

Machine translation for the purpose of ESPOO consultation.

Please note that only Chapter 15 has been reviewed by a Finnish speaker; the other chapters have been translated by machine.

Please contact Madelene.Andersson@vinge.se if there are any unclarities regarding the translations.



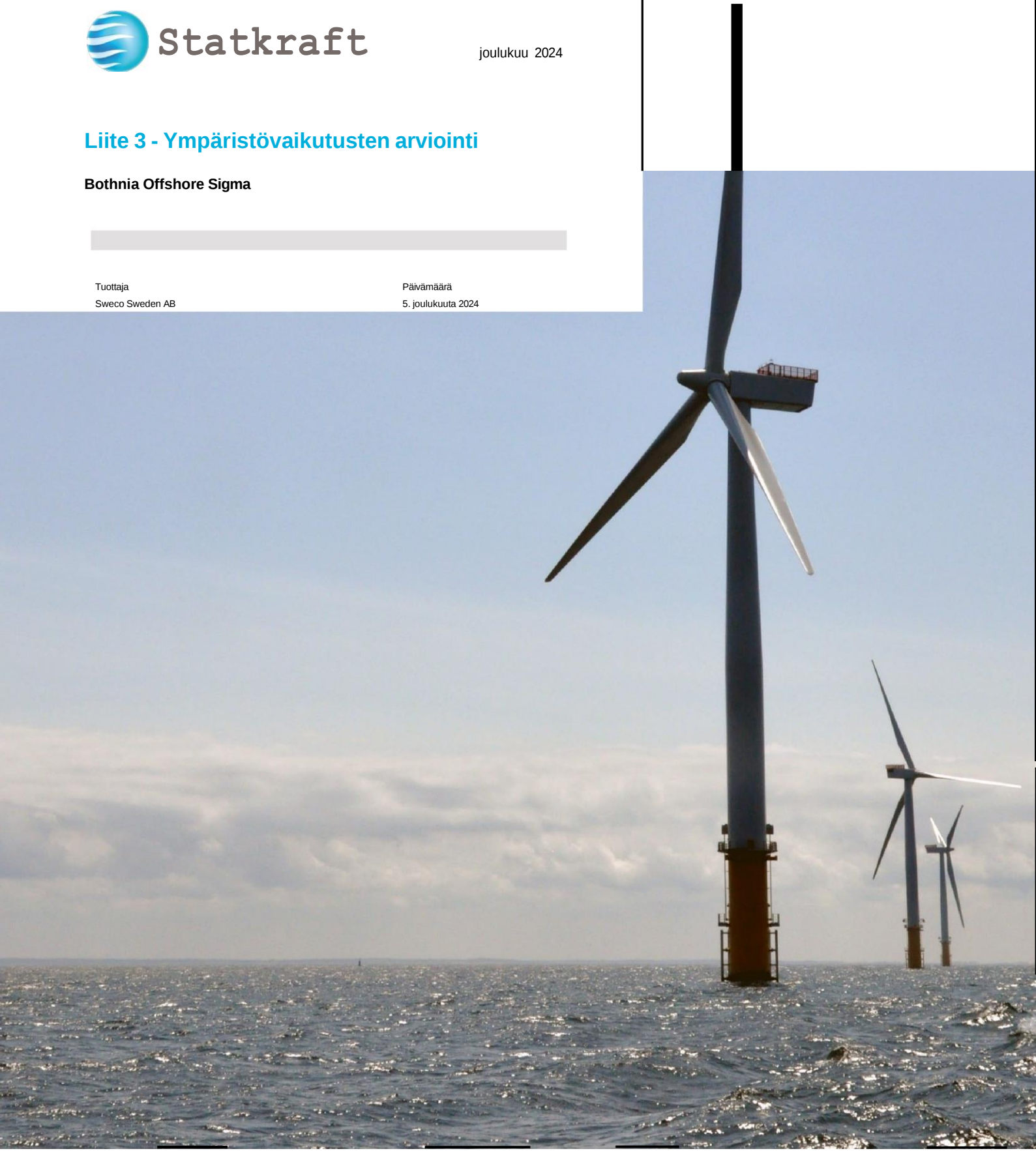
joulukuu 2024

Liite 3 - Ympäristövaikutusten arviointi

Bothnia Offshore Sigma

Tuottaja
Sweco Sweden AB

Päivämäärä
5. joulukuuta 2024



Ympäristövaikutusten arviointi kuvaus

Bothnia Offshore Sigma

Luettelo tarkistuksista

Worm	Päivämäärä	Muutosten kuvaus	Arvosteltu	Valtuutettu
1	2024-12-05	Lopullinen versio	Inger Poveda Björklundin jäsen Inger Poveda Björklund	Lina Sultan

Sisällysluettelo

1	Tausta ja tarkoitus	8
2	Lupamenettely	9
2.1	Lupamenettely ja ympäristöarviointi	9
2.2	Kuulemismenettely	9
3	Vaihtoehtoinen kirjanpito	11
3.1	Vaihtoehtoiset paikannukset	11
3.2	Vaihtoehtoinen muotoilu	13
3.3	Nollavaihtoehto	16
4	Paikannus	17
4.1	Merten aluesuunnittelu	17
4.2	Kansalliset edut	19
4.3	Natura 2000 ja muut suojelualueet	24
4.4	Syvyys ja pohjaolosuhteet	28
4.5	Hydrografia ja tuuliolosuhteet	31
4.6	Merien kaatopaikat	35
4.7	Muut merialueelle suunnitellut tuulipuistot	36
5	Suunnitellut toimet	37
5.1	Tärkeimmät vaihtoehdot	37
5.2	Toiminnan vaiheet	42
5.3	Seurantatoimet	45
6	Vaikutustenarviointimenetelmät	47
6.1	Ympäristöolosuhteiden kuvauksen ja arviointien perusta	47
6.2	Vaikutustenarviointimenetelmät	48
6.3	Muut arvioinnit	50
6.4	Rajaukset	50
7	Odotettavissa olevat ympäristövaikutukset	54
7.1	Ympäristövaikutusten arviointi	54
7.2	Poistettavat ympäristövaikutukset	71
8	Olosuhteet ja seuraukset toimialat	81
8.1	Kaupallinen kalastus	81
8.2	Meriliikenne	85
8.3	Lentoliikenne	93
8.4	Puolustus	95
9	Ympäristöolosuhteet ja -vaikutukset	97
9.1	Pohjaeläimistö	97

9.2	Kala.....	101
9.3	Merinisäkkäät	110
9.4	Linnut	120
9.5	Natura 2000.....	126
9.6	Lepakot	129
9.7	Maisemakuva	132
9.8	Meriarkeologia.....	139
10	Meristrategiapuitedirektiivi ja Itämeren toimintasuunnitelma.....	145
10.1	Meristrategiapuitedirektiivi	145
10.2	Itämeren toimintasuunnitelma	148
11	Valtioiden rajat ylittävät vaikutukset.....	149
11.1	Kalat, merinisäkkäät, linnut ja Natura 2000 -verkosto	149
11.2	Kaupallinen kalastus	150
12	Riski ja turvallisuus	151
12.1	Merenkulun riskit	151
12.2	Ympäristöriskit	156
12.3	Pelastustoimien vaikeutumisen vaara.....	157
12.4	Jään muodostuminen ja jään heittäminen	157
13	Ilmasto	159
13.1	Toiminnan ilmastovaikutukset.....	159
13.2	Toiminnan herkkyys ilmastomuutokselle	159
14	Yhteensovittaminen ympäristötavoitteiden kanssa.....	161
15	Yleisarviointi	163
15.1	Tärkeimpien vaikutusten arviointi.....	163
15.2	Ympäristösääntöjen noudattamisen arviointi.....	165
15.3	Yleisarviointi	165
16	Seuranta ja valvonta.....	167
17	Asiantuntemus.....	168
18	Viitteet.....	170
19	Liitteet	177

Ei-tekniinen yhteenveto

Tausta

Sigma Offshore Wind AB (jäljempänä 'yhtiö') aikoo hakea lupaa merituulipuistolle ja siihen liittyvälle infrastruktuurille. Suunnitellun tuulipuiston nimi on Bothnia Offshore Sigma (jäljempänä Sigma Wind Farm tai tuulipuisto), ja sitä suunnitellaan Perämerelle, Ruotsin talousvyöhykkeelle, Hudiksvallin ja Sundsvallin korkeudelle. Lupahakemuksen kohteena olevasta alueesta käytetään jäljempänä nimitystä "hankealue".

Tuulipuisto suunnitellaan alueelle, jonka katsotaan olevan suotuisa merellä tapahtuvalle energiantuotannolle, kun otetaan huomioon tuuliolosuhteet, syvyys, etäisyys maasta ja vähäiset ristiriitaiset intressit.

Sigman tuulipuiston yleistavoitteena on tuottaa fossiilivapaata sähköä ja siten edistää Ruotsin energia- ja ilmastotavoitteiden saavuttamista sekä tarjota yhteiskunnalle ja yrityksille kilpailukykyistä sähköä.

Tämä ympäristövaikutusten arviointi on hakemuksen liitteenä 3.

Suunnitellut toimet

Hakemuksen kohteena oleviin toimiin kuuluvat Sigman tuulipuiston rakentaminen, käyttö ja käytöstä poistaminen, mukaan lukien siihen liittyvä sisäinen kaapeliverkko, muuntamot ja mahdolliset muuntamot. Yhtiö ei hae tällä hetkellä lupaa maakaapelille. Hakemus ei myöskään koske merenpohjan geoteknisiä tai geofysikaalisia tutkimuksia, sillä näitä lupia on haettu jo aiemmin.

Sigman tuulivoimapuiston on suunniteltu käsittävän jopa 143 tuulivoimalaa, joiden kokonaiskorkeus on enintään 370 metriä. Tuulipuiston asennettu kokonaiskapasiteetti on noin 3 700 MW ja vuotuinen energiantuotanto jopa noin 13,6 TWh, mikä vastaa lähes kolme kertaa Gävleborgin läänin vuotuista energiantuotantoa.

Tuulipuiston lopullinen suunnittelu mukautetaan tekniseen kehitykseen, ja siinä otetaan huomioon muun muassa merenpohjan olosuhteet ja käydään vuoropuhelua asianomaisten viranomaisten kanssa.

Ympäristövaikutusten arvioinnin pohjaksi on tuotettu kattava tietopohja, joka koostuu hankealueen kenttätutkimuksista ja selvityksistä. Asiakirja-aineisto sisältää asiantuntijatutkimuksia, merenpohjatutkimuksia, lintututkimuksia sekä sedimentin leviämisen, virtausten ja äänen leviämisen mallintamista. Tulokset on esitetty taustaraporteissa, jotka on sisällytetty ja liitetty ympäristövaikutusten arviointiin. Ympäristövaikutusten arvioinnin laajuudesta ja suunnittelusta on kuultu ympäristövaikutusten arvioinnin laajuuden määrittelyn yhteydessä.

Odotettavissa olevat ympäristövaikutukset

Seuraavat ympäristövaikutukset on arvioitu ja arvioitu:

- Vedenalainen melu
- Kiintoaine- ja sedimentaatiokertymät, mukaan lukien ympäristömyrkyt.
- Elinympäristön muutos ja riuttoiin vaikutus
- Esteen vaikutus

- Törmäysriski
- Sähkömagneettiset kentät
- Visuaalinen vaikutus
- Syrjäytymisvaikutus
- Fyysinen häiriö merenpohjassa

Jotta toiminnan vaikutuksia ei aliarvioitaisi, ympäristöarviointi perustuu niin sanottuihin pahimpiin skenaarioihin. Tämä tarkoittaa sitä, että ympäristövaikutuksen suuruuden arvioinnit perustuvat teknologiaan tai suunnitteluun, jolla on suurin vaikutus asianomaiseen etuun, jos vaihtoehtoiset teknologiat tai mallit ovat merkityksellisiä.

Haitallisten vaikutusten minimoimiseksi tai välttämiseksi on kehitetty useita lieventämistoimenpiteitä. Ehdotetut suojatoimenpiteet koostuvat esimerkiksi tuulipuiston suunnitteluun ja rakentamiseen tehtävistä mukautuksista, ja ne on esitetty ympäristövaikutusten arvioinnissa kunkin vaikutuksen kohdalla.

Vaikutusten arviointi

Luonnonympäristö

Hankealue sijaitsee alueella, jolla ei ole suuria luontoarvoja. Sigman tuulivoimapuiston vaikutukset luonnonympäristöön arvioidaan ehdotettujen suojatoimenpiteiden **perusteella olemattomiksi tai merkityksettömiksi** kaikkien nykyisten lajiryhmien ja luontotyyppien osalta. Suunnittelun toiminnan ei odoteta vaikuttavan läheisillä Natura 2000 -alueilla suojeltuihin luontotyyppeihin tai aiheuttavan haittaa lajeille, eivätkä ne siten vaikuta mahdollisuuksiin saavuttaa Natura 2000 -alueiden suojelutavoitteet.

Meriarkeologia

Hankealueella ei ole tiedossa kulttuuriperinnön jäännöksiä. Suoritetuissa pohjatutkimuksissa on kuitenkin havaittu todennäköinen hylky. Ehdotettujen suojelutoimenpiteiden myötä vaikutukset meriarkeologisiin arvoihin arvioidaan **ei ole / merkityksetön, vähäisiksi**.

Maisemakuva

Koska suunniteltu toiminta sijaitsee noin 50 mailin päässä maasta, on epätodennäköistä, että tuulivoimalat näkyisivät paljaalla silmällä.

Vaikutukset maisemaan arvioidaan **Ei ole / merkityksetön, vähäisiksi**.

Toimialat

Kaupallinen kalastus ja meriliikenne ovat yleensä vähäisiä Sigman tuulipuiston hankealueella. Lähitöillä ei ole lentokenttää eikä tiedossa ole puolustukseen liittyviä etuja. Vaikutukset elinkeinoihin arvioidaan kokonaisuudessaan **olemattomiksi tai merkityksettömiksi**.

Kumulatiiviset vaikutukset

Kumulatiivisia vaikutuksia käynnissä olevien tai hyväksytyjen toimintojen kanssa ei ole havaittu. Jos lähitöillä suunnitellut Eystrasalt-, Sylen-, Fyrskeppet- ja Lambda North -tuulipuistot rakennetaan, saattaa syntyä pieni kumulatiivinen vaikutus merenkulkuun ja lintuihin ja kohtalainen kumulatiivinen vaikutus hylkeisiin (jos paalutusta tehdään). Kumulatiivisten vaikutusten vaikutukset arvioidaan yleensä **vähäisiksi**, lukuun ottamatta hylkeitä, joiden rakentamisen aikaisen vedenalaisen melun vaikutukset arvioidaan **vähäisiksi**.

Valtioiden rajat ylittävät vaikutukset

Toiminnalla voi olla rajat ylittäviä vaikutuksia kaloihin, merinisäkkäisiin, lintuihin ja kaupalliseen kalastukseen Suomessa. Kun lieventämistoimenpiteet on toteutettu, vaikutukset arvioidaan **vähäisiksi**.

Riski ja turvallisuus

Nämä toimet aiheuttavat merenkululle riskejä törmäysten, pohjakosketusten ja tutkahäiriöiden muodossa. Lisäksi on havaittu riski ympäristölle vaarallisten aineiden päästöistä, pelastustoimien estämisestä ja jään muodostumisesta/jäätymisistä. Ehdotettujen suojatoimenpiteiden avulla riskit arvioidaan kaiken kaikkiaan **hyväksyttäviksi**.

Yleisarviointi

Suunnitellulla toiminnalla on hyvät mahdollisuudet tuottaa fossiilivapaata sähköä alueella, jolla on vain vähän ristiriitaisia intressejä. Tuulipuisto voidaan rakentaa, käyttää ja poistaa käytöstä niin, että sen vaikutukset ihmisten terveyteen ja ympäristöön ovat merkityksetön tai vähäisiä. Toiminta on yhteensopivaa sekä nykyisten että ehdotettujen uusien merten aluesuunnitelmien kanssa, eikä se ole ristiriidassa minkään kansallisen edun kannalta tärkeän alueen kanssa.

Sigman tuulipuiston ei katsota vaikuttavan mahdollisuuteen saavuttaa ympäristön hyvä tila tai säilyttää/saavuttaa ympäristön laatustandardit Perämeren merialueella. Samalle merialueelle suunnitelluista tuulipuistoista Sigma on tuulipuisto, joka sijaitsee kauimpana maasta ja siten rannikon suojelualueista.

Kaiken kaikkiaan laajamittaisen ilmastoystävällisen sähköntuotannon hyötyjen arvioidaan olevan merkittävämpiä kuin merkityksetön tai vähäiset ympäristövaikutukset.

1 Tausta ja tarkoitus

Sigma Offshore Wind AB (jäljempänä 'yhtiö') aikoo hakea lupaa tuulipuiston rakentamiseen, käyttöön ja ylläpitoon sekä käytöstä poistamiseen ja siihen liittyvän sisäisen kaapeliverkon rakentamiseen. Suunnitellun tuulipuiston nimi on Bothnia Offshore Sigma (jäljempänä 'Sigma-tuulipuisto' tai 'tuulipuisto'), ja sitä suunnitellaan Perämerelle, Ruotsin talousvyöhykkeelle, Hudiksvallin ja Sundsvallin korkeudelle.

Sigman tuulipuiston on suunniteltu käsittävän enintään 143 tuulivoimalaa. Tuulipuiston asennettu kapasiteetti on enintään noin 3 700 MW, mikä vastaa noin 13,6 TWh:n vuotuista energiantuotantoa. Tuulipuiston potentiaalinen vuotuinen energiantuotanto vastaa lähes kolminkertaista Gävleborgin läänin vuotuista energiantuotantoa (4 970 GWh) (Regionfakta, 2022).

Tuulipuisto on suunniteltu suurelta osin alueelle, jolla katsotaan olevan hyvät edellytykset merellä tapahtuvalle energiantuotannolle tuulen, syvyyden ja sähköverkkoon liittämisen kannalta (Ruotsin energiavirasto, 2023). Lisäksi Perämeren merituulivoima voidaan liittää tarjousvyöhykkeisiin 1, 2 ja 3. Sähkön kysynnän katsotaan tällä hetkellä olevan suurinta tarjousvyöhykkeellä 3, mutta sen odotetaan kasvavan merkittävästi myös Pohjois-Ruotsissa (tarjousvyöhykkeet 1 ja 2) monien suunniteltujen teollisuusinvestointien vuoksi.

Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen on yksi tärkeimmistä kysymyksistä maailmanpolitiikan asialistalla. YK:n ilmastopaneeli määrittelee uusiutuvaan energiaan siirtymisen yhdeksi päästöjen vähentämistoimenpiteeksi, ja ilmastovaikutusten rajoittamisen tarvetta korostetaan sekä YK:n maailmanlaajuisissa kestävä kehityksen tavoitteissa että Ruotsin ympäristönlautatavoitteissa. Kun sähköjärjestelmässä on enemmän uusiutuvaa sähköä, voidaan nopeammin sähköistää paljon ilmastovaikutuksia aiheuttavia aloja, kuten liikennesektoria ja tehdasteollisuutta.

2 Lupamenettely

2.1 Lupamenettely ja ympäristöarviointi

Tuulivoimapuiston rakentaminen ja toiminta Ruotsin talousvyöhykkeellä edellyttää Ruotsin talousvyöhykelain (1992:1140) 5 §:n mukaista lupaa. Lisäksi merenalaisten kaapeleiden (jotka ovat osa tuulivoimapuistoa) laskemiseen tarvitaan mannerjalustasta annetun lain (1966:314) (KSL) mukainen lupa. Hallitus tarkastelee SEZ- ja KSL-lain mukaisia lupia.

Toiminnan on oletettava aiheuttavan merkittäviä ympäristövaikutuksia ympäristövaikutusten arviointimenettelystä annetun asetuksen (2017:966) 6 §:n mukaisesti, viitaten ympäristövaikutusten arviointimenettelystä annetun asetuksen (2013:251) 21 luvun 13 §:ään. Lupaharkinnan yhteydessä on tehtävä erityinen ympäristöarviointi ja kuultava ympäristölain 6 luvun 28-46 §:n mukaisesti. Kuulemismenettelyä kuvataan kohdassa 2.2.

Erityinen ympäristöarviointi tarkoittaa, että toiminnan luvanhakija laatii ympäristövaikutusten arvioinnin. Valmis ympäristövaikutusten arviointi toimitetaan lupaa arvioivalle valvontaviranomaiselle. Ympäristövaikutusten arviointi muodostaa yhdessä teknisen kuvauksen kanssa suunnitellun toiminnan ympäristövaikutusten pääasiallisen perustan, jonka perusteella tarkastusviranomaisen on päätettävä, onko toiminta sallittua.

Tämä asiakirja muodostaa edellä mainitun ympäristövaikutusten arvioinnin.

2.2 Kuulemismenettely

2.2.1 Kuuleminen Ruotsissa

Koska suunnitellun toiminnan oletetaan aiheuttavan merkittäviä ympäristövaikutuksia, tutkimuskuulemista ei ole suoritettu. Scoping-kuuleminen suoritettiin syksyllä 2023.

