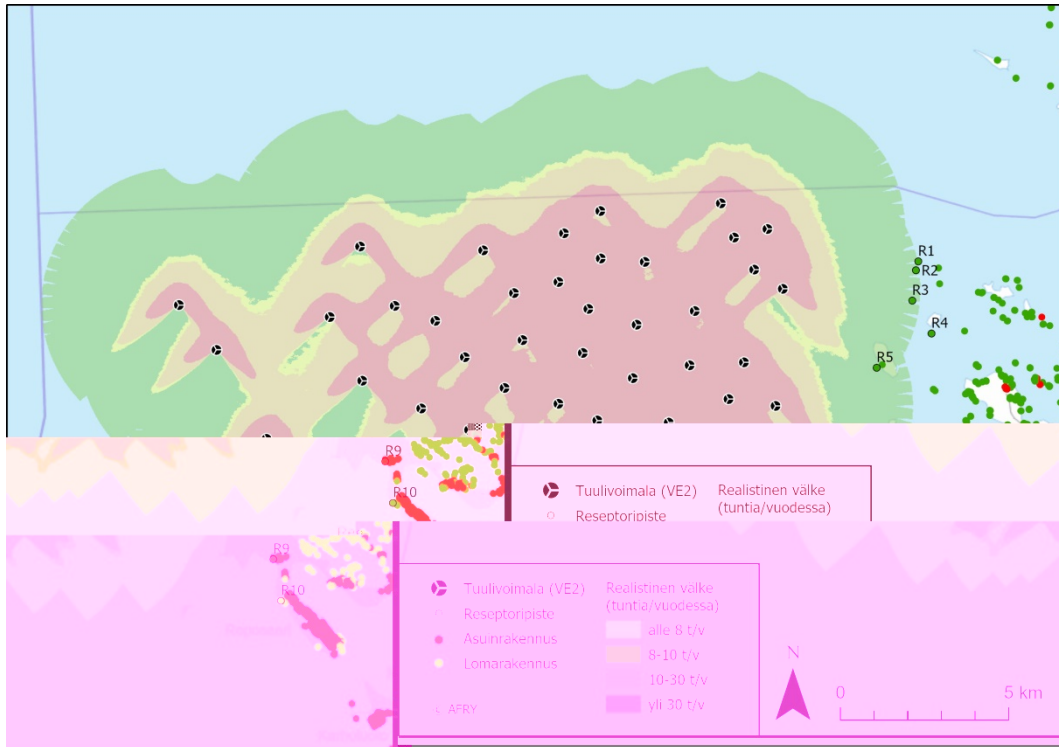
Kuva 3-2. Välikeen realistinen määrä tunteina vuodessa (auringonpaistehavainnot otettu huomioon) Tahkoluodon laajennuksen 40 voimalan sijoitussuunnitelmaa (VE1). Mallinnus on tehty tuulivoimaloilla, joiden napakorkeus on 172 m ja roottorin halkaisija 276 m.

Kuten kuvasta 3-2 nähdään, myös realistisessa mallinnuksessa käytettyjen parametrien puitteissa välike ulottuu kahteen ympäristössä olevaan lomarakennukseen. Välikeen määrä ei ylittä muiden maiden sovellettuja realistisia vuosittaisia raja-arvoja yhdessäkään reseptoripisteessä. Välikeä kohdistuu ainoastaan reseptoripisteeseen R5 (49 minuuttia vuodessa). Reseptoripistekohtaiset tulokset on esitetty taulukossa 3-1.



Kuva 3-3. Välikeen teoreettinen määrä tunteina vuodessa (auringonpaistehavaintoja ei ole huomioitu) Tahkoluodon laajennuksen 45 voimalan sijoitusuunnitelmalla (VE2). Mallinnus on tehty tuulivoimaloilla, joiden napakorkeus on 172 m ja roottorin halkaisija 276 m.