Kuulemisasiakirja, joka sisälsi tietoja toiminnasta, sijainnista ja arvioiduista ympäristövaikutuksista, laadittiin. Västernorrlandin lääninhallituksen ja Gävleborgin lääninhallituksen kanssa pidettiin kuulemiskokous 29. elokuuta 2023. Tämän jälkeen järjestettiin kirjallinen kuuleminen muille viranomaisille, organisaatioille ja yleisölle loka-joulukuussa 2023. Kutsu kuulemiseen lähetettiin sähköpostitse, ja kuulemisasiakirja oli sen liitteenä. Yleisöä kutsuttiin paikallissanomalehdissä Tidningen Ångermanland, Sundsvalls Tidning ja Hudiksvalls Tidningen julkaistulla ilmoituksella. Kuulemisasiakirja on ollut saatavilla yhtiön verkkosivustolla.

Yhteensä 44 viranomaisesta, järjestöstä ja yhdistyksestä 20 on kommentoinut kuulemisasiakirjaa. Kommentit koskivat monia eri aloja, joista joitakin olivat:

- vaikutus muuttolintuihin ja lepakoihin
- vaikutus merenkulkuun ja jääongelmiin
- alueen merkitys kaloille ja kaupalliselle kalastukselle
- vaikutus maisemaan
- useiden tuulipuistojen kumulatiivinen vaikutus.

Yhtiö on ottanut saadut kommentit huomioon taustaselvityksiä suunnitellessaan ja tätä ympäristövaikutusten arviointia tehdessään. Yksityiskohtainen kuvaus rajauskuulemisesta, saaduista kommenteista ja yhtiön vastauksista niihin on kuulemisraportissa, ks. liite 1.

2.2.2 Espoon yleissopimuksen mukainen kuuleminen

Toiminnasta voi aiheutua valtioiden rajat ylittäviä vaikutuksia, minkä vuoksi Suomen kanssa on järjestetty marras-joulukuussa 2023 valtioiden rajat ylittävien ympäristövaikutusten arviointia koskevan yleissopimuksen (Espoon yleissopimus) mukainen kuuleminen. Postitukset on tehty Ruotsin ympäristöviraston Espoo-vastaavan kautta. Suomalaisilta osapuolilta on saatu yksitoista lausuntoa, jotka Suomen ympäristökeskus on tiivistänyt yhdeksi lausunnoksi.

Suomi katsoo yleisesti, että se haluaa edelleen osallistua tulevaan ympäristövaikutusten arviointiin. Lausunnossa korostetaan, että on tärkeää, että ympäristövaikutusten arvioinnissa käsitellään Perämerellä sijaitsevien lukuisten tulevien tuulivoimaloiden kumulatiivisia vaikutuksia erityisesti kaloihin ja linnustoon sekä vaikutuksia merenkulkuun, erityisesti merenkulkuun talviolosuhteissa ja jääolosuhteisiin. Lausunnossa korostetaan lisäksi, että ympäristövaikutusten arvioinnissa olisi käsiteltävä selkeästi rajat ylittäviä vaikutuksia Suomen näkökulmasta.

Suomen kokonaislausunto on kokonaisuudessaan luettavissa kuulemisraportissa, ks. liite 1.

3 Vaihtoehtoinen kirjanpito

3.1 Vaihtoehtoiset paikannukset

Statkraft on toteuttanut paikannustutkimuksen, jonka tavoitteena on löytää sopivia alueita, joille voidaan perustaa merituulipuistoja. Paikannustutkimus on kokonaisuudessaan luettavissa liitteessä 2.

Tuuli on arvokas luonnonvara, mutta laajamittaisen tuulivoiman tuotantoon soveltuvia alueita on rajallisesti. Tuulivoiman kehittämiseen soveltuvalla alueella on oltava suotuisat tuuliolosuhteet ja vähän ristiriitaisia intressejä sekä mahdollisuuksia laajamittaiseen kehittämiseen, jotta siihen liittyvät kustannukset, kuten verkkoon liittyminen, voidaan kattaa.

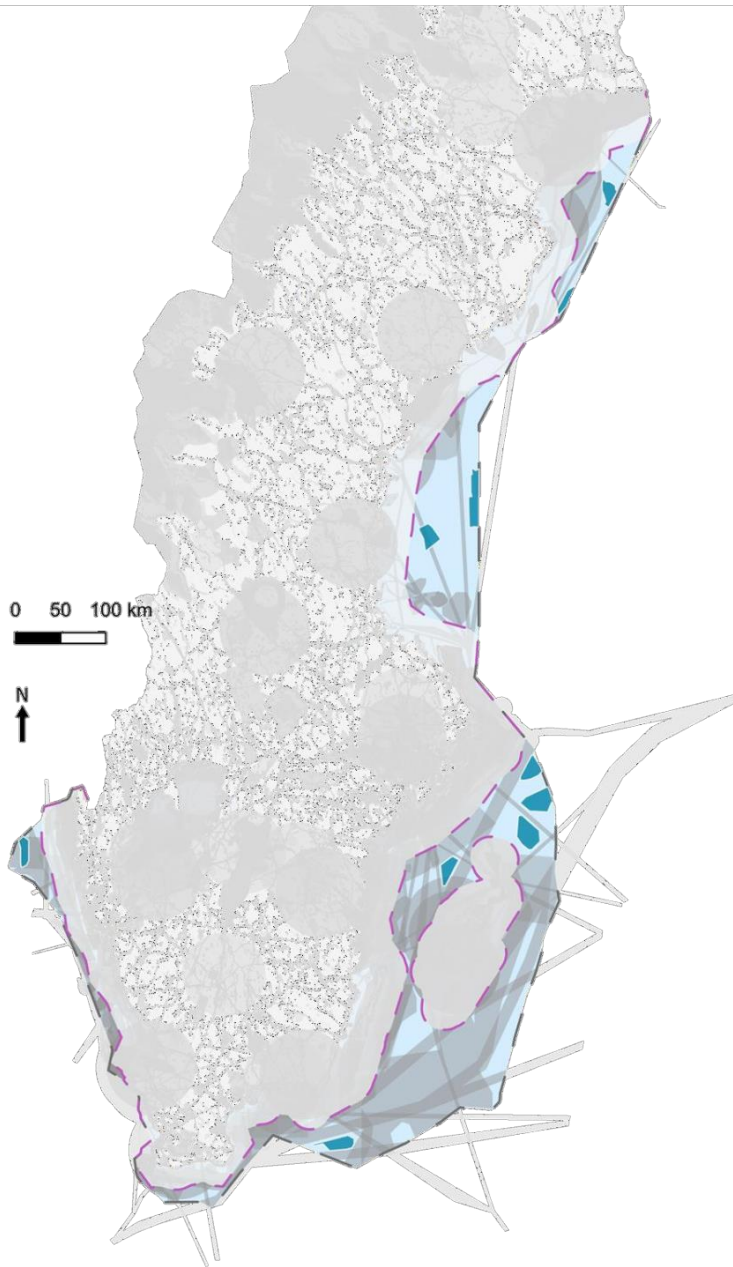
Työskentelytapa ei ole vakiintunut, ja kukin hankealue vaatii räätälöityä lähestymistapaa. Kyseessä on iteratiivinen prosessi, jossa useita parametreja tarkastellaan ja punnitaan toisiaan vastaan. Sopivien hankealueiden määrittelyn aikana useat ulkoiset tekijät ovat muuttuneet, kuten kansallinen poliittinen hallinto, merten aluesuunnitelmatyö ja mahdollisuudet liittyä sähköverkkoihin.

Paikallistamistutkimus on toteutettu kolmessa vaiheessa: laajempien alueiden rajaamiseen tähtäävästä yleisestä kansallisesta edusta on siirrytty paikallisiin olosuhteisiin perustuviin yksityiskohtaisempiin pohdintoihin hankealueiden oikean rajauksen löytämiseksi:

1. Koko Ruotsin talousvyöhykettä koskeva analyysi, jossa otetaan huomioon kansalliset edut.
2. Analyysi merialueista: Selkämeri/Pohjanlahti, Itämeri sekä Skagerrak ja Kattegat.
3. Hankealueen rajojen määrittäminen.

Lähestymistavan avulla on poistettu useita vaihtoehtoisia sijainteja, joten erityisiä vaihtoehtoisia hankealueita ei esitetä. Kun on suljettu pois sellaiset alueet, joihin liittyy eturistiriitoja, nimettyjä luontoarvoja, syvänmeren alueita jne., on yksilöity useita mahdollisia tuulivoimaloiden sijoituspaikkoja.

Paikannustutkimuksen yhteydessä on siis määritetty kymmenen merituulivoiman hankealuetta, ks. kuva 3-1. Näiden hankealueiden analyysi aloitettiin kartoittamalla kiinnostuksen kohteet. Tämän vaiheen jälkeen Statkraft päätti jatkaa eri merialueiden perusteellista kartoitusta. Perämerellä yksilöitiin Sigma ja Lambda, joilla molemmilla on vain vähän ristiriitaisia intressejä.



Kuva 3-1. Kaikki intressit sekä Statkraftin yksilöidyt hankealueet Ruotsin talousvyöhykkeellä.

Paikannustutkimuksessa Sigman hankealue todettiin useiden näkökohtien perusteella sopivaksi alueeksi tuulivoiman perustamiseen. Ensinnäkin hankealue ei vaikuta mihinkään nimettyyn kansalliseen etuun, ja toiseksi Ruotsin puolustusvoimat on ilmoittanut kuulemisen aikana, että niillä ei ole näkemyksiä Sigman rakentamisesta. Hankealue ei myöskään ole ristiriidassa ilmailun kanssa.

Lisäksi suuri etäisyys maasta tarkoittaa, että tuulipuistolla on hyvin vähän tai ei lainkaan visuaalisia vaikutuksia. Tuulivoimapuiston rakentamiselle on suotuisat edellytykset myös ympäristönäkökohdat huomioon ottaen. Hankealue ei vaikuta mihinkään nimettyyn kansalliseen etuun, luonnonsuojelualueeseen tai muuhun nimettyyn alueeseen.

Hankealuetta ei myöskään ole nimetty pyöriäisten tai muiden lajien kannalta tärkeäksi alueeksi, eikä se sijaitse lintujen tunnetuilla muuttoreiteillä tai talvehtimisalueilla.

Hankealue sijaitsee suurelta osin energiantuotannolle ehdotetuilla alueilla B160 ja B161, jotka sisältyvät ehdotukseen muutetuiksi merten aluesuunnitelmiksi (SwAM, n.d.a.) ja joilla katsotaan olevan erittäin hyvät edellytykset energiantuotannolle. Ruotsin energiaviraston ehdotuksessa sopiviksi energianhankinta-alueiksi todetaan, että Sigman alue on yksi niistä viidestä alueesta Ruotsin vesillä, joilla on vähiten ristiriitaisia intressejä ja joilla katsotaan siten olevan erityisen hyvät mahdollisuudet tulla osoitetuksi sopiviksi energianhankinta-alueiksi tulevissa merten aluesuunnitelmissa (Ruotsin energiavirasto, 2023).

Tuulipuiston sijainnin ja suunnittelun valintaa edelsi hankkeen teknisen ja kaupallisen toteutettavuuden analyysi, jonka perusteella suunnitellun tuulipuiston katsotaan olevan suunniteltu siten, että sekä tuulivoimavaroja että merenpinnan syvyyttä hyödynnetään mahdollisimman hyvin.

Yhteenvedona voidaan todeta, että Sigman tuulivoimapuiston hankealueella katsotaan olevan suotuisat olosuhteet. Ristiriitoja vastakkaisten etujen kanssa on vähän, ja tekniset ja kaupalliset edellytykset ovat suotuisat.

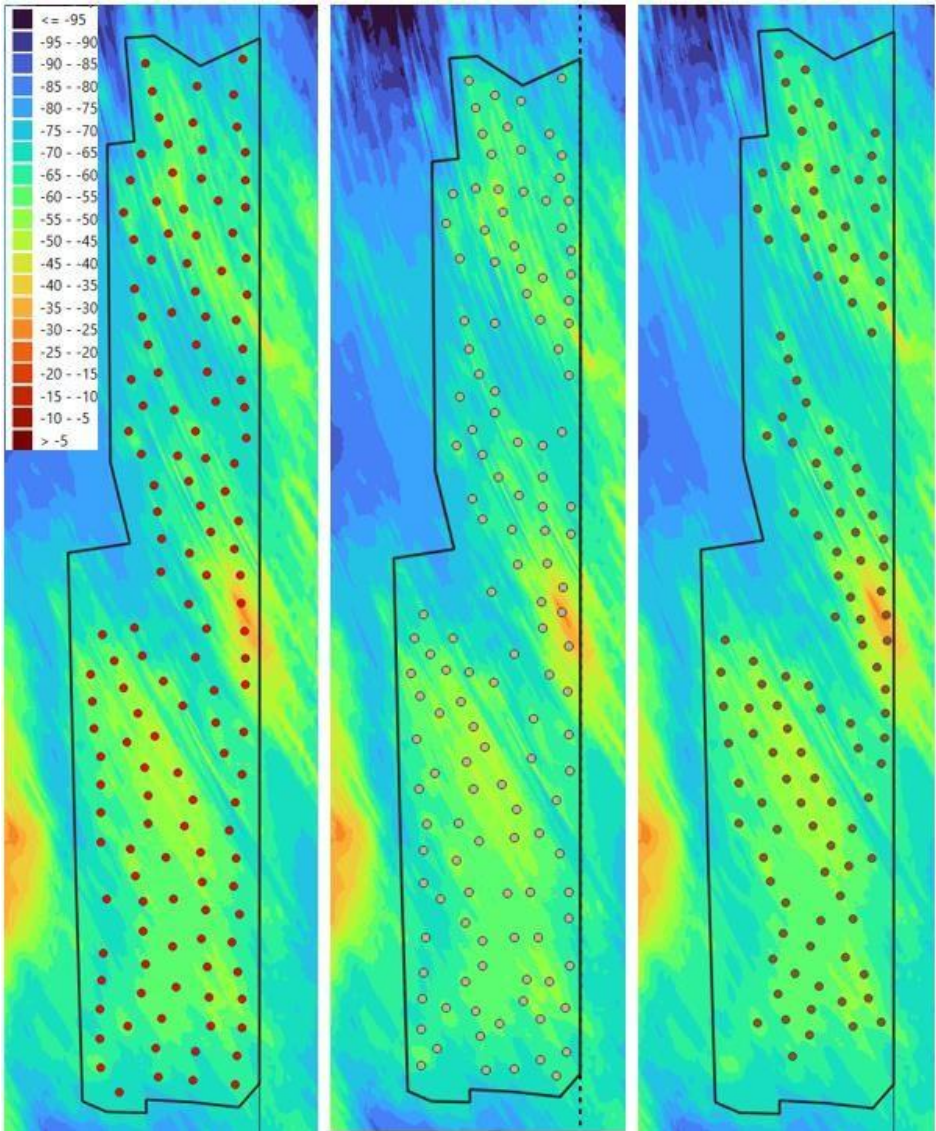
3.2 Vaihtoehtoinen muotoilu

3.2.1 Vaihtoehtoinen ulkoasu

Sigman tuulipuiston päävaihtoehto kuvataan luvussa 5.

Yhtiö on verrannut päävaihtoehtoa (Full) vaihtoehtoisin suunnitelmiin käyttäen analyysiä, joka perustuu tuotantokapasiteettiin suhteessa pohjan syvyyteen, ks. liite.

13. Päävaihtoehtoa, jonka keskimääräinen pohjasyvyys on noin 70 metriä, on verrattu 55, 60 ja 65 metrin pohjasyvyyyksiin. Hankealueen matalammat osat on jaettu kolmeen osa-alueeseen, joten yksi suunnitteluvaihtoehtoista perustuu tuulivoimaloiden sijoittamiseen kolmeen eri osa-alueeseen (etelä, keskusta ja pohjoinen). Eri suunnitteluvaihtoehdot on esitetty kuvassa 3-2. Eri osa-alueiden pohjasyvytydet on esitetty taulukossa 3-1.



Kuva 3-2. Vasemmalla lupahakemuksen mukainen täydellinen pohjapiirustus (Full), keskellä pienennetty pohjapiirustus, jotta pohjan enimmäissyvyys olisi alle 65 metriä (Full max 65 m). Oikealla pienennetty pohjapiirustus, jotta pohjan enimmäissyvyys olisi alle 60 metriä (Full max 60 m). Oikeanpuoleisessa layoutissa on myös kolme osa-alueetta: etelä, keskusta ja pohjoinen. Väriasteikko osoittaa pohjan syvyyden metreinä.

Taulukko 3-1. Tuulivoimaloiden lukumäärä ja pohjan syvyys eri osa-alueilla sijaitsevien voimaloiden sijaintipaikkojen osalta.

Osa-alue	Numero	Keskimääräinen syvyys (m)	Suurin syvyys (m)	Vähimmäissyvyys (m)
Täysi	143	58,2	69,6	32,0
Täysi max 65 metriä	136	56,7	64,8	27,2
Täysi max 60 metriä	122	53,8	59,9	32,5
Etelä	52	54,3	58,5	46,2
Herra Mitt	27	51,0	59,9	32,9
North	35	54,2	59,7	38,6

Analyysin tulos osoittaa, että tuulivoimaloiden sijoittaminen 60 (täysi maksimi 60 metriä) ja 65 (täysi maksimi 65 metriä) metrin syvyyteen merkitsee tuotantokapasiteetin vähenemistä 5-15 prosenttia päävaihtoehtoon verrattuna. Jos tuulivoimalat sijoitetaan vain sinne, missä pohjan syvyys on matalampi kuin 55 metriä, tuotantokapasiteetti pienenee 50 prosenttia ja johtaa myös hyvin pirstaleiseen alueeseen, minkä vuoksi sitä ei pidetä realistisena vaihtoehtona.

Taulukossa 3-2 esitetään asennettu kokonaiskapasiteetti ja arvioitu nettotuotanto täydellä kuormituksella Eri vaihtoehtojen tuotantolaskelmat on tehty käyttäen 20 MW:n tuulivoimalaa, jonka kokonaiskorkeus on 300 metriä.

Ainoastaan eteläistä osa-aluetta pidetään toteuttamiskelpoisena rakentaa erikseen. Kaksi muuta osa-aluetta (keskusta ja pohjoinen) ovat liian pieniä, joten ne on rakennettava yhdessä vähintään yhden muun osa-alueen kanssa. Näin ollen pohjoista ja keskustaa ei esitetä erikseen, vaan ainoastaan yhdessä toisen osa-alueen kanssa.

Taulukko 3-2. Arvioitu asennettu kapasiteetti, tuulennopeus, sähköntuotanto ja täydellä kuormituksella vietetyt tunnit eri suunnitteluvaihtoehdoissa ja eri osa-alueiden yhdistelmissä.

Suunnitteluvaihtoehdot	Numero	Teho (MW)	Täyden kuormituksen tunnit	Tuotanto (TWh)
Täysi	143	2860	4019	11,5
Täysi max 65 metriä	136	2720	4044	11,0
Täysi max 60 metriä	122	2440	4020	9,8
Etelä, keskusta ja pohjoinen	114	2280	4021	9,2
Etelä	52	1040	4078	4,2
Keskusta ja pohjoinen	62	1240	4040	5,0
Etelä ja keskusta	79	1580	4038	3,2

3.2.2 Vaihtoehtoiset teknologiat

Merituulivoimalat voidaan sijoittaa kiinteille tai kelluville perustoille. Nykyisellä tekniikalla kiinteiden perustusten käyttöalue ulottuu noin 60-70 metrin syvyyteen, mutta parhaillaan kehitetään tekniikkaa, jonka odotetaan mahdollistavan kiinteiden perustusten asentamisen paljon suurempiin syvyyksiin. Kelluvat perustukset ovat uudempi tekniikka, joka on nykyisellä kustannustasolla suhteellisen kallis ratkaisu ja lyhyellä aikavälillä kilpailukykyinen vain suurissa pohjasyvyyksissä.

Merenpohjan syvyyden, geofysiikan ja odotettavissa olevien geoteknisten ominaisuuksien analyysin perusteella yhtiö on päättänyt, että hankealueelle soveltuvin tekniikka on merenpohjan perustaminen. Hakemus perustuu näin ollen neljään merenpohjan perustamistekniikkaan, joita kuvataan tarkemmin 5.1.3 kohdassa:

- paaluilla rakennetut ristikkoperustukset
- imusäiliöillä rakennetut ristikkoperustukset
- monopiles
- gravitaatioperusta.

3.3 Nollavaihtoehto

Ympäristölain 6 luvun 35 §:n kolmannen momentin mukaan ympäristövaikutusten arvioinnissa on kuvattava, miten vallitsevien olosuhteiden odotetaan kehittyvän, jos toimintaa ei aloiteta. Tätä skenaariota kutsutaan yleensä "nollavaihtoehdoksi", mikä tässä tapauksessa tarkoittaa skenaariota, jossa yritys ei saa haettua lupaa.

Jos yritys ei saa lupaa toiminnalleen, tämä tarkoittaa, että Sigman tuulipuistoa ei rakenneta. Se tarkoittaa myös sitä, että siihen liittyviä kaapeleita ei lasketa merenpohjaan ja että tuulipuiston käyttöä, huoltoa ja käytöstä poistamista ei toteuteta.

Hankealuetta, jolle tuulipuisto on suunniteltu, kehitetään siten eri tavalla kuin mitä olisi tapahtunut, jos suunniteltu toiminta olisi toteutunut. Hankealueen nykyisten olosuhteiden odotetaan näin ollen pysyvän suhteellisen muuttumattomina. Lukuun ottamatta merenkulkua, jonka odotetaan lisääntyvän riippumatta siitä, rakennetaanko tuulipuisto vai ei, hankealueen nykyisten toimintojen ja toimintojen odotetaan jatkuvan samanlaisina kuin nykyisin.

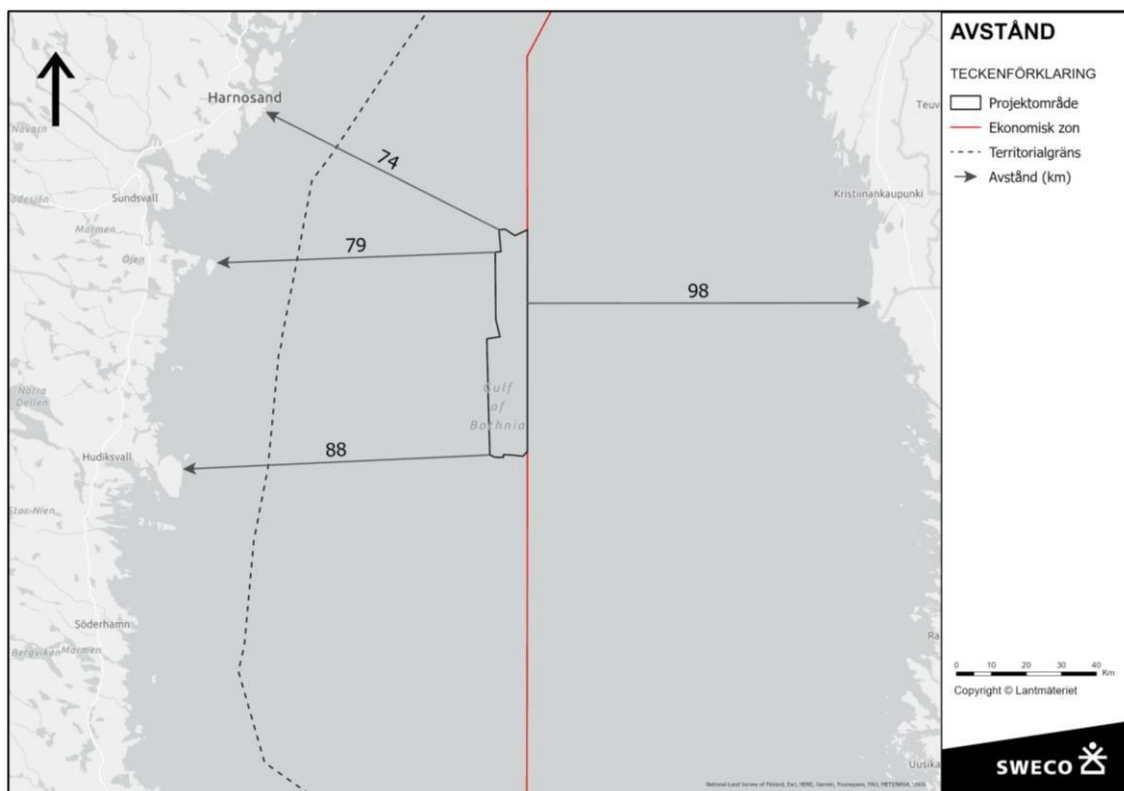
Tässä ympäristövaikutusten arvioinnissa kuvatut vaikutukset, joita suunnitellulla toiminnalla odotetaan olevan luonnonympäristöön, etuihin ja arvoihin, puuttuvat nollavaihtoehdossa.

Nollavaihtoehto tarkoittaa myös sitä, että suunnitellun toiminnan tuottaman sähkön muodossa olevaa uusiutuvaa energiaa ei ole käytettävissä paljon. Normaalisti tuotetulla uusiutuvalla sähköllä voidaan korvata osa fossiilipohjaisesta sähköntuotannosta, joka aiheuttaa hiilidioksidipäästöjä ja siten jatkuvaa kasvihuoneilmiötä, joka puolestaan aiheuttaa maaperän ja vesistöjen happamoitumista ja ilmaston lämpenemistä.

Nollavaihtoehto voi siten osaltaan vaikeuttaa päästöjen vähentämistä koskevien kansallisten ja maailmanlaajuisien ympäristötavoitteiden saavuttamista.

4 Paikannus

Sigman tuulipuisto on suunniteltu rakennettavaksi Ruotsin talousvyöhykkeelle Västernorrlandin ja Gävleborgin läänien ulkopuolelle, ks. kuva 4-1. Hankealue sijaitsee noin kymmenen kilometriä Sundsvallista itään ja noin kahdeksan kilometriä Hudiksvallista itään. Hankealueen pinta-ala on noin 640 neliökilometriä. Merenpohjan syvyys alueella vaihtelee 30 ja 80 metrin välillä.



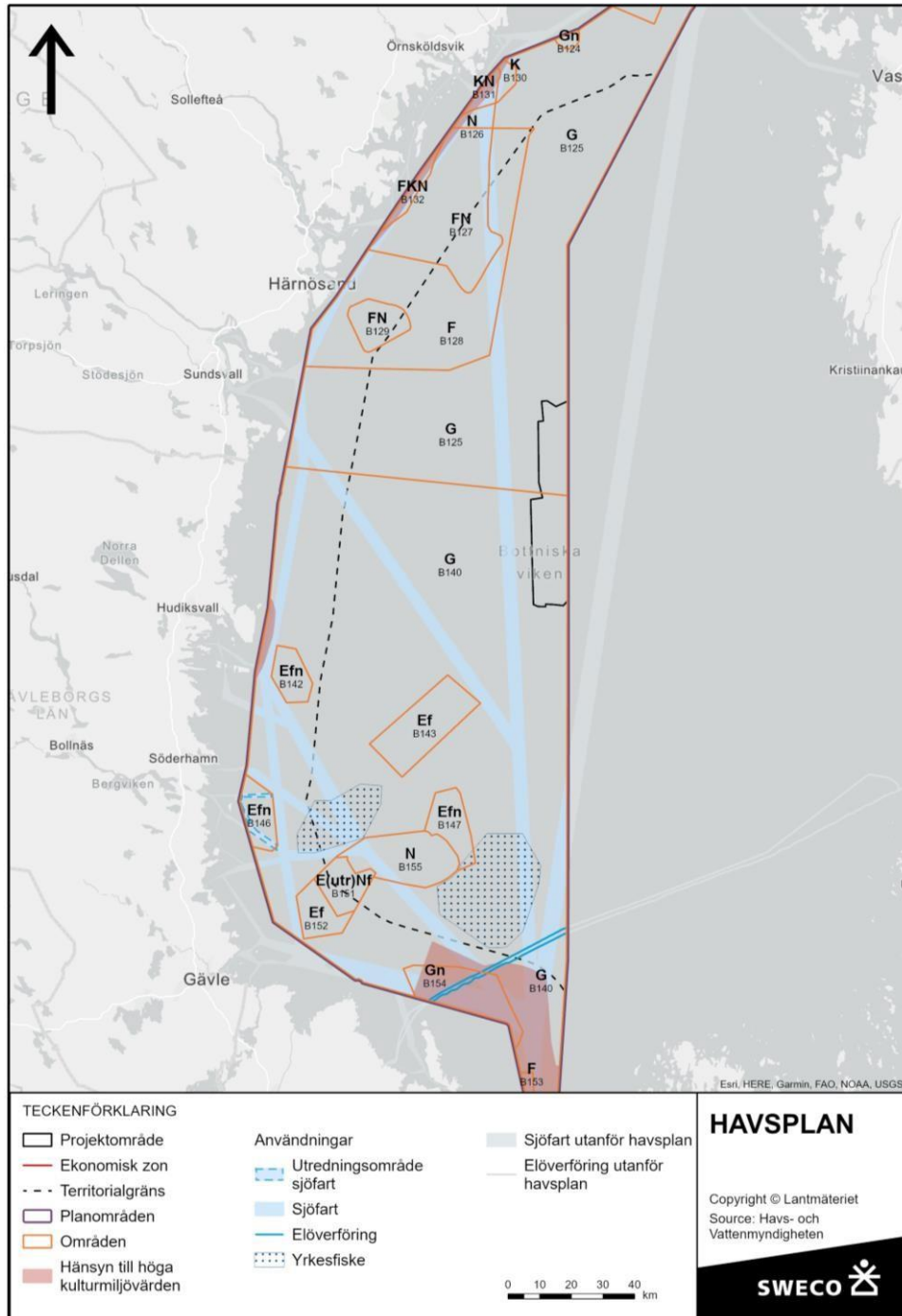
Kuva 4-1. Kuvassa esitetään suunnitellun tuulipuiston sijainti ja etäisyys Ruotsin ja Suomen rannikolle.

4.1 Merten aluesuunnittelu

Ruotsi on hyväksynyt merten aluesuunnitelmat vuodesta 2022 alkaen. Sigman tuulipuiston hankealue sijaitsee *Pohjanlahden* merten aluesuunnittelualueella ja kuuluu kahteen merialueeseen: *Pohjanmeren ja Norra Merenkurkun pohjoisosaan* sekä *Pohjanmeren eteläosaan*.

Hankealue kattaa merialueet B125 ja B140, ks. kuva 4-2. B125:n osalta todetaan yleinen käyttö ja käyttö merenkulkun, ja siinä otetaan erityisesti huomioon korkeat kulttuuriympäristöarvot (SwAM, 2022). Alueen

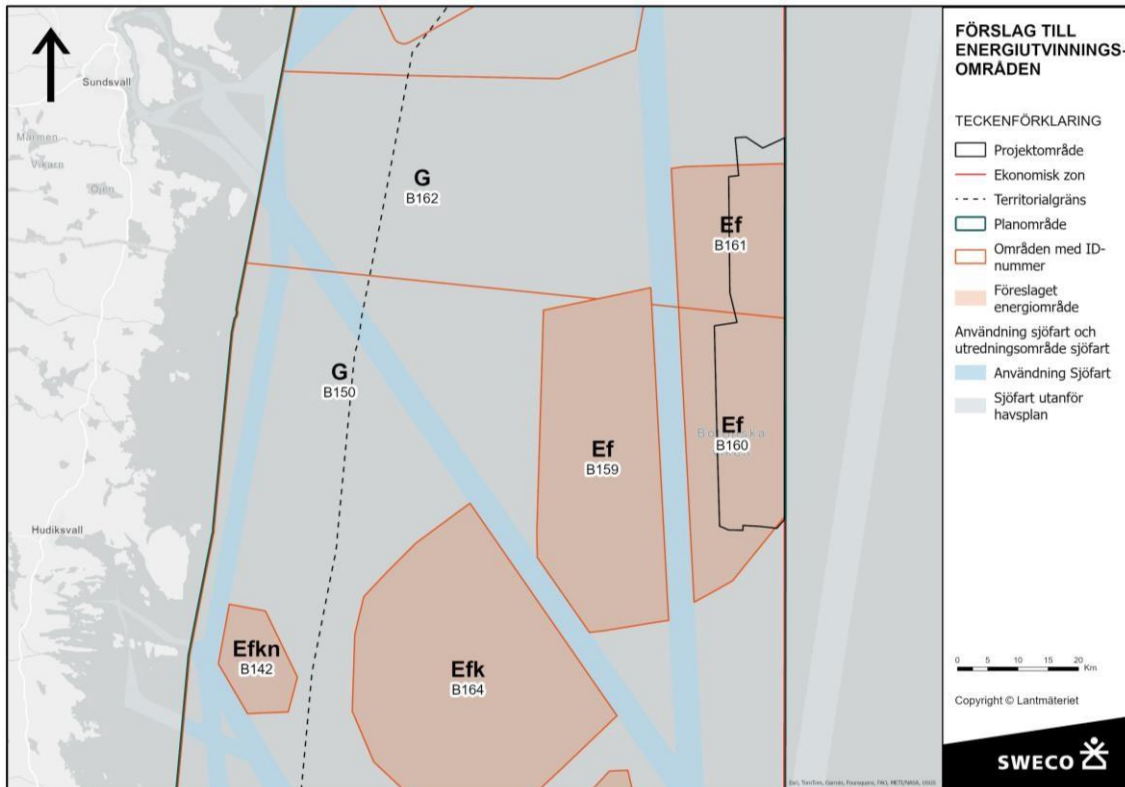
alue B140 on lueteltu yleiseen käyttöön tarkoitettuna alueena, jolla on erityisiä kulttuuriperintöarvoja. Muita aluetta B140 koskevia käyttötarkoituksia ovat merenkulku, merenkulun tutkimusalue, kaupallinen kalastus ja sähkönsiirto.



Kuva 4-2. Kuvassa esitetään hakemuksen jättöhetkellä voimassa olevat Perämeren eteläosan, Perämeren pohjoisosan ja Norra Merenkurkun merialuesuunnitelmat, joihin on merkitty eri käyttöalueet. Sigman tuulivoimapuisto sijaitsee yleiskäyttöalueella, eikä se ole ristiriidassa minkään erikseen osoitetun käyttöalueen kanssa.

Hallitus on antanut useille viranomaisille tehtäväksi laatia ehdotuksia uusiksi monivuotisiksi yleiskaavoiksi ja tarkemmin määritellä sopivia alueita energiantuotannolle (SwAM, n.d.b). Ruotsin energiavirasto esitti keväällä 2023 ehdotuksia energiantuotantoalueiksi, ja nämä alueet on nyt sisällytetty ehdotukseen tarkistetuiksi monivuotisiksi yleiskaavoiksi, jotka ovat lausuntokierroksella vuonna 2024. Uusia tarkistettuja monivuotisia yleiskaavoja odotetaan vuonna 2025.

Tarkistettuja keskipitkän aikavälin suunnittelualueita koskevassa ehdotuksessa on useita energiantuotantoalueita, joista kaksi (B160 ja B161) on päällekkäisiä Sigman tuulipuiston hankealueen kanssa (SwAM, n.d.a), ks. kuva 4-3. Raportin arvion mukaan alueet soveltuvat energiantuotantoon, mutta puolustuksen edut on otettava erityisesti huomioon.

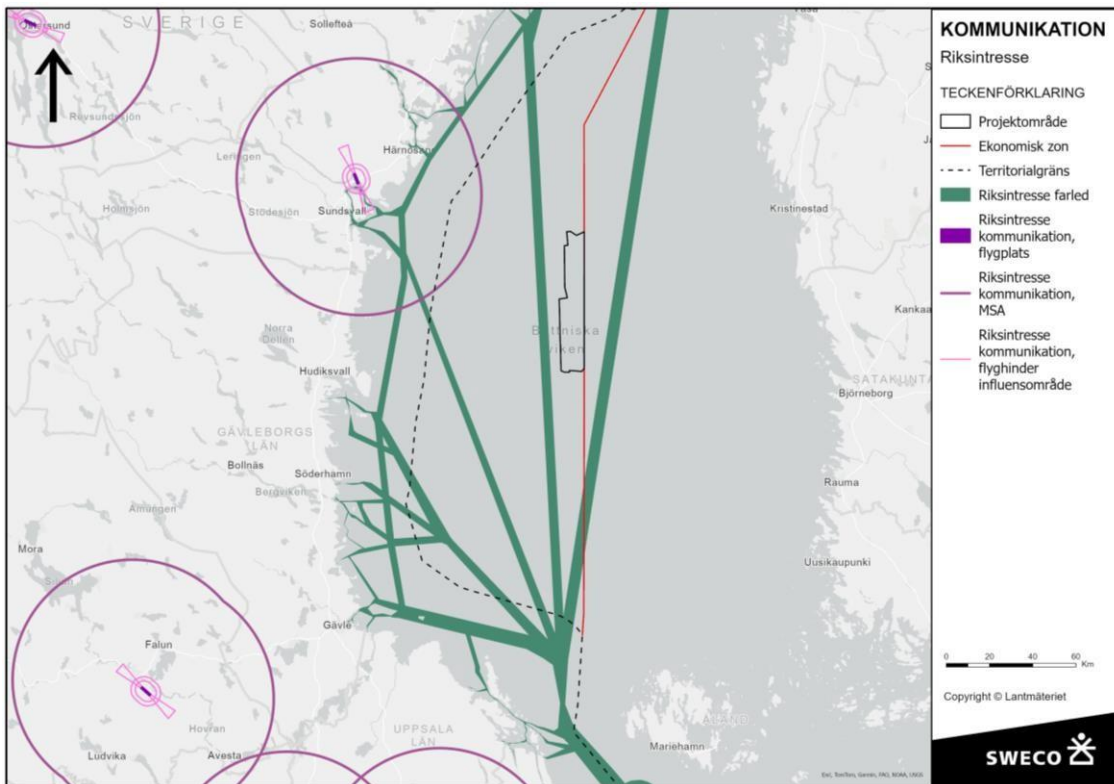


Kuva 4-3. Hankealue suhteessa ehdotetuissa tarkistetuissa merten aluesuunnitelmissa ehdotettuihin energiantuotantoalueisiin.

4.2 Kansalliset edut

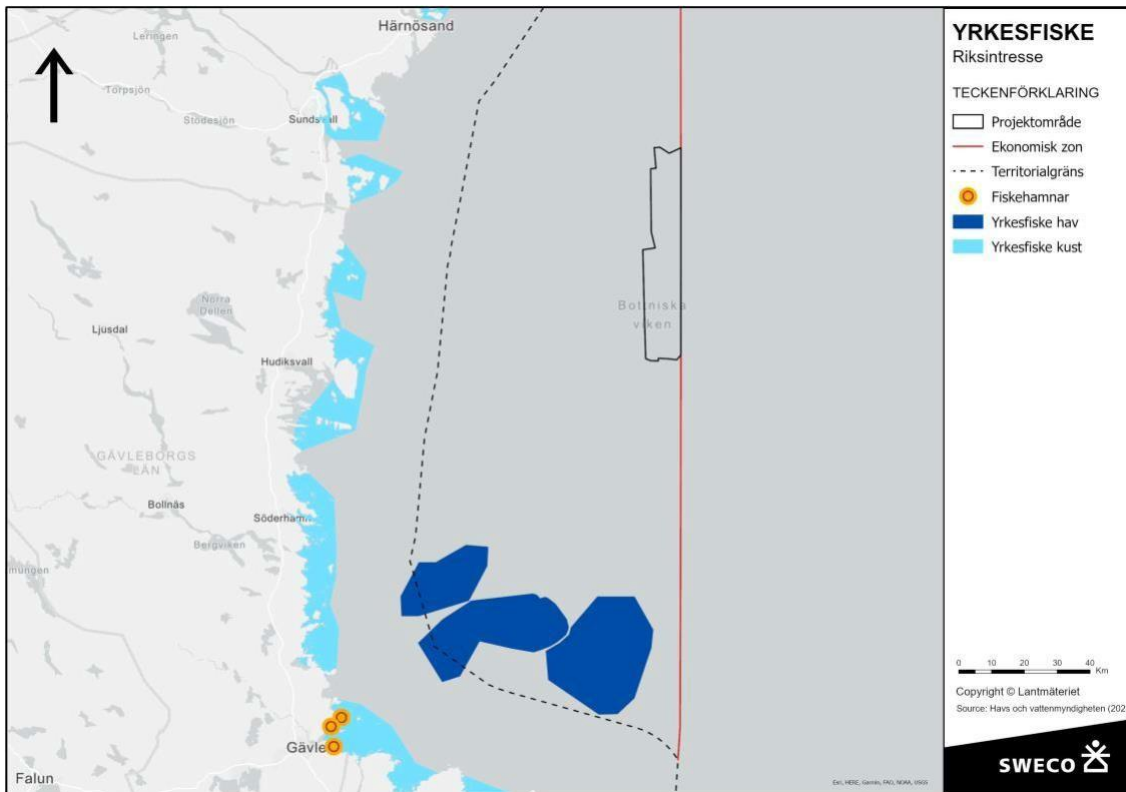
Sigman tuulipuiston hankealueen kanssa ei ole päällekkäisiä kansallisesti merkittäviä alueita. Hankealueen läheisyydessä tai tuulipuiston länsipuolella sijaitsevalla rannikkoalueella on kuitenkin useita kansallisesti merkittäviä alueita.

Hankealue sijaitsee hyvällä marginaalilla kahden väylän välissä: *Grundkallen - Skagsudde* ja *Grundkallen Bottenhavet*, jotka molemmat ovat valtakunnallisesti kiinnostavia liikennealueita, ks. kuva 4-4. Noin kymmenen mailia hankealueesta länteen sijaitsee *Sundsvall-Timråns lentoasema*, jota ympäröi *MSA-alue (Minimum Sector Altitude)*. Sekä lentokenttä että MSA-alue ovat liikenteen kannalta kansallisesti kiinnostavia alueita.