Kuvasta 3-3 nähdään, että mallinnusparametrien puitteissa välike ulottuu ympäristössä oleviin lomarakennuksiin. Välikeen määrä ei ylitä muiden maiden sovellettuja vuosittaisia ja päivittäisiä teoreettisia raja-arvoja yhdessäkään reseptoripisteessä. Eniten välikeä kohdistuu reseptoripisteeseen R5 (8 tuntia ja 26 minuuttia vuodessa). Reseptoripistekohtaiset tulokset on esitetty myöhemmin (Taulukko 3-1).



Kuva 3-4. Välikkeen realistinen määrä tunteina vuodessa (auringonpaistehavainnot otettu huomioon) Tahkoluodon laajennuksen 45 voimalan sijoitussuunnitelmalla (VE2). Mallinnus on tehty tuulivoimaloilla, joiden napakorkeus on 172 m ja roottorin halkaisija 276 m.

Kuten kuvasta 3-4 nähdään, myös realistisessa mallinnuksessa käytettyjen parametrien puitteissa välike ulottuu ympäristössä oleviin lomarakennuksiin. Välikkeen määrä ei ylitä muiden maiden sovellettuja realistisia vuosittaisia raja-arvoja yhdessäkään reseptoripisteessä. Eniten väkettä kohdistuu reseptoripisteeseen R5 (1 tunti ja 51 minuuttia vuodessa). Reseptoripistekohtaiset tulokset on esitetty taulukossa 3-1.

Taulukko 3-1. Mallinnusten mukaiset välkemäärät reseptoripisteittäin Tahkoluodon laajennuksen 45 voimalan sijoitussuunnitelmalla (VE2). Mallinnus on tehty tuulivoimaloilla, joiden napakorkeus on 172 m ja roottorin halkaisija 276 m. Reseptoripisteiden koordinaatit on esitetty ETRS-TM35FIN koordinaatistossa.

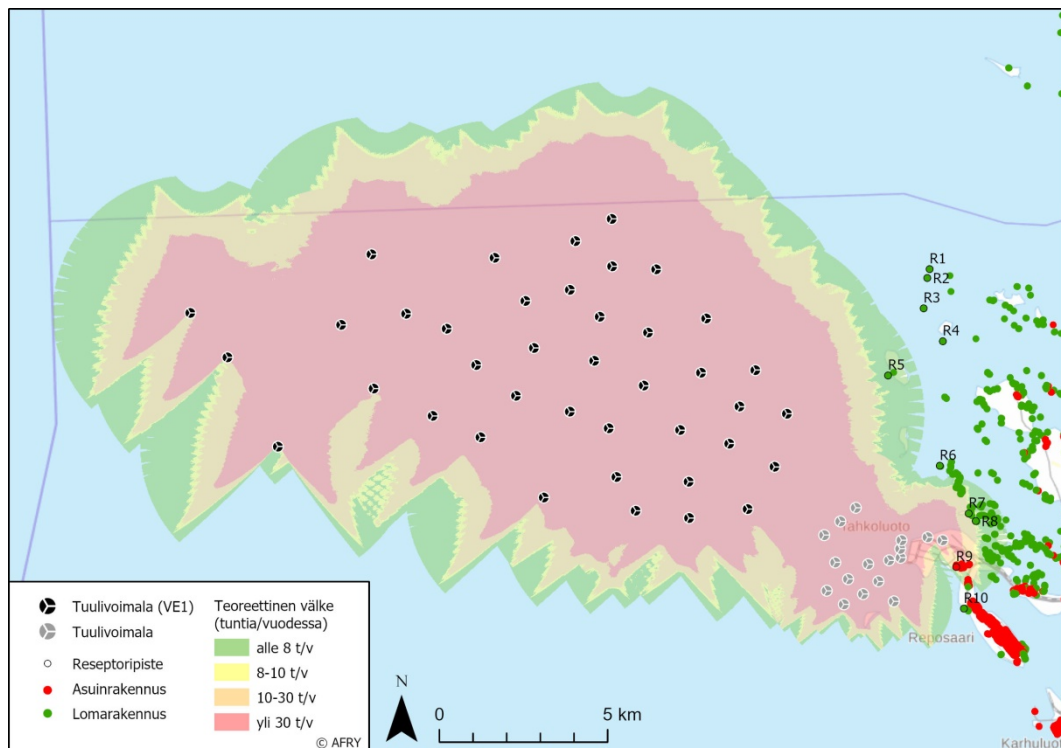
			40 voimalan sijoitussuunnitelma (VE1)				45 voimalan sijoitussuunnitelma (VE2)		
	Itä-koordinaatti (m)	Pohjois-koordinaatti (m)	Teoreettinen maksimi		Realistinen maksimi		Teoreettinen maksimi		Realistinen maksimi
			(t/v)	(t/p)	(t/v)	(t/v)	(t/p)	(t/v)	
R1	203260	6854522	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	
R2	203190	6854258	0:00	0:00	0:00	1:15	0:11	0:13	
R3	203082	6853357	0:00	0:00	0:00	1:30	0:12	0:16	
R4	203652	6852378	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	
R5	202024	6851361	4:45	0:18	0:49	8:26	0:18	1:51	
R6	203561	6848679	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	
R7	204421	6847260	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	
R8	204630	6847035	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	
R9	204049	6845671	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	
R10	204278	6844434	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	