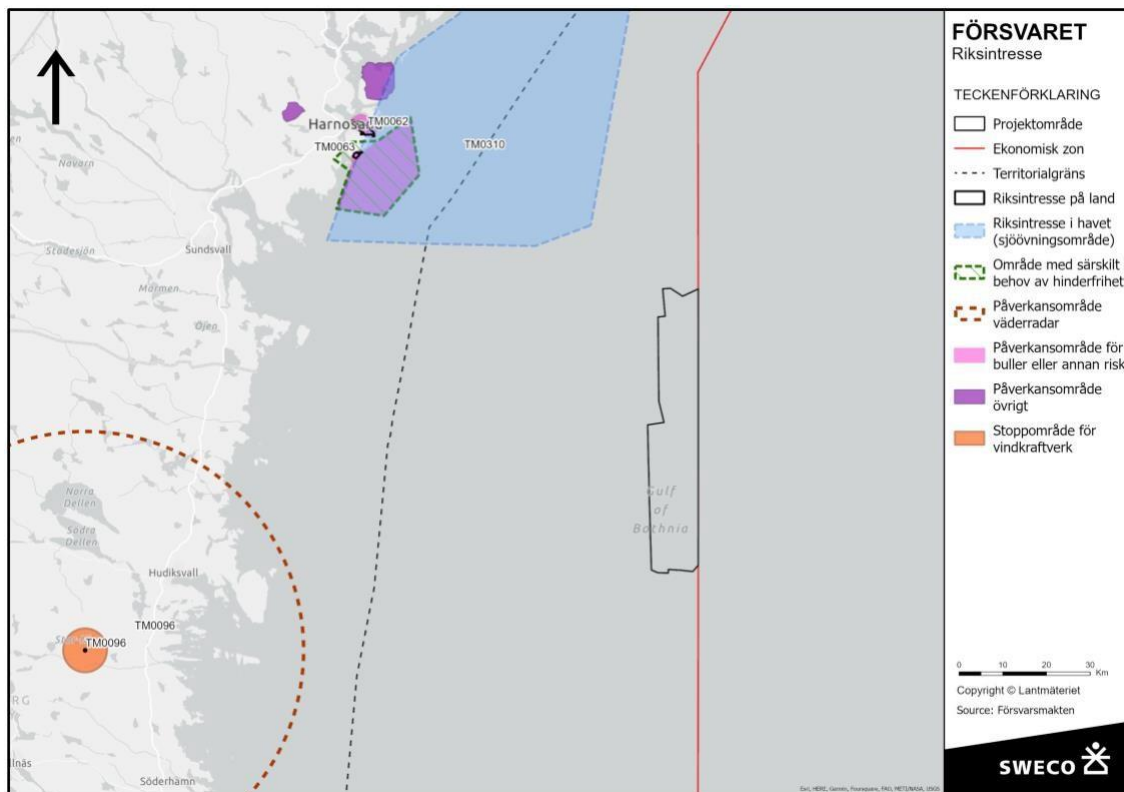
Kuva 4-4. Kuvassa on esitetty valtakunnallinen liikennettä koskeva intressi suhteessa hankealueeseen.

Valtakunnallinen kiinnostus kaupalliseen kalastukseen merellä ja rannikolla on lähimpänä seitsemän kilometrin päässä sekä etelään että länteen kohti rannikkoa, mutta se ei vaikuta hankealueeseen, ks. kuva 4-5.



Kuva 4-5. Kuvassa on esitetty kaupallisen kalastuksen kansallinen kiinnostavuus suhteessa hankealueeseen.

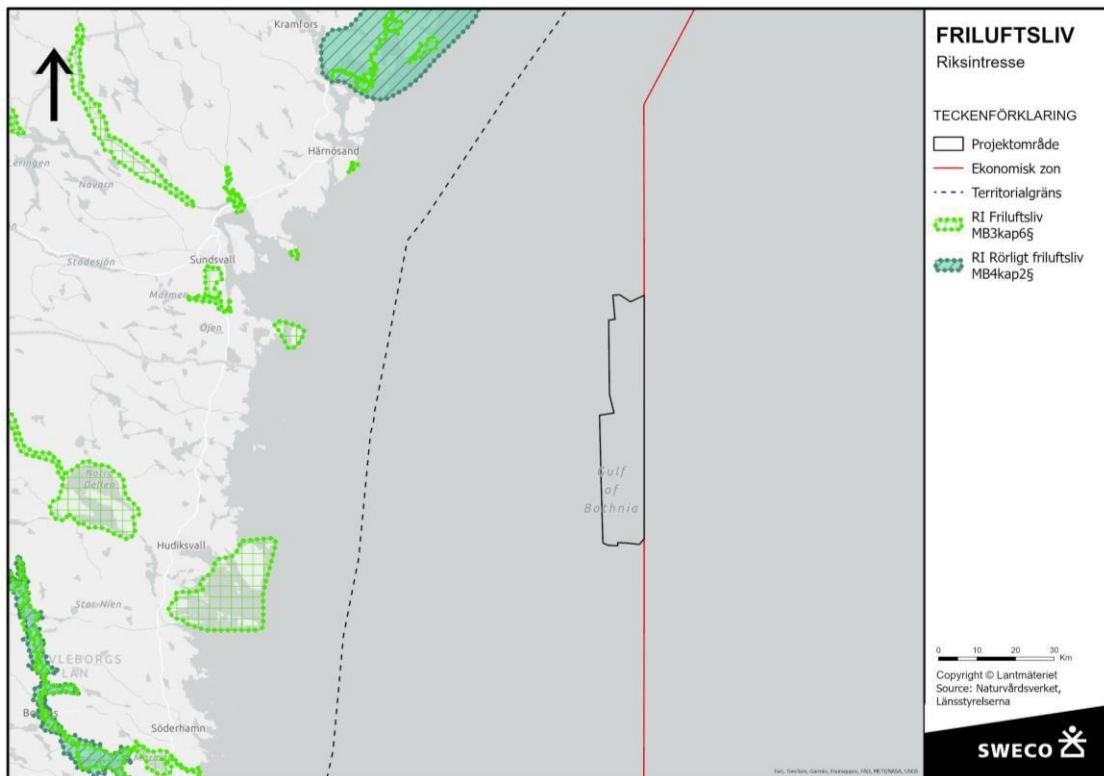
Lähin maanpuolustuksellisesti tärkeä alue on *Härnön* merivoimien harjoitusalue (TM0310), joka sijaitsee hieman yli kaksi mailia hankealueesta luoteeseen. Maanpuolustukselliset intressit on esitetty kuvassa 4-6.



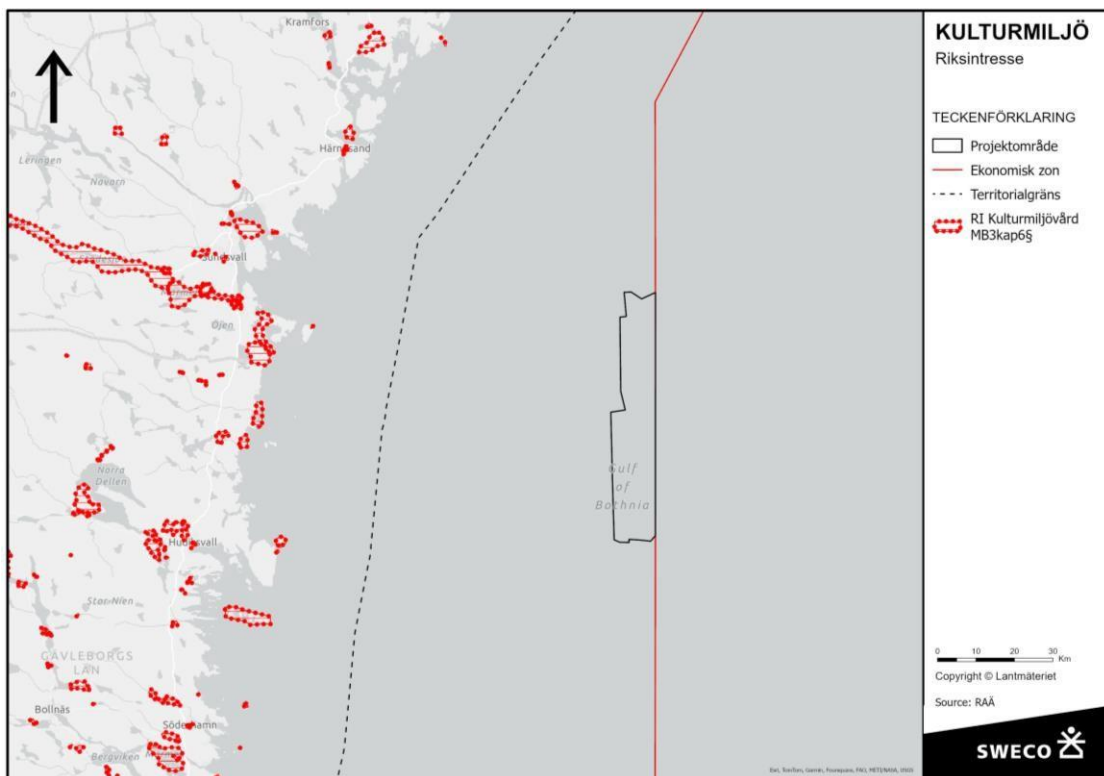
Kuva 4-6. Kuvasta käy ilmi kokonaispuolustuksen sotilaallisen osan kansallinen kiinnostavuus suhteessa hankealueeseen.

Rannikkoalueella on useita valtakunnallisesti kiinnostavia ulkoilualueita, kuten *Hudiksvallin rannikko*, *Hornslandetin*, *Brämön-Löruddenin* ja *Sydöstra Åstönin kanssa*. Rannikkoalue kuuluu myös valtakunnallisesti kiinnostavaan ulkoilualueeseen: *Höga kusten*. Kaikki valtakunnallisesti merkittävät ulkoilualueet sijaitsevat yli seitsemän kilometriä hankealueesta länteen, ks. kuva 4-7.

Rannikkoalueella on myös useita kulttuuriperinnön säilyttämistä koskevia kansallisesti kiinnostavia alueita, kuten *Våle*, *Norra Ålnön*, *Njurundan rannikko*, *Galtström*, *Holmyrberget* - *Gnarpskatan* ja *Bålsön kalasatama*. Kaikki kulttuuriperinnön suojelun kannalta valtakunnallisesti merkittävät alueet sijaitsevat yli seitsemän mailia hankealueesta länteen, ks. kuva 4-8.



Kuva 4-7. Kuvassa esitetään ulkoilun ja matkailun kannalta valtakunnallisesti kiinnostavat alueet suhteessa hankealueeseen.



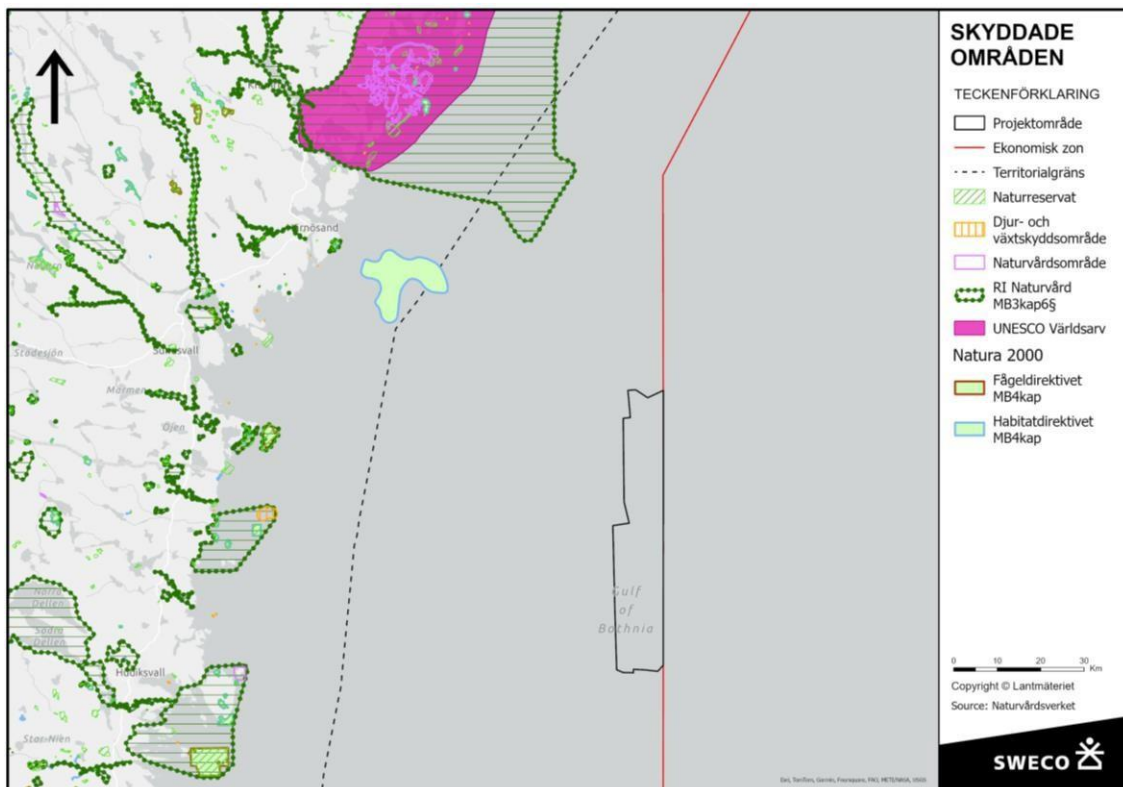
Kuva 4-8. Kuvassa esitetään kulttuuriperinnön kannalta valtakunnallisesti merkittävät alueet suhteessa hankealueeseen.

Natura 2000 -alueet ovat myös kansallisesti arvokkaita alueita, ja niitä kuvataan erikseen kohdassa 4.3.

4.3 Natura 2000 ja muut suojelualueet

4.3.1 Natura 2000 -alueet

Hankealueesta 47 kilometriä luoteeseen sijaitsee yksi Natura 2000 -alue, *Vänta Litets grund*. Lisäksi rannikolla on useita Natura 2000 -alueita, jotka kaikki sijaitsevat vähintään seitsemän kilometrin päässä hankealueesta, ks. kuva 4-9. Natura 2000 -alueisiin kohdistuvien vaikutusten arviointia käsitellään tarkemmin kohdassa 9.5.



Kuva 4-9. Kuvassa esitetään Natura 2000 -alueet, luonnonsuojelualueet, kansalliset luonnonsuojelukohteet ja Unescon maailmanperintökohteet suhteessa hankealueeseen.

Natura 2000 -alue Vänta Litets Grund (SE0710225)

Lähin Natura 2000 -alue on *Vänta Litets Grund*, joka sijaitsee 47 kilometriä hankealueesta luoteeseen (Länsstyrelsen Västernorrland, 2021). Alue on niin sanottu Helcom MPA (Marine Protected Area), ja se on myös nimetty Natura 2000 -alueeksi, jolla on luontotyyppidirektiivin mukaisia merellisiä luontotyyppisiä. Alueella suojeltavat luontotyypit ovat riutat (1170) ja hiekkarannat (1110). Nämä luontotyypit mahdollistavat sinisimpukoiden runsaan esiintymisen alueella, ja ne ovat myös erittäin arvokkaita silakan kutualueina.

Natura 2000 -alue Osa Bremöniä (SE0710166)

Natura 2000 -alue *Bremön* osa sijaitsee noin seitsemän kilometriä hankealueesta länteen. Alue on kasvitieteellisesti ja kulttuurisesti erittäin mielenkiintoinen saari, joka sisältää erilaisia luontotyyppisiä ja joka on nimetty sekä laji- ja luontodirektiivin että lintudirektiivin nojalla (Länsstyrelsen Västernorrland, 2019). Lisäksi alue on hyödyntämätön, ja siellä on monenlaisia luontotyyppisiä, joissa elää monia lajeja.

Natura 2000 -alueeksi nimeämisen perustana olevat luontotyypit ovat pääasiassa läntinen taiga (9010), luonnontilaiset aarniometsät ylänköalueiden rannikolla (9030), Fennoskandian tyyppiset lehtomaiset suometsien metsät (9080) ja metsäiset suot (91D0) (Västernorrlandin lääninhallitus, 2019). Alueella tavattavia ja lintudirektiiviin kuuluvia lajeja ovat mm. kuikka, kalasääski, merikotka, ahma, metso, kapustarinta, mustakurkku-uikku, kurki, harmaasieppo, harmaasieppo, varislintu, telkkä ja rantasipi.

Natura 2000 -alue Kuusi (SE0630173)

Granin saari, joka on erittäin tuulelle ja säälle altis saari Hälsinglandin rannikolla, sijaitsee noin kahdeksan meripeninkulmaa hankealueesta länteen (Länsstyrelsen Gävleborg, 2016). Saarella säilytettäviä luontotyyppisiä ovat ajokivikot (1210), Itämeren luodot ja pienet saaret (1620), Itämeren hiekkarannat (1640) ja taigat (9010). Saaren metsä on vanhaa ja monipuolista, ja metsän jatkuvuus on hyvin pitkä. Saaren koskemattomat rantaympäristöt tarjoavat pesimäpaikkoja useille merilintulajeille. Saari ja sitä ympäröivät vedet ovat tärkeä alue harmaahyljelajeille (1364), jotka tulisi säilyttää alueella.

Afrikan sarvi

Hornslandetin niemimaalla, hieman yli kahdeksan mailia hankealueesta länteen, sijaitsee viisi Natura 2000 -aluetta, jotka on nimetty luontotyyppidirektiivin nojalla. Alueet ovat *Kuggörarna* (SE0630094) (Gävleborgin lääninhallitus, n.d.), *Norra Hornslandet* (SE0630093) (Gävleborgin lääninhallitus, n.d.), *Klibbalsreservatet* (SE0630092) (Gävleborgin lääninhallitus, n.d.), *Lövsalen* (SE0630091) (Gävleborgin lääninhallitus, n.d.) ja *Hölick* (SE0630089) (Hölickin lääninhallitus, n.d.). Natura 2000 -alueiden tarkoituksena on säilyttää koskemattomat rannikkoalueet ja arvokkaat rannikkoympäristöt. Alueilla säilytettäviä luontotyyppisiä ovat muun muassa taigat (9010) sekä avoimet suot ja rämeet (7140).

Hallitus on antanut Ruotsin ympäristöviraston tehtäväksi tutkia Hornslandetin aluetta ennen tulevan kansallispuiston perustamista (hallitus, 2021).

4.3.2 Muut suojelualueet

Useat Natura 2000 -alueista ovat myös luonnonsuojelualueita: *Brämön*, *Gran*, *Kuggörarna*, *Norra Hornslandet*, *Klibbalsreservatet*, *Lövsalen* ja *Hölick*. Lisäksi hankealueen luoteispuolella on luonnonsuojelualue ja YK:n nimeämä maailmanperintökohde. Katso kuva 4-9.

Brämönin luonnonsuojelualue sijaitsee noin kolme kilometriä Sundsvallista kaakkoon (Västernorrlandin lääninhallitus, n.d.a). Luonnonsuojelualueen luonto vaihtelee lajistoltaan köyhien kallioisten mäntymetsien ja kosteiden laaksopolkujen, paikoin ruohovaltaisten kuusivaltaisten metsien ja pienten soiden välillä. Maaperän kalkkipitoisuuden ja suotuisan ilmaston ansiosta saaren verisuonikasvillisuus on ainutlaatuinen.

Granin luonnonsuojelualue on eristynyt saari, jonka luonnolle on luonteenomaista altis sijainti meressä ja maankohoaminen (Länsstyrelsen Gävleborg, u.ä.b). Saarella on suuri merkitys muuttolintujen levähdyspaikkana, ja siellä on yksi maakunnan suurimmista rastaskerttukolonioista. Kasvilajisto on suhteellisen lajiköyhä, mutta se sisältää useita epätavallisia elementtejä, kuten harvinaisen saniaislukkosammalen.

Kuggörarnan luonnonsuojelualue koostuu Hornslandetiin liittyvästä saaresta (Länsstyrelsen Gävleborg, n.d.). Kasvillisuus koostuu jäkälästä, variksenmarjasta ja kanervasta, mutta paikoin myös harvaa matalakasvuista mäntymetsää, pihlajaa ja katajaa.

Norra Hornslandetin luonnonsuojelualue koostuu alueista, joilla vuorottelevat suuret lohkariset kukkulat, kivikkoiset peltoalueet, kosteat notkelmat ja soistuneet lehtomaiset suot (Gävleborgin lääninhallitus, n.d.). Kosteissa notkelmissa vallitsevat lehtipuut, mutta myös kuollutta puuta. Täällä on Ruotsin vanhin mänty, hieman yli 750 vuotta vanha.

Klibbalsreservatetin luonnonsuojelualue on lehtimetsäaluetta, jonka keskiosissa on kuivia, lohkaraisia kallioalueita (Länsstyrelsen Gävleborg, n.d.d). Muut osat koostuvat rehevistä lehtimetsistä, soistuneista havumetsistä ja soista. Soiden ympäristössä esiintyy useita uhanalaisia jäkälälajeja. Suojelualueella on myös harvinaisen rikas kasvisto, jossa kasvaa muun muassa metsäalvejuurta, kääpiöheisiä ja myskikastikkaa.

Lövsalenin luonnonsuojelualue koostuu useista erilaisista maisematyypeistä, kuten järvistä, soista, kalliovuorista, purosta ja erilaisista metsätyypeistä, kuten lehti-, mänty- ja kuusimetsistä (Länsstyrelsen Gävleborg, n.d.f). Alueen eteläosan läpi virtaava puro on tärkeä vesistö, jonka luontainen meritaimenen tuotanto on tärkeää.

Hölickin luonnonsuojelualueella on monipuolinen luonto, jossa on sekä kosteita kuusivaltaisia metsiä että soita, kukkuloita ja notkelmia (Länsstyrelsen Gävleborg, u.ä.c). Alueella on myös selviä maankohoamisen jälkiä. Lähempänä rannikkoa on harvahkoa mäntymetsää, ja rannikolla voi nähdä rantalintuja, kuten mustalintuja, haahkoja ja merikotkia. Suojelualueen luoteisosassa on monia jääpeitteen synnyttämiä luolia.

Bålsönin luonnonsuojelualue sijaitsee Bålsönillä, hieman yli kahdeksan kilometriä hankealueesta länteen (Länsstyrelsen Gävleborg, n.d.a). Bålsönin luonnonsuojelualueen omistaa ja sitä hallinnoi Hudiksvallin kunta.