Taulukossa 3-1 on esitetty sekä välkkeen teoreettinen kokonaiskesto aika tunteina vuodessa ja vuorokaudessa että realistinen kokonaiskesto aika tunteina vuodessa. Realistisessa kokonaiskestossa on huomioitu auringonpaistetilat ja tuulensuuntajakauma.

Tarkastelluilla sijoitusvaihtoehdoilla ja voimalamitoilla (napakorkeus 172 m, roottorin halkaisija 276 m) reseptoripisteisiin kohdistuva välke ei ylitä aiemmin kappaleessa 1.2 esiteltyjä muiden maiden raja-arvoja ja suosituksia teoreettisen tai realistisen arvon suhteen yhdessäkään reseptoripisteessä (Taulukko 3-1). Mallinnuksen tulosten perusteella välke on vähäistä hankealueen läheisyydessä tarkastelluilla sijoitussuunnitelmilla, roottorin halkaisijalla ja napakorkeudella mallinnusepävarmuuksien puitteissa.

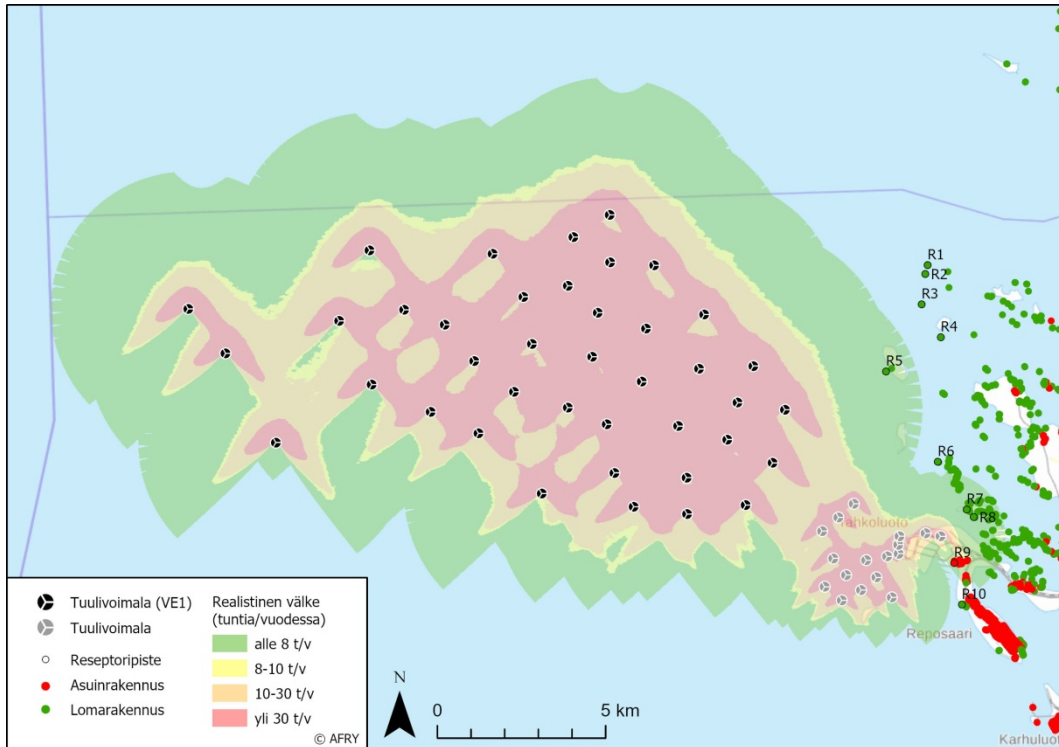
3.2 Yhteisvaikutusten huomioiminen

Mallinnuksen tuloksena saadut kartat väkkeen teoreettiselle maksimimäärälle ja realistisille määrälle molemmilla Tahkoluodon merituulipuiston laajennuksen sijoitussuunnitelmilla (VE1 ja VE2) on esitetty seuraavissa kuvissa (Kuva 3-5 – Kuva 3-8). Mallinnus on tehty tuulivoimaloilla, joiden napakorkeus on 172 m ja roottorin halkaisija 276 m. Mallinnuksessa on huomioitu väkkeen yhteisvaikutus jo olemassa olevien 11 Tahkoluodon merituulipuiston voimalan ja mantereen puolella satama-alueella sijaitsevien 6 Tahkoluodon voimalan kanssa. Yhteisvaikutuksissa huomioitujen voimaloiden mitat on esitetty kappaleessa 2.1. Kuvista nähdään, että väkkeen määrä on suurta tuulivoimaloiden välittömässä läheisyydessä olevilla asumattomilla alueilla, mutta se vähenee voimakkaasti etäisyyden kasvaessa.



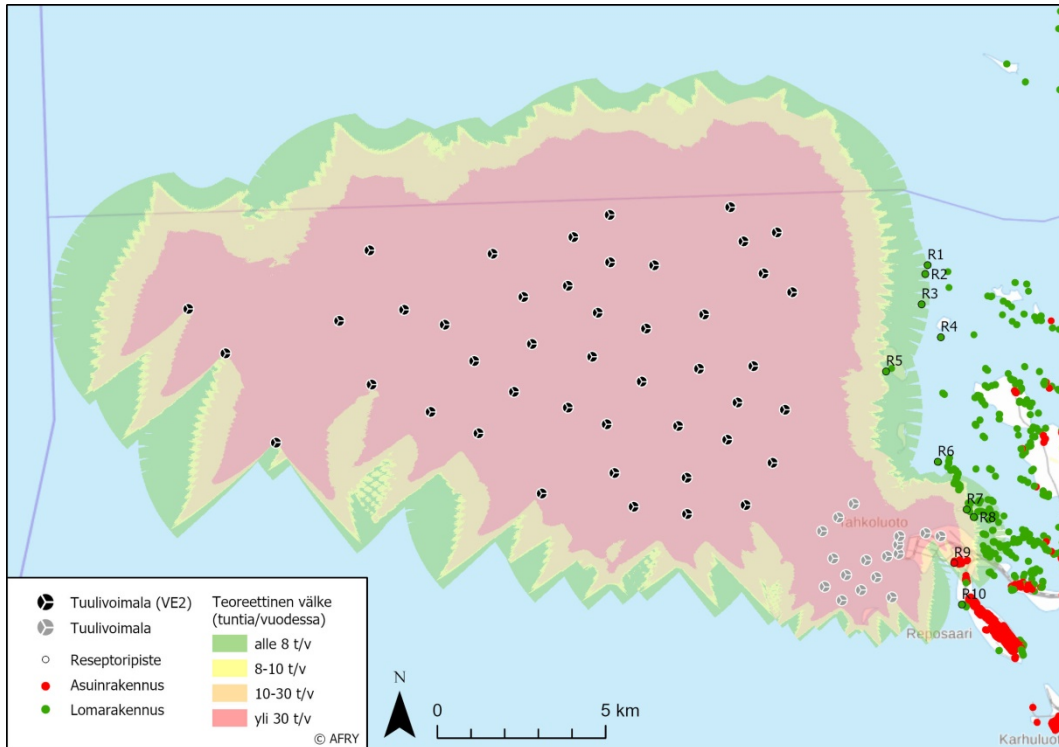
Kuva 3-5. Väkkeen teoreettinen määrä tunteina vuodessa (auringonpaistehavaintoja ei ole huomioitu) Tahkoluodon laajennuksen 40 voimalan sijoitussuunnitelmalla (VE1). Mallinnus on tehty tuulivoimaloilla, joiden napakorkeus on 172 m ja roottorin halkaisija 276 m. Mallinnuksessa on lisäksi huomioitu Tahkoluodon merituulipuiston 11 olemassa olevaa voimalaa ja 6 satama-alueella sijaitsevaa Tahkoluodon olemassa olevaa voimalaa.

Kuvasta 3-5 nähdään, että mallinnusparametrien puitteissa väлке ulottuu ympäristössä oleviin asuin- ja lomarakennuksiin. Väkkeen määrä ei ylitä muiden maiden sovellettuja vuosittaisia ja päivittäisiä teoreettisia raja-arvoja yhdessäkään reseptoripisteessä. Reseptoripisteisiin kohdistuva väлке aiheutuu reseptoripistettä R5 lukuun ottamatta pelkästään jo olemassa olevista Tahkoluodon tuulivoimaloista eikä Tahkoluodon laajennus kasvata väлкеvaikutuksia kyseisissä reseptoripisteissä. Eniten väلكettä kohdistuu reseptoripisteeseen R9 (15 tuntia ja 1 minuutti vuodessa). Reseptoripistekohtaiset tulokset on esitetty taulukossa 3-2.