Yhdistyneiden kansakuntien kasvatus-, tiede- ja kulttuurijärjestö (Unesco) nimesi *Korkea rannikko maailmanperintökohteeksi* vuonna 2000 (Västernorrlandin lääninhallitus, n.d.b). *Korkean rannikon maailmanperintökohde* (kuva 4-10) sijaitsee hieman yli kymmenen kilometriä hankealueesta luoteeseen. Alue on suosittu virkistysalue, ja se on yksi maailman parhaista esimerkeistä siitä, miten jäätiköityminen ja maankohoaminen vaikuttavat maanpintaan ja missä maankohoaminen on käynnissä. High Coast on myös nimetty kansallisesti kiinnostavaksi ulkoilualueeksi.

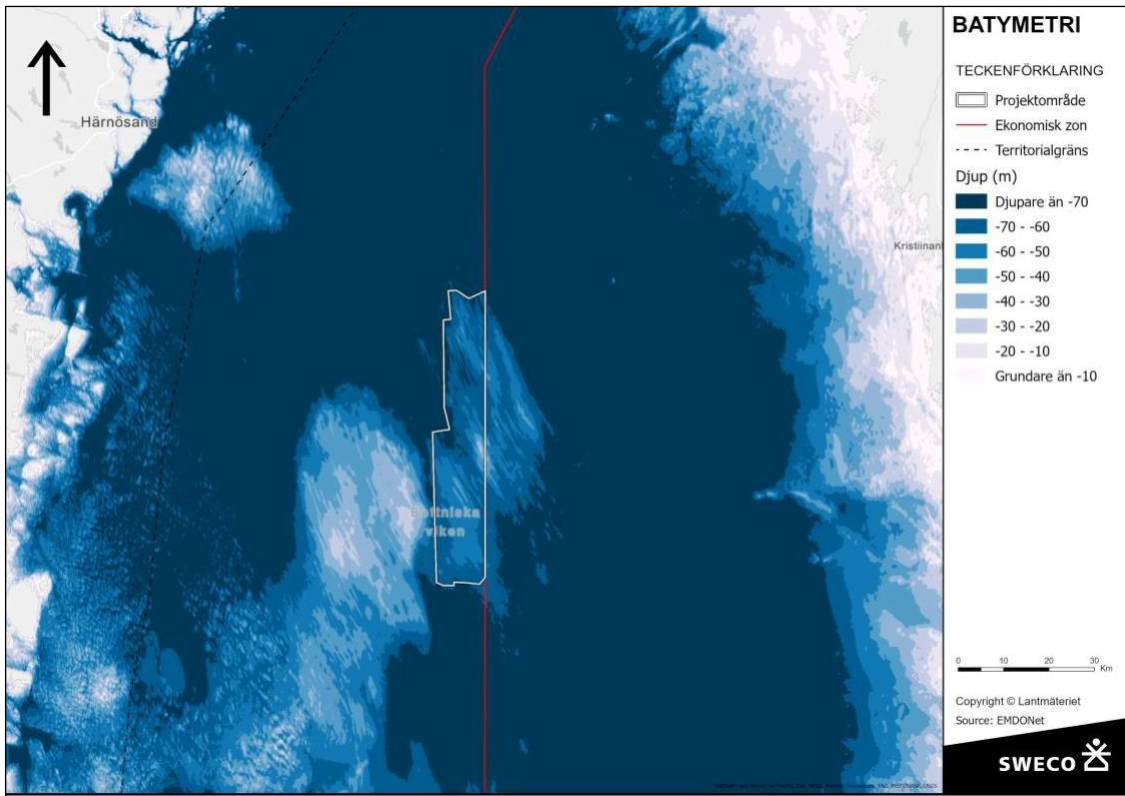


Kuva 4-10. Korkea rannikko, näkymä Skulebergetistä. Kuvalähde: Sweco.

4.4 Syvyys ja pohjaolosuhteet

Bathymetria kuvaa maanpinnan fyysistä muotoa veden alla. Kuvassa 4-11 esitetään pohjan vaihtelu metreinä mitattuna vedenpinnan alapuolella. Suunniteltu Sigman tuulivoimapuisto sijaitsee merialueella, jonka syvyys vaihtelee noin 30 ja 80 metrin välillä. Yhtiö teki geofysikaalisia tutkimuksia kesällä 2024.

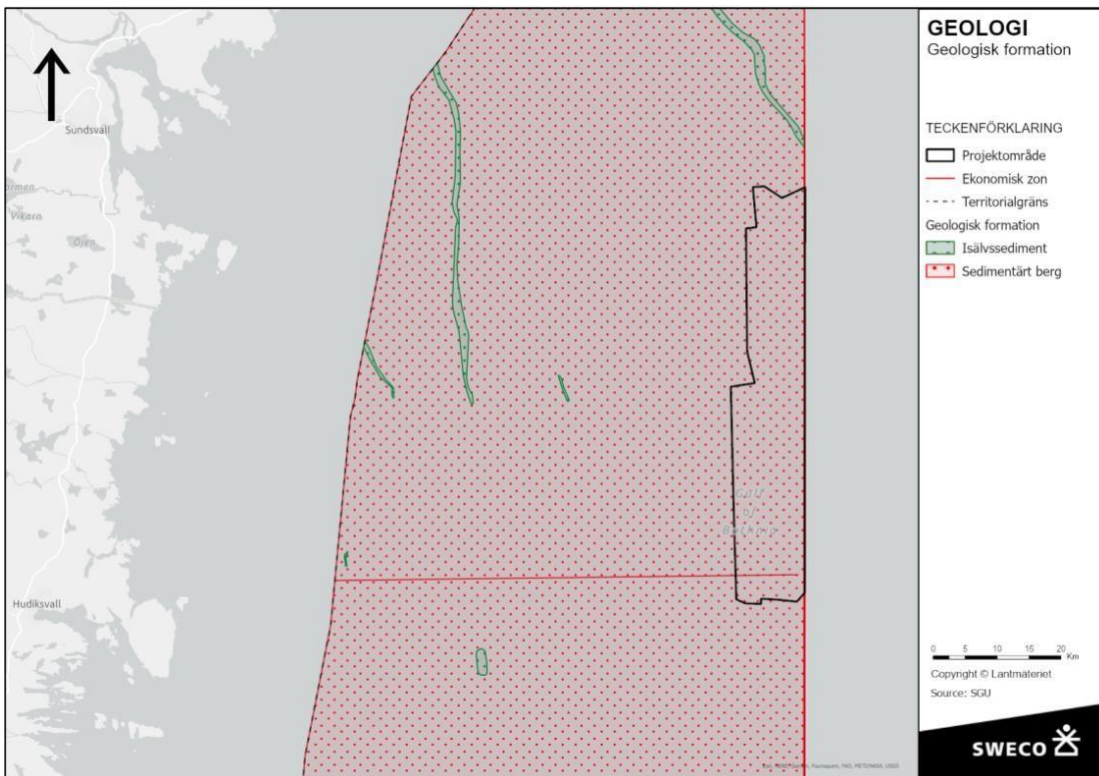
Niiden tuloksia analysoidaan parhaillaan. Osa niistä esitetään jäljempänä.



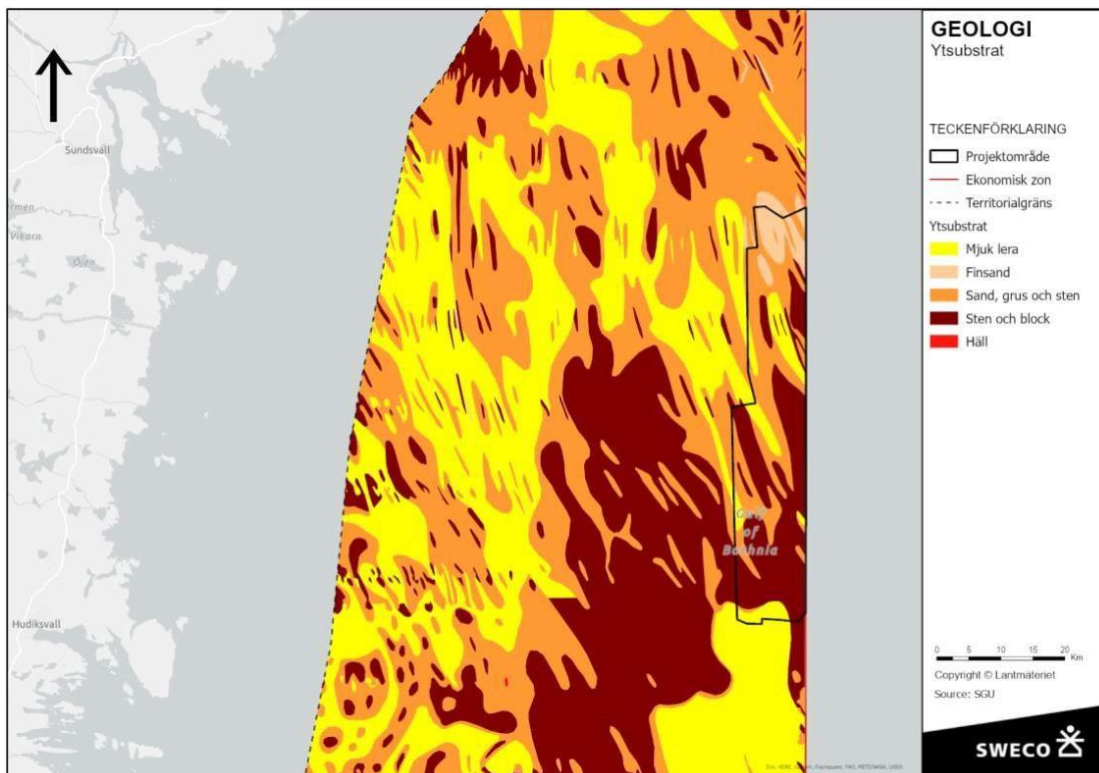
Kuva 4-11. Kuvassa näkyy syvyyssolosuhteiden vaihtelu hankealueella.

4.4.1 Geologia

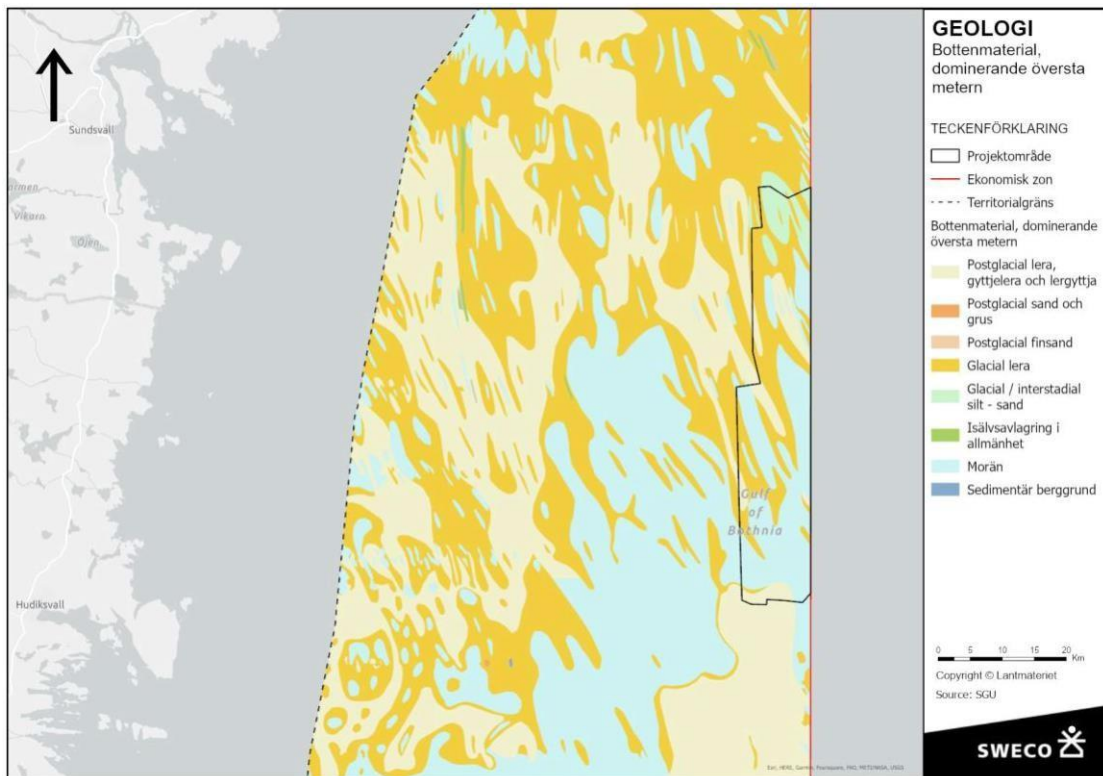
Hankealueen kallioperä koostuu sedimenttikivistä, ks. kuva 4-12. Kallioperän päällä on kerros, joka koostuu suurelta osin kivistä ja lohkeista, hiekasta ja sorasta sekä jossain määrin pehmeästä savesta, ks. kuva 4-13. Hankealueella merenpohjan ylimmät metrit koostuvat jäätikkösavesta, savesta ja savesta sekä liejusavesta, ks. kuva 4-14.



Kuva 4-12. Kuvassa esitetään sedimenttikivien ja jääjokisedimenttien jakautuminen hankealueella.



Kuva 4-13. Kuvassa näkyvät hankealueella vallitsevat pohjaolosuhteet.

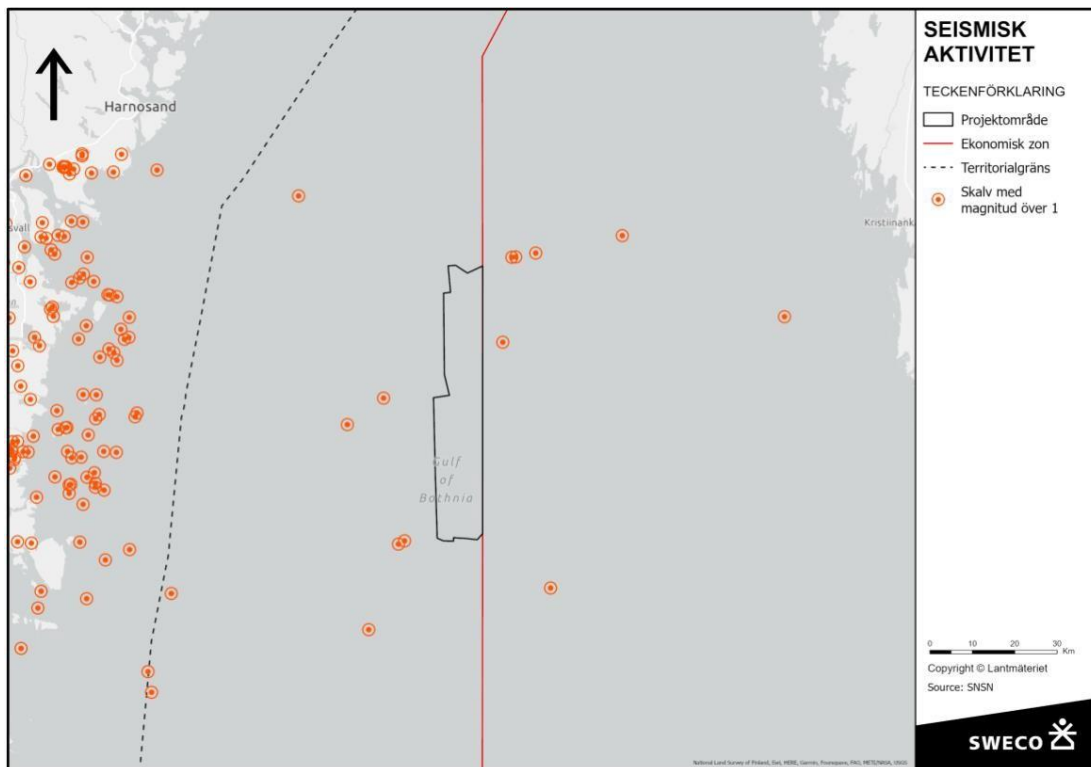


Kuva 4-14. Kuvassa on esitetty hankealueen sedimentin ylimmän metrin pintakerros.

4.4.2 Seisminen toiminta

Alueen seismisellä aktiivisuudella voi olla merkitystä vakauden kannalta, koska kaikki tuulivoimalat ankkuroidaan maahan. Maanjäristysten määräästä päätellen maanjäristysten aktiivisuus hankealueella on hyvin vähäistä. Kuvassa 4-15 on esitetty kaikki kirjatut maanjäristykset, jotka ovat olleet suurempia kuin magnitudi 1 vuodesta 1709 lähtien. Suomen talousvyöhykkeellä tietokantaa ei ole päivitetty vuoden 2014 jälkeen, mutta tiedetään, että alueella on hyvin vähän maanjäristyksiä.

Sigman hankealueella ei ole havaittu maanjäristyksiä. Näin ollen seisminen aktiivisuus on Uppsalan yliopistossa toimivan Ruotsin kansallisen seismisen verkoston (SNSN) mukaan hyvin vähäistä.

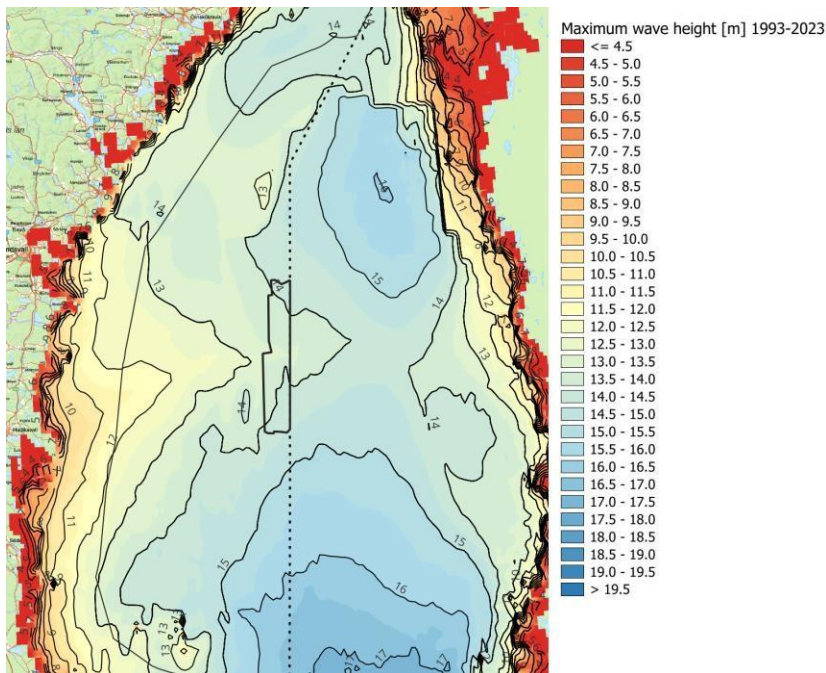


Kuva 4-15. Kuvassa esitetään maanjäristykset, joiden magnitudi on yli 1 vuodesta 1709 lähtien.

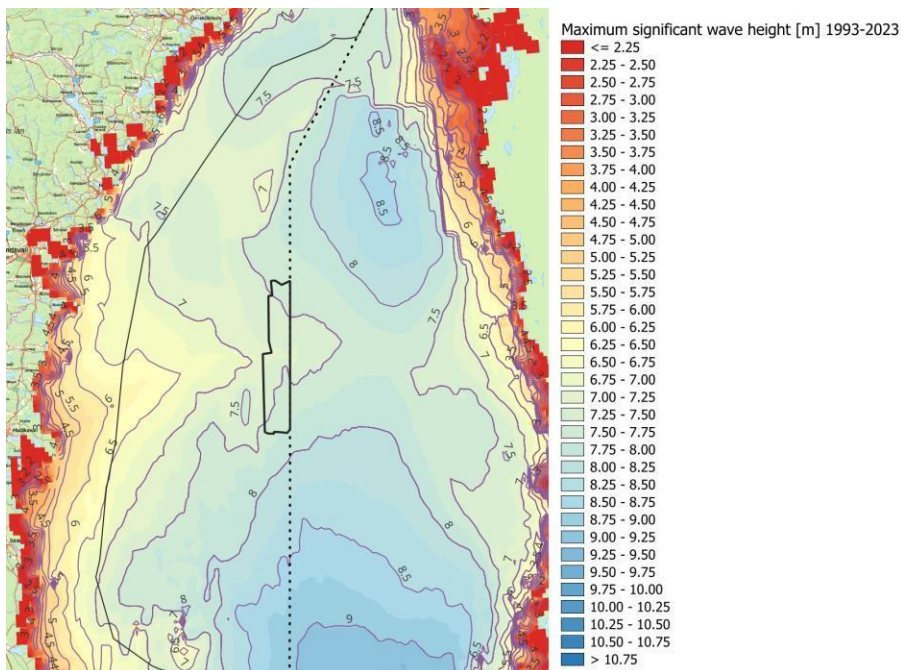
4.5 Hydrografia ja tuuliolosuhteet

4.5.1 Aalto-ilmasto

Itämeren aaltoilmasto on huomattavasti rauhallisempi kuin Ruotsin länsirannikolla ja Pohjanmerellä, mikä on tuulipuistoille suotuisaa. Aallonkorkeus määritellään merkitseväksi aallonkorkeudeksi, ja se lasketaan tietyn ajanjakson korkeimman kolmanneksen keskiarvona (SMHI, 2010). Kyseisellä alueella suurin aallonkorkeus vuosina 1993-2021 on vaihdellut 12 ja 14 metrin välillä, kun taas merkitsevä aallonkorkeus on vaihdellut 6,5 ja 7,5 metrin välillä, ks. kuva 4-16 ja kuva 4-17.