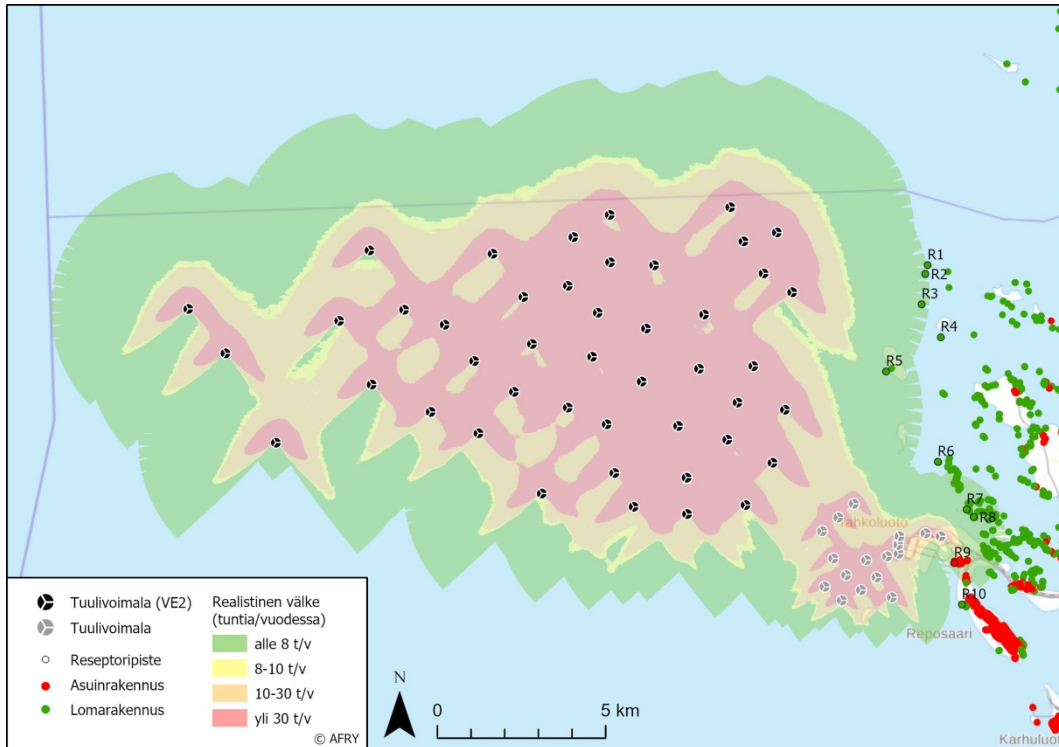
Kuva 3-6. Välikkeen realistinen määrä tunteina vuodessa (auringonpaistehavainnot otettu huomioon) Tahkoluodon laajennuksen 40 voimalan sijoitussuunnitelmalla (VE1). Mallinnus on tehty tuulivoimaloilla, joiden napakorkeus on 172 m ja roottorin halkaisija 276 m. Mallinnuksessa on lisäksi huomioitu Tahkoluodon merituulipuiston 11 olemassa olevaa voimalaa ja 6 satama-alueella sijaitsevaa Tahkoluodon olemassa olevaa voimalaa.

Kuten kuvasta 3-6 nähdään, myös realistisessa mallinnuksessa käytettyjen parametrien puitteissa väike ulottuu ympäristössä oleviin asuin- ja lomarakennuksiin. Välikkeen määrä ei ylitä muiden maiden sovellettuja realistisia vuosittaisia raja-arvoja yhdessä reseptoripisteessä. Reseptoripisteisiin kohdistuva väike aiheutuu reseptoripistettä R5 lukuun ottamatta pelkästään jo olemassa olevista Tahkoluodon tuulivoimaloista eikä Tahkoluodon laajennus kasvata väikevaikutuksia kyseisissä reseptoripisteissä. Eniten väikettä kohdistuu reseptoripisteeseen R9 (4 tuntia ja 1 minuutti vuodessa). Reseptoripistekohtaiset tulokset on esitetty taulukossa 3-2.



Kuva 3-7. Välikeen teoreettinen määrä tunteina vuodessa (aurionpaistehavaintoja ei ole huomioitu) Tahkoluodon laajennuksen 45 voimalan sijoitussuunnitelmalla (VE2). Mallinnus on tehty tuulivoimaloilla, joiden napakorkeus on 172 m ja roottorin halkaisija 276 m. Mallinnuksessa on lisäksi huomioitu Tahkoluodon merituulipuiston 11 olemassa olevaa voimalaa ja 6 satama-alueella sijaitsevaa Tahkoluodon olemassa olevaa voimalaa.

Kuvasta 3-7 nähdään, että mallinnusparametrien puitteissa välike ulottuu ympäristössä oleviin asuin- ja lomarakennuksiin. Välikeen määrä ei ylitä muiden maiden sovellettuja vuosittaisia ja päivittäisiä teoreettisia raja-arvoja yhdessäkään reseptoripisteessä. Reseptoripisteisiin kohdistuva välike aiheutuu reseptoripistettä R5 lukuun ottamatta pelkästään jo olemassa olevista Tahkoluodon tuulivoimaloista eikä Tahkoluodon laajennus kasvata välikevaikutuksia kyseisissä reseptoripisteissä. Eniten välikeä kohdistuu reseptoripisteeseen R9 (15 tuntia ja 1 minuutti vuodessa). Reseptoripistekohtaiset tulokset on esitetty myöhemmin taulukossa 3-2.