Kuva 4-16. Kuvassa näkyy vuosina 1993-2023 mitattu suurin aallonkorkeus (Copernicus, 2024).



Kuva 4-17. Kuvassa on korkein merkitsevä aallonkorkeus, joka on mitattu vuosina 1993-2023 (Copernicus, 2024).

4.5.2 Hapiolosuhteet ja suolapitoisuus

Perämeren edustan merialueilla on useita ympäristöseuranta-asemia, joilla otetaan näytteitä muun muassa happiolosuhteista ja suolapitoisuudesta. Kaudella

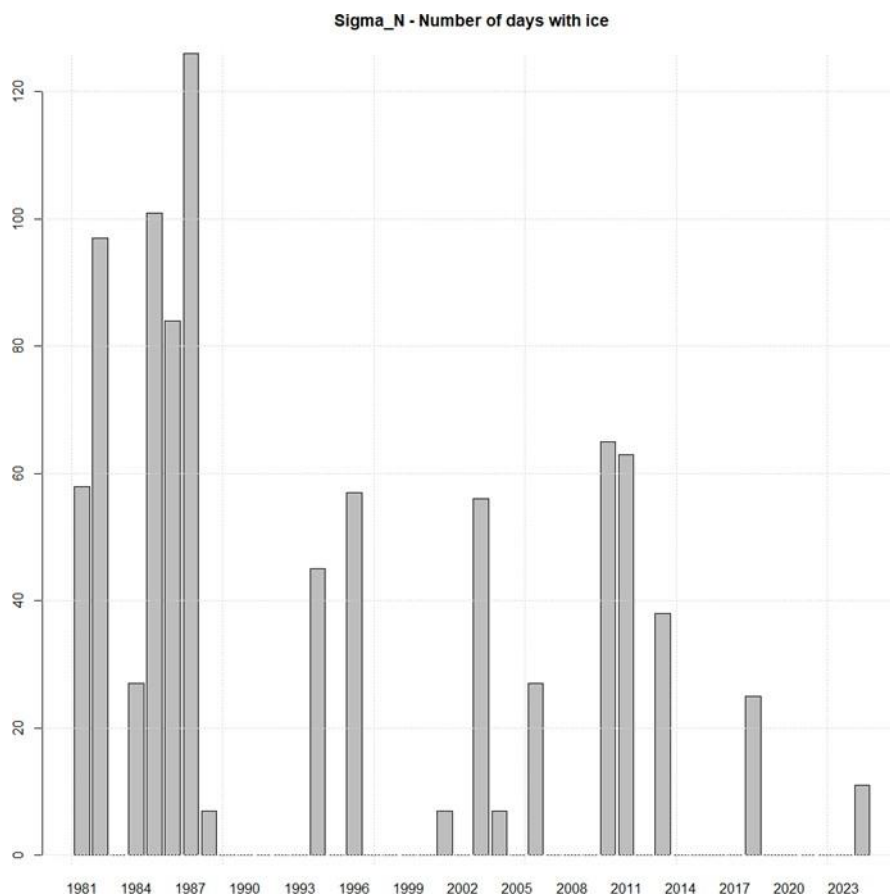
Vuosien 2010-2021 tulokset osoittavat, että alueen happipitoisuus on suhteellisen hyvä. Useimmissa näytteissä happipitoisuus on 6-8,5 mg/l (SHARKweb, n.d.). Nämä tasot ylittävät makean veden happitasapainon raja-arvon, joka on 5 mg/l (HVMFS 2012:18).

Vuosina 2010-2021 alueella mitattu suolapitoisuus on 3,6-6,5 psu, mikä tarkoittaa, että alueen vesi on murtovettä (SHARKweb, n.d.).

4.5.3 Jääolosuhteet

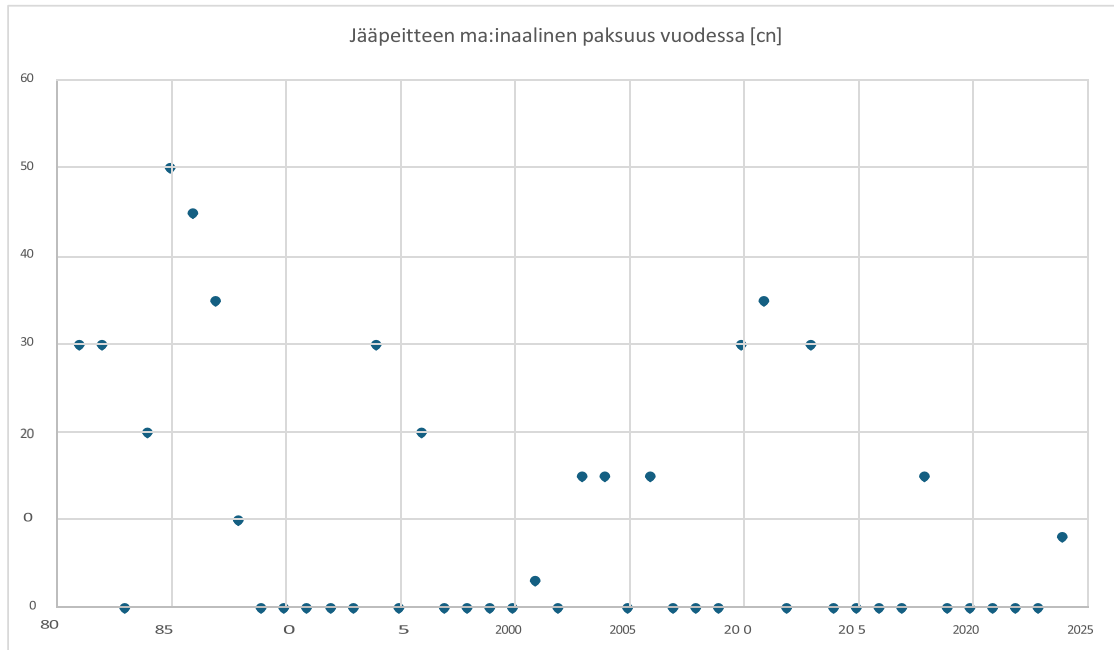
Sigman tuulipuiston alue ei ole joka vuosi jääpeitteinen, vaan jääpeitteisten päivien määrä vaihtelee suuresti. Osittain 1980-luvulla jäätä oli jopa 100 päivää vuodessa, ja ennätysvuonna 1987 jäätä oli yli 120 päivää. Vuoden 1988 jälkeen suurin osa vuosista on ollut jäättömiä, mutta yksittäisinä vuosina jääpeite on ollut jopa 60 päivää. Kuvassa 4-18 on esitetty jääpeitteisten päivien jakautuminen vuosittain hankealueen pohjoisosassa

Vuodesta 1990 lähtien hankealueen pohjoisosassa on ollut jääpeite 3,2 prosenttia ajasta, ja vastaava luku alueen eteläosassa on 2,5 prosenttia.



Kuva 4-18. Jääpeitteisten päivien määrä vuodessa (1981-2024) hankealueen pohjoisosassa (Copernicus, 2024).

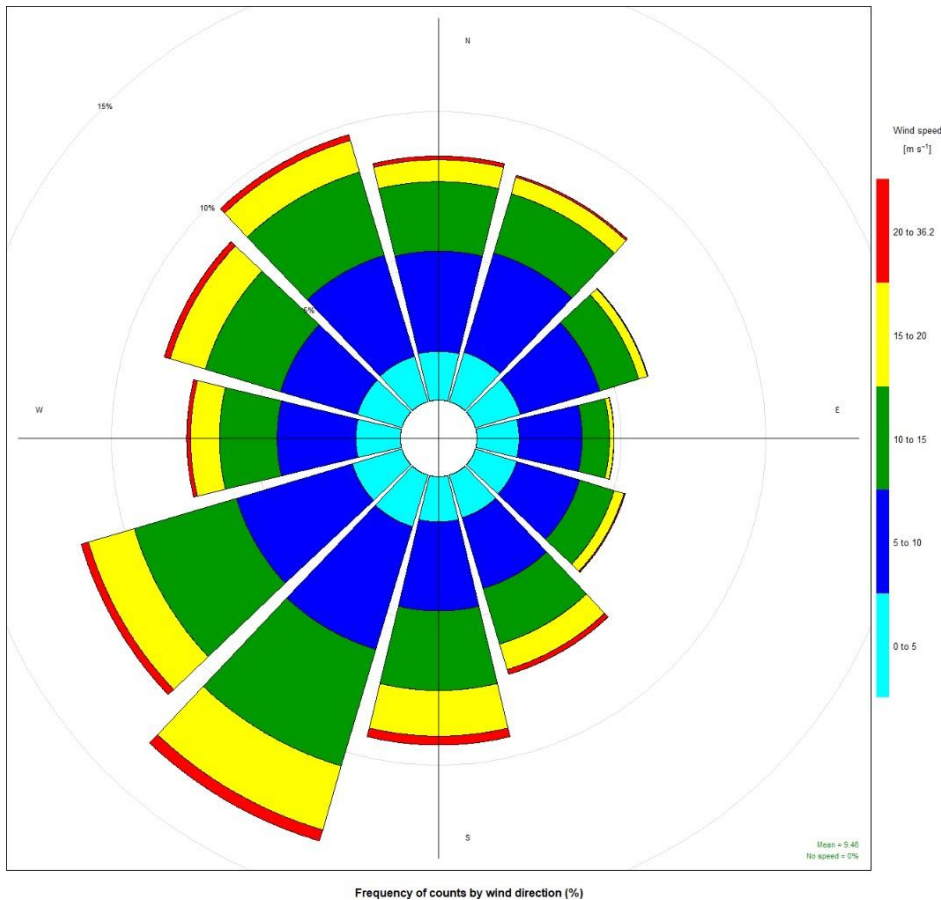
Jään enimmäispaksuuden osalta paksu jää on hankealueella harvinaista, ks. kuva 4-19.



Kuva 4-19. Jääpeitteen suurin paksuus vuodessa (1980-2024) hankealueen pohjoisosassa (Copernicus, 2024).

4.5.4 Tuuli

Alue, jolle Sigman tuulipuistoa suunnitellaan, katsotaan soveltuvan merituulivoiman käyttöön. Alueen tuulivoimavarat ovat hyvät, ja keskimääräinen tuulennopeus on 9,6-9,7 m/s 160 metrin korkeudella, ks. kuva 4-20.



Kuva 4-20. Tuuliruusu, jossa esitetään tuulen suunnan ja nopeuden jakautuminen 160 metrin korkeudessa hankealueella.

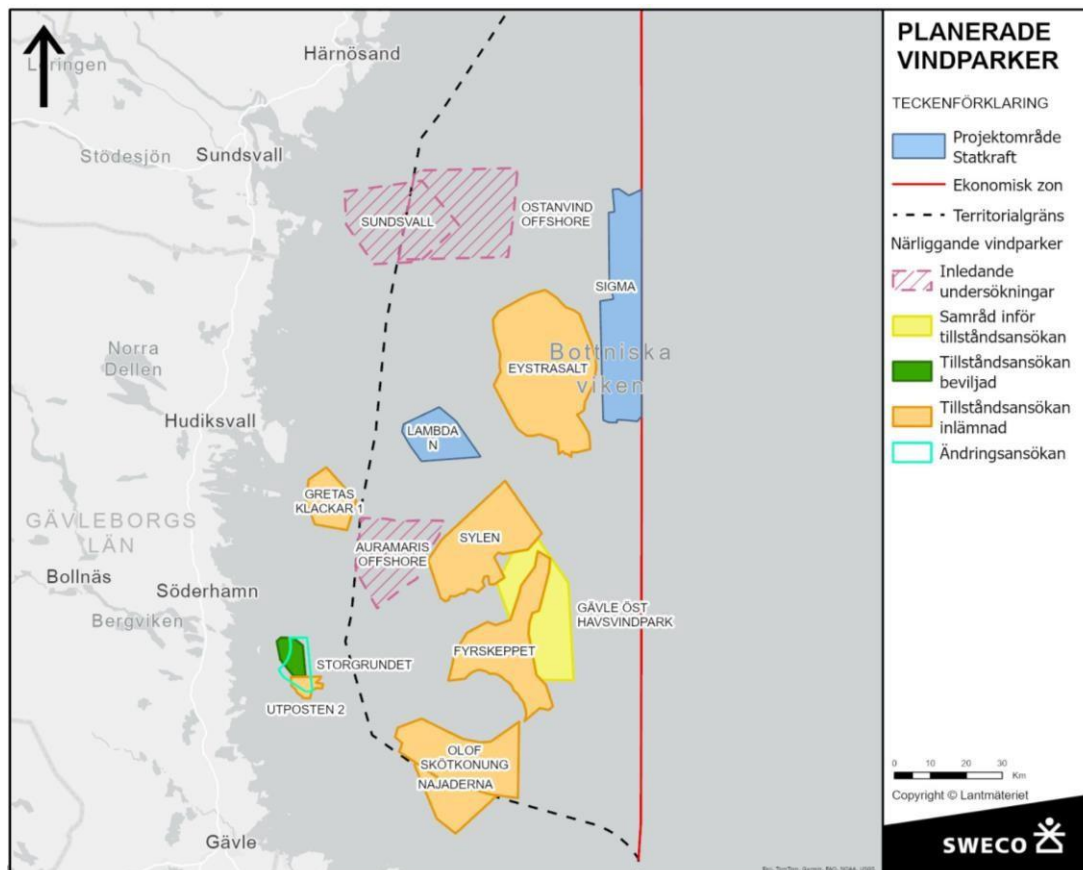
4.6 Merien kaatopaikat

Toisen maailmansodan jälkeen Ruotsin vesille laskettiin kemiallisia taisteluvälineitä (SwAM, 2021). Näitä alueita kutsutaan merialueiden läjitysalueiksi. Tutkimusten mukaan ammuksia on edelleen läjitysalueilla, mutta niiden vaikutusta ympäristöön ei ole vielä selvitetty.

Hankealueella ei ole tiedossa merellä sijaitsevia kaatopaikkoja (EMODnet, 2024). Lähimmät kaatopaikat sijaitsevat noin 50-60 kilometriä hankealueen eteläpuolella, Itämeren alueella Gotlannin kaakkoispuolella.

4.7 Muut merialueelle suunnitellut tuulipuistot

Sigman länsipuolelle suunnitellaan Eystrasaltin tuulipuistoa. Sigman lounaispuolelle on suunnitteilla useita muita tuulipuistoja. Kaikki suunnitellut tuulivoimapuistot ja niiden tila on esitetty kuvassa 4-21. Suomen talousvyöhykkeellä kaikki tuulivoimapuistohakemukset ovat tällä hetkellä jäissä, kunnes merituulivoimaa koskevaa lainsäädäntöä tarkistetaan.



Kuva 4-21. Muut suunnitellut tuulivoimapuistot Perämerellä (lokakuussa 2024 laadittu kartta).

5 Suunnitellut toimet

Tässä luvussa on yleinen kuvaus haetuista toimita. Yksityiskohtaisempi kuvaus on hakemuksen liitteenä 2 olevassa teknisessä kuvauksessa.

Merituulivoimateknologia kehittyä hyvin nopeasti, mikä tarkoittaa, että tuulivoimaloita voidaan rakentaa yhä suurempia ja siten paljon tehokkaampia. Tämä on suotuisaa, koska se mahdollistaa suuremman sähköntuotannon samalla pinta-alalla. Suurempi tehontuotto tarkoittaa yleensä suurempaa roottorin halkaisijaa, mikä puolestaan johtaa suurempaan kokonaiskorkeuteen.

Hakemus koskee siis tuulivoimaloita, joiden kokonaiskorkeus on enintään 370 metriä. Hakemuksen mukainen tuulivoimaloiden enimmäismäärä on 143. Tuulivoimaloiden enimmäiskorkeuden ja enimmäismäärän yhdistelmää on käytetty ympäristövaikutusten arvioinnissa pahimman mahdollisen skenaarion laatimiseksi, ks. kohta 6.2. Lopullisen suunnitelman kokonaiskorkeus on kuitenkin joko 370 metriä, jolloin voimaloita on vähemmän, tai enimmäiskorkeus on 300 metriä, jolloin voimaloita on enintään 143 kappaletta.

5.1 Tärkeimmät vaihtoehdot

Sigman tuulipuiston päävaihtoehto eli todennäköisin skenario on 143 tuulivoimalaa, joiden kokonaiskorkeus on 300 metriä ja kapasiteetti 20 MW voimalaa kohti. Tämä merkitsee noin 2 860 MW:n asennettua kokonaiskapasiteettia ja noin 11,5 TWh:n odotettua vuosituotantoa. Taulukossa 5-1 esitetään yhteenveto tuulipuiston mittoja ja odotettua energiantuotantoa koskevista tiedoista

Taulukko 5-1. Yhteenveto tärkeimpien vaihtoehtojen ulottuvuuksista ja odotetusta energiantuotannosta.

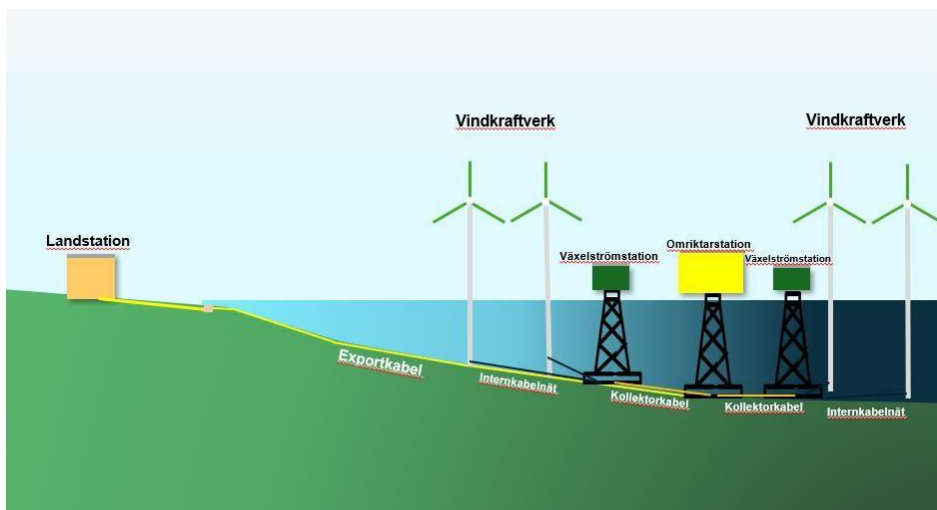
Tuulivoimaloiden lukumäärä	143
Teho tuulivoimalaa kohti	20 MW
Asennettu kokonaiskapasiteetti	2 860 MW
Odotettu vuosituotanto	11,5 TWh
Roottorin halkaisija	263 metriä
Kokonaiskorkeus	300 metriä
Tuulivoimaloiden välinen vähimmäisetäisyys	1470 metriä
Muuntamoiden/muuntamoiden lukumäärä	Enintään 6
Sisäisen kaapelin kokonaispituus	Jopa 450 km
Muut alustat, kuten valvonta- ja viestintälaitteet	Enintään 2
Keräinkaapeleiden lukumäärä	Enintään 8

Keräinkaapelin kokonaispituus	Jopa 150 km
Tuulipuiston kokonaispinta-ala	Noin 640 km ²
Tuulipuiston kokonaispinta-ala kokonaispinta-ala*	<1 %

*Laskettu perustuksille, joissa on eroosiosuojaus ja kymmenen metriä leveät sisäiset kaapelikäytävät.

5.1.1 Tuulipuisto

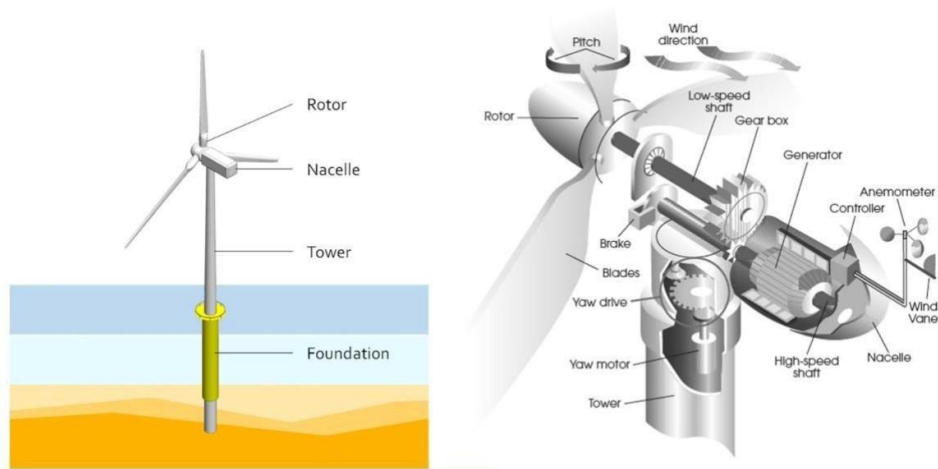
Sigman tuulipuiston tuulivoimalat on suunniteltu ankuroitavan maahan kiinnitettäviin perustuksiin. Tarvittaessa perustusten ympärille asennetaan eroosiosuojaus. Tuulivoimalat on liitetty toisiinsa sisäisellä kaapeliverkolla, joka välittää tuotetun sähkön ja jota käytetään viestintään. Yhteenliitännäverkko kerää tuotetun sähkön yhteen tai useampaan merellä sijaitsevaan sähköasemaan. Valinnaisesti tuotettu sähkö muunnetaan vaihtovirrasta tasavirraksi ennen kuin se viedään maihin. Tämä voidaan tehdä joko suoraan sähköasemalla tai erillisessä muuntamossa. Siirto maihin tapahtuu sitten yhden tai useamman vientikaapelin kautta. Kuvassa 5-1 esitetään kaaviokuva merituulipuiston eri osista



Kuva 5-1. Kaaviokuva merituulipuistosta, jossa on kiinteät perustukset (kuva hakemuksen liitteen 2 teknisestä kuvauksesta).