Kuva 3-8. Välikkeen realistinen määrä tunteina vuodessa (auringonpaistehavainnot otettu huomioon) Tahkoluodon laajennuksen 45 voimalan sijoitussuunnitelmalla (VE2). Mallinnus on tehty tuulivoimaloilla, joiden napakorkeus on 172 m ja roottorin halkaisija 276 m. Mallinnuksessa on lisäksi huomioitu Tahkoluodon merituulipuiston 11 olemassa olevaa voimalaa ja 6 satama-alueella sijaitsevaa Tahkoluodon olemassa olevaa voimalaa.

Kuten kuvasta 3-8 nähdään, myös realistisessa mallinnuksessa käytettyjen parametrien puitteissa väike ulottuu ympäristössä oleviin asuin- ja lomarakennuksiin. Välikkeen määrä ei ylitä muiden maiden sovellettuja realistisia vuosittaisia raja-arvoja yhdessä reseptoripisteessä. Reseptoripisteisiin kohdistuva väike aiheutuu reseptoripistettä R5 lukuun ottamatta pelkästään jo olemassa olevista Tahkoluodon tuulivoimaloista eikä Tahkoluodon laajennus kasvata väikevaikutuksia kyseisissä reseptoripisteissä. Eniten väikettä kohdistuu reseptoripisteeseen R9 (4 tuntia ja 2 minuuttia vuodessa). Reseptoripistekohtaiset tulokset on esitetty taulukossa 3-2.

Taulukko 3-2. Mallinnusten mukaiset välkemäärät reseptoripisteittäin Tahkoluodon laajennuksen 45 voimalan sijoitussuunnitelmalla (VE2). Mallinnus on tehty tuulivoimaloilla, joiden napakorkeus on 172 m ja roottorin halkaisija 276 m. Mallinnuksessa on lisäksi huomioitu Tahkoluodon merituulipuiston 11 jo olemassa olevaa voimalaa ja 6 satama-alueella sijaitsevaa Tahkoluodon olemassa olevaa voimalaa. Reseptoripisteiden koordinaatit on esitetty ETRS-TM35FIN koordinaatistossa.

	Itä- koordinaatti (m)	Pohjois- koordinaatti (m)	40 voimalan sijoitussuunnitelma (VE1)			45 voimalan sijoitussuunnitelma (VE2)		
			Teoreettinen maksimi		Realistinen maksimi	Teoreettinen maksimi		Realistinen maksimi
			(t/v)	(t/p)	(t/v)	(t/v)	(t/p)	(t/v)
R1	203260	6854522	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
R2	203190	6854258	0:00	0:00	0:00	1:15	0:11	0:12
R3	203082	6853357	0:00	0:00	0:00	1:30	0:12	0:16
R4	203652	6852378	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
R5	202024	6851361	4:45	0:18	0:48	8:26	0:18	1:48
R6	203561	6848679	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
R7	204421	6847260	12:46	0:22	1:40	12:46	0:22	1:41
R8	204630	6847035	9:17	0:21	1:30	9:17	0:21	1:30
R9	204049	6845671	15:01	0:19	4:01	15:01	0:19	4:02
R10	204278	6844434	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00

Taulukossa 3-2 on esitetty sekä välkkeen teoreettinen kokonaiskesto aika tunteina vuodessa ja vuorokaudessa että realistinen kokonaiskesto aika tunteina vuodessa. Realistisessa kokonaiskestossa on huomioitu auringonpaistetilat ja tuulensuuntajakauma.

Tarkastelluilla sijoitusvaihtoehdoilla (VE1 ja VE2) ja voimalamitoilla (napakorkeus 172 m, roottorin halkaisija 276 m) reseptoripisteisiin kohdistuva välke ei ylitä aiemmin kappaleessa 1.2 esiteltyjä muiden maiden raja-arvoja ja suosituksia teoreettisen tai realistisen arvon suhteen yhdessäkään reseptoripisteessä (Taulukko 3-1), kun yhteisvaikutus jo olemassa olevien 11 Tahkoluodon merituulipuiston voimalan ja mantereen puolella satama-alueella sijaitsevien 6 Tahkoluodon voimalan kanssa on huomioitu. Mallinnuksen tulosten perusteella välke on vähäistä hankealueen läheisyydessä tarkastelluilla sijoitussuunnitelmilla, roottorin halkaisijalla ja napakorkeudella mallinnusepävarmuuksien puitteissa.

4 YHTEENVETO

Suomen Hyötytuuli Oy suunnittelee Porissa sijaitsevaan Tahkoluodon merituulipuistoon enintään 40 (VE1) tai 45 (VE2) tuulivoimalan laajennusta. Tässä selvityksessä on arvioitu Tahkoluodon merituulipuiston laajennuksen aiheuttaman välkkeen vaikutuksia lähialueille. Arvioinnissa on sovellettu 172 metrin napakorkeutta ja 276 metrin roottorin halkaisijaa (voimalan kokonaiskorkeus 310 metriä). Lisäksi selvityksessä on huomioitu yhteisvaikutus jo olemassa olevien Tahkoluodon merituulipuiston 11 voimalan ja mantereen puolella satama-alueella sijaitsevien Tahkoluodon tuulipuiston 6 voimalan kanssa.

Välkemallinnuksen mukaan hankealueen läheisyyteen kohdistuva välke on vähäistä tarkastelluilla sijoitussuunnitelmilla, roottorin halkaisijoilla ja napakorkeuksilla. Tarkastelluilla sijoitusvaihtoehdoilla (VE1 ja VE2) ja voimalamitoilla reseptoripisteisiin kohdistuva välke ei ylitä Suomessa sovellettavia muiden maiden raja-arvoja ja suosituksia teoreettisen tai realistisen arvon suhteen yhdessäkään reseptoripisteessä.

Reseptoripisteisiin kohdistuva välke ei ylitä muiden maiden raja-arvoja ja suosituksia myöskään, kun yhteisvaikutus jo olemassa olevien 11 Tahtoluodon merituulipuiston voimalan ja mantereen puolella satama-alueella sijaitsevien 6 Tahkoluodon tuulivoimalan kanssa on huomioitu.

Hankkeesta syntyvän välkkeen vaikutukset lähialueen asutuskohteisiin arvioidaan vähäisiksi mallinnusepävarmuuksien puitteissa.

Mallinuksissa ei ole huomioitu kasvillisuuden vähentävää vaikutusta, jolloin esitetty malli yliarvioi välkkeen määrän erityisesti kesäaikaan. Välkettä voidaan tarvittaessa ehkäistä pysäyttämällä sitä aiheuttavat tuulivoimalat kriittiseen aikaan.

KIRJALLISUUSVIITTEET

Danish Government 2015. Miljöministeriet Naturstyrelsen. Vejledning om planlægning for og tilladelse til opstilling af vindmøller.

Vindlov 2015. Skuggor, reflexer och ljud. [<http://www.vindlov.se/sv/steg-for-steg/stora-anlaggningar/inledande-skede/halsa-och-sakerhet/skuggor-reflexer-och-ljud/>] (haettu 30.11.2018)

Ympäristöministeriö 2016. Tuulivoimarakentamisen suunnittelu. Päivitys 2016. Ympäristöhallinnon ohjeita 5/2016.

WEA-Shcattenwurf-Hinweise 2002. Hinweise zur Ermittlung und Beurteilung der optischen Immissionen von Windenergieanlagen.