5.1.2 Tuulivoimalat

Merituulivoimalat koostuvat yleensä perustuksesta, jolla tuulivoimala ankkuroidaan merenpohjaan, teräksisestä tornista, tornin päälle asennetusta konepellistä, jossa on voimansiirtoa varten tarkoitettu voimansiirtoyksikkö, generaattori, ohjausjärjestelmä ja roottori tuulen energian talteenottoa varten (ks. kuva 5-2).



Kuva 5-2. Vasemmalla: Kuva, jossa näkyvät roottori, konepelti, torni ja perustukset. Oikealla: Kuvassa on hytin sisäpuoli. Kuvalähde: (Li, Li, Jiang, & Tang, 2022).

Turbiinit ohjataan siten, että ne keräävät mahdollisimman paljon energiaa tuulesta alhaisilla ja kohtalaisilla tuulennopeuksilla (alle 10-13 m/s). Tämä tapahtuu ylläpitämällä optimaalista nousukulmaa ja muuttamalla turbiinin pyörimisnopeutta, jotta lavan kärjen pyörimisnopeuden ja tuulen välinen suhde pysyy vakiona (oikean aerodynaamisen kohtauskulman saavuttamiseksi).

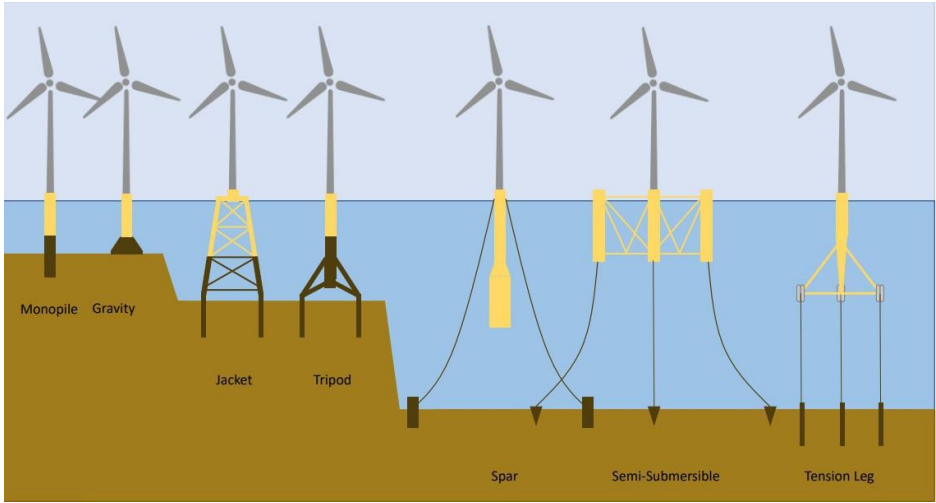
Suuremmilla tuulennopeuksilla tuuliturbiinien on vähennettävä tuulesta otettua energiaa kuormituksen rajoittamiseksi. Tämä tapahtuu kääntämällä lavat asteittain pois optimaalisesta asennosta, jolloin roottorista voimansiirtoon tuleva teho vähenee. Kun tuulesta tulee liian voimakas, turbiinin lavat kallistetaan niin, että ne eivät ota tuulesta energiaa, ja turbiini sammuu kokonaan kuormituksen minimoimiseksi. Nykyaikaisissa offshore-turbiineissa tämä tapahtuu tyypillisesti 30 m/s:n nopeudella.

5.1.3 Perustukset ja eroosiosuojaus

Offshore-tuulivoimalan perustus koostuu merenpohjaan kiinnitettävästä osasta, merenpohjasta vedenpinnalle ulottuvasta osasta ja niin sanotusta siirtymäosasta, joka yhdistää tuulivoimalan tornin ja perustuksen.

Merituulivoimalat voidaan sijoittaa sekä kiinteille että kelluville perustuksille, ks. kuva 5-3. Paikallisten olosuhteiden (merenpohjan syvyys, geofysiikka ja odotettavissa olevat geotekniset ominaisuudet) perusteella yhtiö arvioi, että pohjaan kiinnitettävät perustukset ovat hankealueelle sopivin tekniikka. Tämän vuoksi yhtiö on päättänyt perustaa hakemuksen neljään vaihtoehtoiseen pohjaan kiinnitettävään perustustyyppiin:

- paaluilla rakennetut ristikkoperustukset
- imusäiliöillä rakennetut ristikkoperustukset
- monopiles
- gravitaatioperusta.



Kuva 5-3. Havainnekuva merituulivoimaloiden perustuksista (Dornhelm, Esther; Seyr, Helene; Muskulus, Michael, 2019). Sigman tuulivoimapuiston päävaihtoehto on kiinteät merenpohjan perustukset, jotka on merkitty kuvaan merkinnöillä "monopile", "gravitaatio" ja "jacket".

Taulukossa 5-2 . on yhteenvedo perustusten ja ankkurointiratkaisujen odotettavissa olevista mitoistaKun geofysikaaliset ja geotekniset tutkimukset on tehty, on todennäköistä, että tekniset parametrit voidaan optimoida ja että mittoja, tunkeutumissyvyyksiä ja pohjapinta-aloja voidaan pienentää.

Taulukko 5-2. Odotettavissa olevat tekniset parametrit vaihtoehtoisille kiinteille pohjaperustuksille.

Parametri	Monopile	Paalujen päällä olevat ristikot	Trussin imukasetit	Gravitaatioperusta
Perustuksen pohjan halkaisija	12-14 metriä	3,5-4,5 metriä jalkaa kohti	8-16 metriä jalkaa kohti	35-40 metriä
Tunkeutumisen syvyys	35-50 metriä	40-70 metriä	8-16 metriä	Ei ole.
Paalutus	Kyllä	Kyllä	Ei ole.	Ei ole.
Poraus	Mahdollisesti	Mahdollisesti	Ei ole.	Ei ole.
Ruoppaus	Ei ole.	Ei ole.	Ei tai rajoitetusti	Mahdollisesti
Sedimentin leviäminen	Rajoitettu	Rajoitettu	Rajoitettu	Jos ruoppausta tarvitaan
143 tuulivoimalaa koskevat maa-aluevaatimukset	21 000 m ²	9 500 m ²	116 000 m ²	180 000 m ²
Eroosiosuojattu pohjaväite 143 tuulivoimalaa varten	198 000 m ²	82 000 m ²	515 000 m ²	582 000 m ²
Hankealueella olevien maa-alueiden kokonaismäärä	0,03 %	0,01 %	0,08 %	0,09 %

Eroosiosuojaus rakennetaan yleensä perustusten viereen sen varmistamiseksi, että aallot ja vesivirrat eivät vie perustuksia ympäröivää sedimenttiä pois. Eroosiosuojaus koostuu luonnonmateriaaleista, kuten kalliosta ja sorasta, jotka ovat sopeutuneet asettumaan vakaasti merenpohjaan. Siihen voi kuulua myös niin sanottuja hietapatjoja, jotka ajan mittaan muodostavat hiekkapenkereitä, tai betonimattoja.

Eroosiosuojauksen koko ja rakenne riippuvat paikallisista olosuhteista, kuten sedimentin tyypistä, aalloista ja virtauksista sekä valitusta perustustyyppistä. Eroosiosuojaus perustetaan vain tarvittaessa. Koska hankealueella on suhteellisen suotuisat aalto-olosuhteet ja alhaiset virtausnopeudet pohjassa, eroosiosuojausta ei todennäköisesti tarvita.

5.1.4 Offshore-alusta ja sähköinfrastruktuuri

Hankealueelle asennetaan sähköasemia. Sähköasema koostuu perustuksesta, jossa on alustalla seisova päällysrakenne. Päällysrakenteessa on elektroniikkaa ja muita tarvittavia laitteita. Vaihtovirran sijasta sähkö voidaan joutua muuntamaan tasasähköksi, jotta voidaan vähentää häviöitä siirrossa rannikolle. Tämä edellyttää myös niin sanottua muuntoasemaa, joka voidaan rakentaa yksin tai yhdessä muuntamon kanssa.

Sigman tuulivoimapuistoon rakennetaan enintään kuusi muuntaja- ja muuntamoasemien alustaa. Niiden lopullinen lukumäärä, rakenne ja sijainti määritetään tuulipuiston yksityiskohtaisen suunnittelun aikana.

Taulukossa 5-3 .on esitetty alustojen enimmäismitat

Taulukko 5-3. Alustojen enimmäismitat (enimmäiskoko alustaa kohti).

Kiinteistö	Enimmäismitta
Korkeus	80 metriä
Korkeus, mukaan luettuna masto/salamaohjain	100 metriä
Pituus x leveys	100 x 50 metriä
Eroosiosuojauksen halkaisija	13,5 metriä
Pohjan väitteet, mukaan luettuna eroosiosuojaus	1 150 m ²

Merellä sijaitseville sähköasemille on käytettävissä periaatteessa samoja perustustyyppisiä kuin tuulivoimaloille.

Saattaa olla tarpeen rakentaa enintään kaksi muuta alustaa esimerkiksi seuranta- ja viestintälaitteita varten. Kuten sähköasemien kohdalla, nämäkin alustat koostuvat perustuksista ja päällysrakenteista.

5.1.5 Sisäiset johdinsarjat ja keräilykaapelit

Sisäinen kaapeliverkko on tuulipuiston sisäinen kaapeliverkko, joka yhdistää tuulivoimalat sähköasemiin. Kaapeliverkkoon liitetään todennäköisesti useita tuulivoimaloita ryhmiin, niin sanottuihin radiaaleihin. Päävaihtoehdossa radiaalien pituus vaihtelee noin yhdeksästä kilometristä 22 kilometriin. Sisäisen kaapeliverkon kokonaispituudeksi arvioidaan päävaihtoehdossa noin 450 kilometriä.

Sisäisen kaapeliverkoston sijainti ja kokonaispituus määräytyvät tuulipuiston lopullisen suunnittelun perusteella.

Sisäisen kaapeliverkon jännitetaso odotetaan olevan 132 kilovolttia. Jos Sigma kytketään tasavirralla maihin, vaihtovirta-asemien ja muuntamoaseman välille voidaan tarvita keräilykaapeleita. Keräilykaapeleiden jännitetaso odotetaan olevan 220-275 kilovolttia. Päävaihtoehdo

sisäiset kaapelit, jotka on kytketty muuntimeen ilman vaihtovirta-asemia ja keräilykaapeleita. Yhteenliittä- ja keräilykaapeleiden lisäksi tuulipuisto voi tarvita muuntyyppisiä kaapeleita, kuten valokuitukaapeleita tietoliikennettä varten. Nämä on yleensä integroitu sisä- tai keräilykaapeleihin.

5.1.6 Esteiden valaistus ja merkitseminen

Tuulivoimalat on varustettava estevaloilla ja merkinnöillä. Niiden on oltava tuulipuiston rakentamishetkellä voimassa olevien säännösten mukaisia.

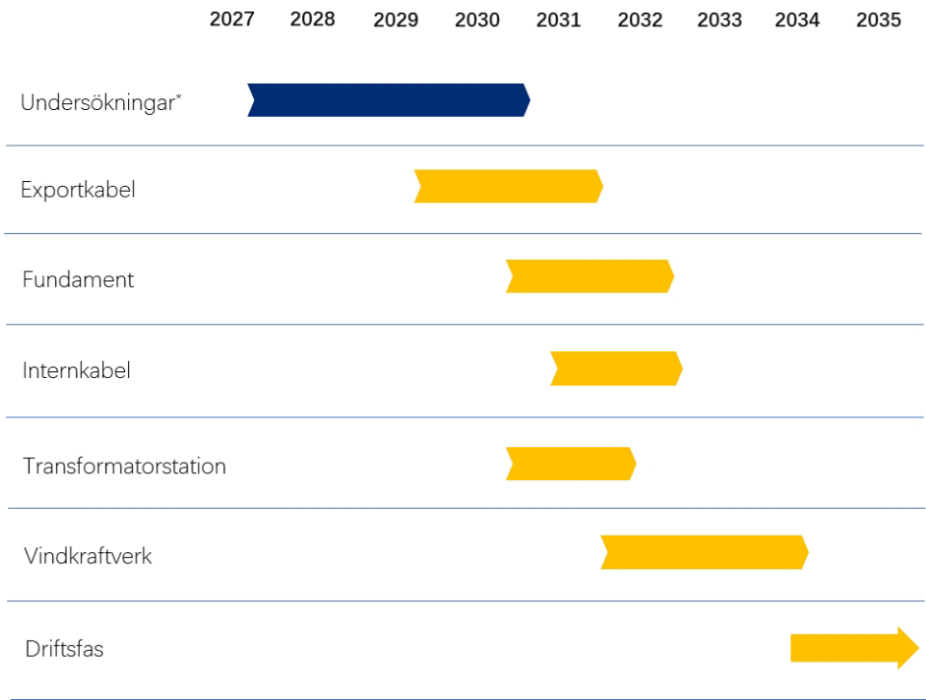
5.2 Toiminnan vaiheet

Tässä jaksossa on yleiskuvaus tuulipuiston eri vaiheisiin liittyvistä toimista. Yksityiskohtaisempi kuvaus on hakemuksen liitteessä 2 olevassa teknisessä kuvauksessa.

5.2.1 Rakennusvaihe

Rakentamisvaiheella tarkoitetaan tuulipuiston perustamista, johon kuuluu muun muassa perustusten, tuulivoimaloiden, sisäisten kaapeliverkkojen ja sähköasemien asentaminen. Rakentamisvaihe ei sisällä valmistelevia tutkimuksia eikä vientikaapeleiden asentamista, koska nämä toimet käsitellään erillisissä lupahakemuksissa.

Rakennusvaiheen odotetaan kestävän kolmesta neljään vuotta. Sigman tuulipuiston kokonaisaikataulu on esitetty kuvassa 5-4. Aikataulussa oletetaan, että lupa saadaan vuoteen 2027 mennessä.



Kuva 5-4. Sigman tuulipuiston kokonaisaikataulu. Tutkimukset liittyvät täydentävään geofysiikkaan, UXO-tutkimuksiin ja geotekniikkaan. Ne eivät sisällä lupahakemukseen. Myös vientikaapelia käsitellään erillisessä lupahakemuksessa.

5.2.1.1 *Perustusten ankkurointi ja tuulivoimaloiden ja alustojen asennus*

Perustukset kuljetetaan tai hinataan hankealueelle proomulla, kuljetusaluksella tai asennusaluksella. Hankealueella perustukset nostetaan paikoilleen nostolavalla tai asennusaluksella.

Valmistelevat työt tai merenpohjan parantaminen, kuten merenpohjan kivien poistaminen, voivat olla tarpeen.

Paalutuksen avulla rakennetuissa ristikoiden perustuksissa tarvitaan asennuksen aikana joko paalutusta tai porausta teräsputkien ankkuroimiseksi merenpohjaan. Jos käytetään imusäiliöillä varustettuja ristikkoperustuksia, imusäiliöt (teräskontit) sijoitetaan sen sijaan merenpohjaan. Asennuksen aikana imusäiliöistä pumpataan vettä ulos alipaineen luomiseksi, jolloin imusäiliöt imeytyvät merenpohjaan suunniteltuun tunkeutumissyvyyteen asti.

Paaluttamalla rakennetuissa monopileissa käytetään teräslieriöitä ankkuroitumiseen merenpohjaan. Ristikkoperustuksissa paalutus tehdään joko paaluttamalla tai poraamalla.

Painovoimaiset perustukset sijoitetaan merenpohjaan ja täytetään painolastilla.

Painovoimaperustukset edellyttävät tasaisia ja lujia merenpohjan olosuhteita, mikä tarkoittaa, että ennen asennusta voidaan tarvita valmistelevia töitä, kuten kalliosuodatinpohjan rakentamista, mahdollisesti yhdessä ruoppauksen kanssa.

Tuulivoimalat sekä muuntaja- ja muuntamoasemien alustat kootaan valmistussatamassa ja kuljetetaan tuulipuistoon valmiina moduuleina.

Perustusten kokonaisasennusaika jakautunee kahdelle asennuskaudelle.

5.2.1.2 *Sisäisen kaapeliverkon sulkeminen*

Ennen sisäisen kaapeliverkoston laskemista merenpohjaan tehdään valmistelevia töitä merenpohjan tasoittamiseksi, kiviä on ehkä poistettava ja kuoppia täytettävä.

Sisäiset kaapelit asennetaan erikoistuneilla asennusaluksilla. Sisäinen kaapeliverkosto voidaan joko upottaa noin metrin syvyyteen merenpohjan alle tai asentaa suoraan merenpohjaan. Jos kaapelit lasketaan suoraan merenpohjaan, voi olla tarpeen sijoittaa kaapeleiden päälle suojaa, kuten kiviä, virtausten, aaltojen, eroosion ja ulkoisten mekaanisten vaikutusten, esimerkiksi kalastuksen aiheuttamien vaikutusten, estämiseksi.

5.2.1.3 *Alusliikenne*

Rakennusvaiheen aikana hankealueella toimii samanaikaisesti jopa kymmenen kuljetus-, tuki- ja asennusalusta. Tuulipuiston koko rakennusvaiheen aikana hankealueen ja sataman (satamien) välillä odotetaan tapahtuvan yhteensä noin 1 200-1 500 edestakaista matkaa. Satamien valinta tuulipuiston komponenttien käsittelyä ja kokoonpanoa varten riippuu perustusteknologiasta ja turbiinitoimittajasta, joten se päätetään myöhemmin. On todennäköistä, että asennustöihin käytetään useiden kansallisten ja kansainvälisten satamien yhdistelmää.

Rakennustöiden odotetaan vaativan yhteensä noin 14 000 käyttötuntia (valmiustilat mukaan lukien) koko tuulipuiston osalta, mukaan lukien kaapeleiden asentaminen ja jälkivalvonta.

5.2.2 Toimintavaihe

Toimintavaiheella tarkoitetaan tuulipuiston toiminta-aikaa. Nykyisten tuulivoimaloiden käyttöikä on noin 40-45 vuotta.

Yhtiö laatii käyttö- ja huoltostrategian myöhemmin. Siinä hahmotellaan tuulipuiston tarkastusmenetelmät ja tarkastustiheys, jotta voidaan varmistaa puiston eheys, käytettävyys ja tuotanto.

5.2.2.1 Huolto ja kunnossapito

Sekä tuulivoimaloita että sähköasemia valvotaan etänä ja ne ovat miehittämättömiä normaalin toiminnan aikana. Tuulipuistoa huolletaan kuitenkin jatkuvasti, mikä edellyttää henkilöstön ja materiaalien kuljettamista tuulipuistoon.

Jokaiselle tuuliturbiinille tehdään vuosihuolto sekä jatkuva ennaltaehkäisevä, suunnittelemaan huolto ja päivitykset muutaman kerran vuodessa. Tärkeimpiä komponentteja saatetaan myös joutua vaihtamaan jossain vaiheessa käyttöikää.

5.2.2.2 Kuljettajat

Tontille perustetaan toimisto henkilökuntaa varten sekä laitteiden ja materiaalin varastointi. Tukikohdan toiminnan ja logistiikan sijaintia ei ole vielä määritetty, ja se selvitetään osana tulevaa työtä. Lyhyet vasteajat ja tehokas pääsy aluksille, joilla on hyvät satamaolosuhteet, kuten nosturit, ovat keskeisiä lopullisessa valinnassa.

Tuulivoimaloiden kunnossapito edellyttää henkilöstön ja materiaalin kuljettamista tuulipuistoon pienillä huoltoveneillä, aluksilla tai helikoptereilla. Tarvittaessa käytetään huoltotoimintaa harjoittavia aluksia (hotellialuksia), joissa henkilöstö on pidempiä aikoja merellä.

Tuulivoimaloiden tai kaapeleiden suurissa huoltotoimenpiteissä voidaan käyttää tukijalkoja, uivaa nosturia, kaapelilaivaa tai vastaavaa.

Toimintavaiheen aikana huoltoalukset kulkevat tuulipuistoon ja sieltä pois lähes päivittäin.

5.2.2.3 Turvavyöhykkeet

Tuulivoimapuiston käyttövaihetta varten tuulivoimaloiden ympärille perustetaan noin 50 metrin suojavyöhyke, jonne asiattomien pääsy on kielletty. Suurten osien vaihtamiseksi tukialuksilla tai uivalla nosturilla käytetään 500 metrin säteellä olevaa suojavyöhykettä.

5.2.2.4 Jätteet ja kemikaalit

Tuulivoimalan hytti sisältää useita ympäristölle mahdollisesti vaarallisia nesteitä, kuten vaihteistoöljyä, jäähdytysnestettä, hydraulikkaöljyä, voiteluöljyä ja akkunesteitä.

Tuulivoimalan hytti on suunniteltu keräämään ja havaitsemaan mahdolliset ympäristölle vaarallisten aineiden vuodot. Niissä osissa, joissa on öljyä tai nesteitä, järjestelmät on suljettu kokonaan vuotojen estämiseksi.

Lisäksi yhtiö ostaa mahdollisuuksien mukaan biohajoavia nesteitä ympäristöjalanjälkensä pienentämiseksi.

Osana käyttö- ja huoltostrategiaa kuvataan ympäristölle vaarallisten jätteiden käsittelymenetelmät ja niiden määrät. Näihin sisältyvät kaikki toiminnan aikana syntyvät jätteet. Jätteet kirjataan ja käsitellään valtuutetussa vastaanottolaitoksessa, ja toteutetaan toimenpiteitä, joilla estetään päästöt meriympäristöön.

5.2.3 Käytöstäpoistovaihe

Käytöstäpoistovaiheella tarkoitetaan tuulipuiston purkamista, joka tapahtuu, kun tuulivoimalat ovat saavuttaneet käyttöikänsä lopun.

Ennen tuulipuiston käytöstäpoiston aloittamista laaditaan käytöstäpoistosuunnitelma. Suunnitelma esitetään valvontaviranomaiselle viimeistään kuusi kuukautta ennen toimenpiteiden aloittamista. Käytöstäpoistosuunnitelman tarkoituksena on kuvata, miten käytöstäpoisto toteutetaan, ja määrittellä suoritettavat ennallistamistyöt. Käytöstäpoistomenetelmä on käytöstäpoistohetkellä voimassa olevan käytännön ja lainsäädännön mukainen.

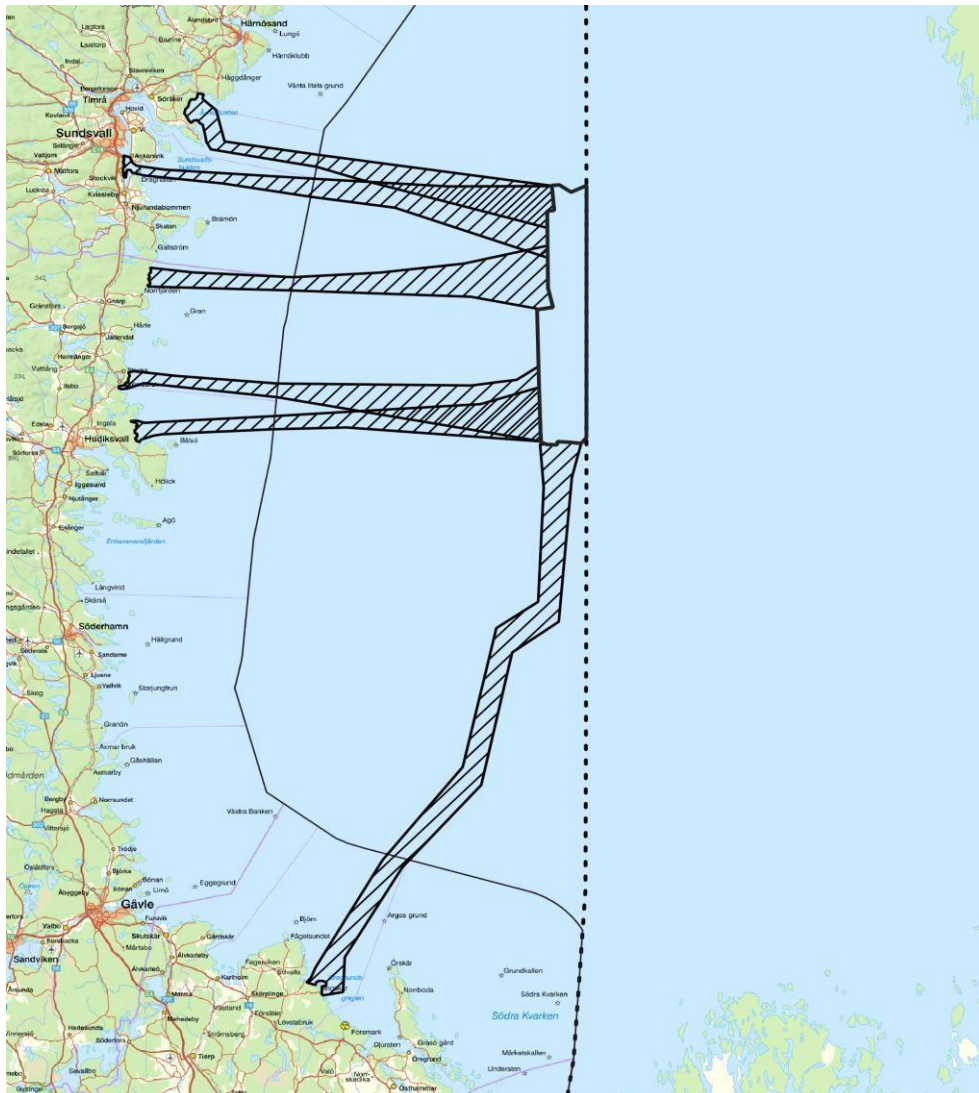
Käytöstäpoistoon sisältyy tuulivoimaloiden, perustusten ja sähköasemien sekä mahdollisten muuntamoiden purkaminen. Kaikki perustusten rakenteet merenpohjaan asti on tarkoitus poistaa käytöstäpoiston aikana. Käytöstäpoiston yhteydessä päätetään, poistetaanko myös merenpohjan alapuoliset rakenteet ja eroosiosuojaukset. Yhtiö tekee ympäristöarvioinnin parhaasta menetelmästä ja vaihtoehdosta, jolla ympäristöön kohdistuvat vaikutukset voidaan minimoida.

Yritys pyrkii käyttämään uudelleen ja/tai kierrättämään kaikki puretut osat. Yhtiö on sitoutunut lisäämään toiminnassaan käyttämiensä keskeisten materiaalien ja tuotteiden uudelleenkäyttöä ja kierrätystä sekä soveltamaan jätehierarkian periaatteita. Lisäksi yhtiö pyrkii suunnittelemaan tuulipuistonsa siten, että ne lisäävät tehokkuutta ja pidentävät käyttöikää, mukaan lukien parempi kiertokulku koko arvoketjussa.

Käytöstäpoisto tapahtuu yleensä päinvastaisessa järjestyksessä kuin rakentaminen, ja siihen osallistuu sama määrä aluksia ja laitteita.

5.3 Seurantatoimet

Yhteyskaapeleiden asentaminen hankealueelta maalla sijaitsevaan yhteyspisteeseen on suunnitellun tuulipuiston liitännäistoimintaa. Esimerkkejä mahdollisista vientikaapelikäytävistä on esitetty kuvassa 5-5. Kaapeleiden asentamisessa on tarkoitus noudattaa sisäisen kaapeliverkon osalta kuvattuja periaatteita.



Kuva 5-5. Sigman tuulipuiston mahdolliset ventikaapelikäytävät.

Muita liittännäistoimintoja ovat muun muassa maalla sijaitsevat sähkölinjat sähköasemalle ja siitä eteenpäin valtakunnan verkkoon liittämistä varten.

Koska tuulivoiman ja muiden säästä riippuvaisten energialähteiden osuus kokonaissähköntuotannosta kasvaa, on tärkeää, että ne voivat myös vaikuttaa entistä enemmän energiatasapainoon. Siksi Statkraft pyrkii kehittämään vetyyn perustuvaa tasapainotuskonseptia, joka edistää tehotasapainoa. Tällainen voimalaitos voisi sijaita Sigman maihinnousun maantieteellisessä läheisyydessä.

Seuraavien toimintojen ympäristövaikutukset tutkitaan ja kuvataan yksityiskohtaisesti erillisissä lupamenettelyissä, joten niitä ei käsitellä tässä YVA:ssa.

6 Vaikutustenarviointimenetelmät

6.1 Ympäristöolosuhteiden kuvauksen ja arviointien perusteet

Ympäristöolosuhteiden kuvauksen perustana on käytetty julkisesti saatavilla olevia tietoja, jotka ovat peräisin esimerkiksi viranomaisilta ja organisaatioilta, tieteellisestä kirjallisuudesta ja teknisistä raporteista.

Yhtiö on myös tilannut ulkopuolisilta asiantuntijoilta useita paikkakohtaisia kenttätutkimuksia, selvityksiä ja mallinnuksia, joiden perusteella voidaan kuvata ympäristöolosuhteita ja arvioida vaikutuksia ja seurauksia. Taulukossa 6-1 esitetään yhteenvedo tuotetuista asiakirjoista

Taulukko 6-1. Ympäristövaikutusten arvioinnin perustana olleet taustaraportit.

Tutkimus	Menetelmä	Kirjailija/esittäjä	Liite
Vaikutus merenkulun riskeihin ja meriliikenteen saavutettavuuteen	Työpöytä tutkimus ja HAZID	RISE	3
Kaupallista kalastusta koskeva asiakirjatutkimus	Työpöytä tutkimus	Pelagia	4
Sedimentin leviäminen ja virtauksiin kohdistuvat vaikutukset	Mallintaminen	Sweco	5
Vedenalainen akustinen tutkimus	Mallintaminen	Sweco	6
Meren biologinen perustilanne ja vaikutusten arviointi	Asiakirjatutkimus (ja kenttätutkimus)	Pelagia (Clinton)	7
Arviointi ja vaikutukset - lepakot	Työpöytä tutkimus	Niras	8
Ornitologinen lähtötilanne ja vaikutusten arviointi	Asiakirjatutkimus (ja kenttätutkimus)	Pelagia (Ottvall)	9
Maisemakuva-analyysi	Työpöytä tutkimus	Sweco	10
Kulttuurihistoriallinen toteutettavuustutkimus meriarkeologiasta	Työpöytä tutkimus	Sweco	11
Ilmassa kantautuva melu	Mallintaminen	Sweco	12

6.2 Vaikutustenarviointimenetelmät

Toiminnan odotettavissa olevia ympäristövaikutuksia ja toiminnasta mahdollisesti aiheutuvia ympäristövaikutuksia on arvioitu järjestelmällisesti. Ympäristöarviointi kattaa vaikutukset, joita voi aiheutua rakentamisen, toiminnan ja käytöstä poistamisen aikana.

Lyhyesti sanottuna vaikutusten arvioinnissa punnitaan ympäristönäkökohtien arvoa ja suunnitellun toiminnan vaikutuksia, ja lopulta saadaan aikaan vaikutus. Vaikutus liittyy nollavaihtoehtoon.

Vaikutusten arvioinnissa käytetään seuraavia käsitteitä:

- **Vaikutus** - fyysinen toimenpide, esimerkiksi perustuksen upottaminen merenpohjaan.
- **Ympäristövaikutus** - Ympäristövaikutus, kuten äänen syntyminen, voi aiheuttaa vaikutuksen, joka on vaikutuksen seurauksena ympäristössä tapahtuva muutos. Vaikutus voi olla esimerkiksi kohonnut äänitaso (melu). Vaikutukset voivat olla suoria tai epäsuoria, myönteisiä tai kielteisiä, tilapäisiä tai pysyviä ja tapahtua lyhyellä, keskipitkällä tai pitkällä aikavälillä.
- **Ympäristönäkökohta** - erilaiset arvot/intressit, joihin toiminta voi vaikuttaa, esimerkiksi alueella esiintyvät kalat.
- **Ympäristönäkökulman arvo** - ympäristönäkökulman arvon arvioinnissa käytetään erilaisia kriteerejä, kuten edun suojeluarvoa, sopeutumiskykyä, monimuotoisuutta ja arvoa muille eduille.
- **Vaikutus** - arvioidaan ympäristönäkökulman arvon ja ympäristövaikutuksen suuruuden perusteella sen jälkeen, kun suojatoimenpiteet on toteutettu.

Jotta toiminnan vaikutuksia ei aliarvioitaisi, ympäristöarviointi perustuu niin sanottuihin *pahimpiin mahdollisiin skenaarioihin*. Tämä tarkoittaa, että ympäristövaikutusten suuruuden arviointi perustuu teknologiaan tai suunnitteluun, jolla on suurin vaikutus asianomaiseen etuun, jos vaihtoehtoiset teknologiat tai suunnitelmat ovat merkityksellisiä. Tunnistettujen pahimpien skenaarioiden seurausten lieventämiseksi on kehitetty lieventämistoimenpiteitä, jotka otetaan huomioon lopullisessa arvioinnissa. Esimerkiksi paalutuksen vaikutusten lieventämiseksi on kehitetty lieventämistoimenpiteitä, sillä paalutus on vedenalaisen melun kannalta pahin mahdollinen skenaario.

Ympäristövaikutukset on esitetty seitsenportaisella asteikolla (erittäin suurista kielteisistä vaikutuksista myönteisiin vaikutuksiin), ks. taulukko 6-2. Positiivisia vaikutuksia ei ole luokiteltu, vaan ne on ainoastaan merkitty positiivisiksi. Eri vaikutustasojen merkitys on esitetty taulukossa 6-3.

Taulukko 6-2. Ympäristövaikutusten arviointiasteikko.

Ympäristönäkökohdat arvo	Pieni arvo	Kohtalainen arvo	Korkea arvo
Ympäristövaikutukset			
Suuri vaikutus	Kohtalainen vaikutus	Merkittävät seuraukset	Erittäin suuri vaikutus

Kohtalainen vaikutus	vähäisiksi seuraukset	Kohtalainen vaikutus	Merkittävät seuraukset
Pieni vaikutus	Vähäinen vaikutus	vähäisiksi seuraukset	Kohtalainen vaikutus
Ei vaikutusta/merkityksetön vaikutus	Ei vaikutusta/vaikutus on vähäinen		
Myönteinen vaikutus	Myönteiset seuraukset		

Taulukko 6-3. Vaikutustasojen kuvaus.

Seuraukset	Arviointi
Erittäin suuret kielteiset vaikutukset	Suojatoimenpiteistä huolimatta vaikutus on edelleen merkittävä. Esimerkiksi: Ympäristönäkökohdille aiheutuu peruuttamatonta vahinkoa ja ainutlaatuiset arvot menetetään, ihmisten terveydelle merkittävien haittojen riski.
Suuret kielteiset vaikutukset	Kaikista suojatoimenpiteistä huolimatta jonkin verran merkittäviä vaikutuksia jää jäljelle. Esimerkiksi: ympäristölle aiheutuu jonkin verran vahinkoa ja arvo laskee, ihmisten terveydelle voi aiheutua haittaa.
Kohtalaiset kielteiset vaikutukset	Kaikista suojatoimenpiteistä huolimatta jonkinlainen vaikutus jää jäljelle. Esimerkiksi: Ympäristölle aiheutuu vähäistä vahinkoa, ihmisten terveydelle voi aiheutua haittaa.
vähäisiksi kielteiset vaikutukset	Suojatoimenpiteiden avulla vaikutukset jäävät vähäisiksi. Esimerkiksi: Ympäristönäkökohtien arvoihin vaikutetaan tilapäisesti ja/tai rajoitetusti tai niiden voidaan olettaa olevan hyväksyttäviä nykyisten säännösten ja suosistusten mukaisesti.
Ei vaikutusta/merkityksetön vaikutus	Suojatoimenpiteillä ei ole vaikutusta tai vaikutus on hyvin vähäinen. Esimerkiksi: Ympäristönäkökulman arvo ei muutu lainkaan tai muuttuu vain vähäisessä ja/tai merkityksettömässä määrin.
Myönteiset seuraukset	Kaikilla suojatoimenpiteillä on myönteinen vaikutus. Esimerkiksi: ympäristöolosuhteet paranevat ja arvo nousee.

Vaikutustenarviointeja täydennetään tarvittaessa arviolla arvioinnin varmuudesta suhteessa lähtötietoihin.
Turvallisuus voi olla alhainen, kohtalainen tai korkea, kuten taulukossa 6-4 .esitetään

Taulukko 6-4. Turvallisuusarviointit tehdään taulukossa kuvattujen kriteerien mukaisesti. Taulukko lisäyksestä 7 Meribiologiset tiedot ja vaikutusten arviointi.

Turvallisuus arvioinnissa	Ohjelman kuvaus
Big	Tutkimusten ja kirjallisuuden tai muiden vakiintuneiden lähteiden muodossa oleva tiede tarjoaa hyvän perustan tieteellisesti perustellulle arviolle, jonka varmuusaste on korkea.

Turvallisuus arvioinnissa	Ohjelman kuvaus
Kohtalainen	Arvioinnin perustana olevissa tutkimuksissa on puutteita tai suuria eroja, jotka riippuvat asiayhteydestä. On kuitenkin vielä tutkimuksia, jotka liittyvät toisiinsa ja joita voidaan käyttää arvioinnin perustana kohtalaisen varmasti.
Matala	Arvioinnin perustana ei ole kokonaan tai osittain asiaankuuluvia tutkimuksia tai kirjallisuutta, jolloin arviointi perustuu osittain esimerkiksi alan asiantuntemukseen. Näin ollen arvioinnin varmuus on vähäinen.

6.3 Muut arvioinnit

Useiden näkökohtien osalta on käytetty arviointimenetelmiä, jotka eivät noudata kohdassa 6.2 esitettyjä menetelmiä

Kansallisten etujen osalta arvioidaan, voisiko toiminta johtaa kansalliseen etuun liittyviin nimettyihin arvoihin kohdistuviin pysyviin vaikutuksiin, jotka ovat vastoin kansallisen edun tarkoitusta. Kansallisiin etuihin kohdistuvia vaikutuksia tarkastellaan kunkin edun vaikutusarvioinneissa.

Natura 2000 -alueiden osalta arvioidaan vaikutukset alueen suojelun tasoon. Tämä tarkoittaa sitä, että arviointi tehdään sen perusteella, uhkaako toiminta vahingoittaa suojeltaviksi tarkoitettuja luontotyypppejä ja aiheuttaako se häiriöitä, jotka voivat merkittävästi haitata suojeltavien lajien säilymistä.

Arvioidaan, miten toiminta voi vaikuttaa ympäristön tilaan ja voiko toiminta vaikuttaa meriympäristön ympäristölaatu normien noudattamisen edellytyksiin.

Onnettomuusriski arvioidaan onnettomuuden todennäköisyyden ja onnettomuuden seurausten yhdistelmänä. Riski luokitellaan hyväksyttäväksi tai mahdottomaksi hyväksyä, kohta 12.1.

Valtioiden rajat ylittävien vaikutusten arvioinnissa eli siinä, miten asiaankuuluvat ympäristönäkökohdat vaikuttavat naapurimaissa, noudatetaan 6.2 .kohdassa esitettyjä menetelmiä

6.4 Rajaukset

6.4.1 Sisällöllinen raja

Ympäristövaikutusten arviointi kattaa kaikki tuulipuiston osat hankealueella, mukaan lukien sisäinen kaapeliverkko.

6.4.1.1 Ympäristövaikutukset

Toiminnan odotettavissa olevat ympäristövaikutukset ovat vedenalainen melu, suspendoitunut kiintoaine ja sedimentaatio, mukaan lukien ympäristömyrkyt, elinympäristön muuttuminen ja riuttoiin vaikutus, estevaikutus, törmäysriski, sähkömagneettiset kentät, visuaaliset vaikutukset, Syrjäytymisvaikutus ja merenpohjan fyysinen häiriö, ks. kohta 7.1.

Ilmamelun, virtaus/vesistövaikutusten, varjostuksen, kalastuspaineen muutosten, anodien aiheuttaman saastumisen ja vieraslajien leviämisen ei katsota aiheuttavan merkittäviä ympäristövaikutuksia. Siksi ne on jätetty huomiotta kohdassa 7.2 kuvatulla tavalla.

6.4.1.2 Toimialat

Vaikutustenarviointeja tehdään kaupallisen kalastuksen, merenkulun, ilmailun ja puolustuksen aloilla.

Luonnonvaroihin liittyviä elinkeinoja ei ole arvioitu esiintyvän hankealueella, minkä vuoksi tässä ympäristövaikutusten arvioinnissa ei arvioida niihin kohdistuvia vaikutuksia. Arvioinnin perustana ovat muun muassa merialuesuunnitelmat, joiden mukaan hankealueella tai sen välittömässä läheisyydessä ei tällä hetkellä harjoiteta hiekanottoa (SwAM, 2022). Hankealue ei myöskään sijaitse alueella, jolla on edellytyksiä merihiekan ja soran ottamiseen (SGU, 2017). Hankealueen ei myöskään katsota olevan mahdollinen hiilidioksidin varastointialue (SwAM, 2022).

6.4.1.3 Ympäristönäkökohdat

Ympäristövaikutusten arvioinnit tehdään pohjaeläimistön, kalojen, merinisäkkäiden, lintujen, lepakoiden, Natura 2000 -verkoston, kulttuuriympäristön ja maiseman ympäristönäkökohtien osalta.

Merenpohjan kasvillisuuteen, maanpäälliseen kulttuuriympäristöön sekä ulkoilmaelämään ja virkistykseen liittyvät ympäristönäkökohdat on rajattu.

Pohjakaasuvillisuutta rajoittaa valovyöhyke eli syvyysväli, johon auringonsäteet pääsevät ja jossa fotosynteesiä harjoittava elämä voi näin ollen elää tai vakiintua. Itämeren optimaalisissa olosuhteissa valovyöhykkeen on arvioitu ulottuvan 30 metrin syvyyteen, mutta Perämeren normaaleissa olosuhteissa valovyöhyke on noin 20 metriä. Hankealueella vallitsevien syvyysolosuhteiden (30-80 metriä) perusteella on oletettu, että valovyöhykkeellä oleva merenpohjan pinta-ala on noin 0,5 neliökilometriä 640 neliökilometrin kokonaispinta-alasta, joten sitä pidetään vähäpätöisenä (liite 7). Pohjakaasuvillisuutta ei sen vuoksi käsitellä tarkemmin YVA:ssa.

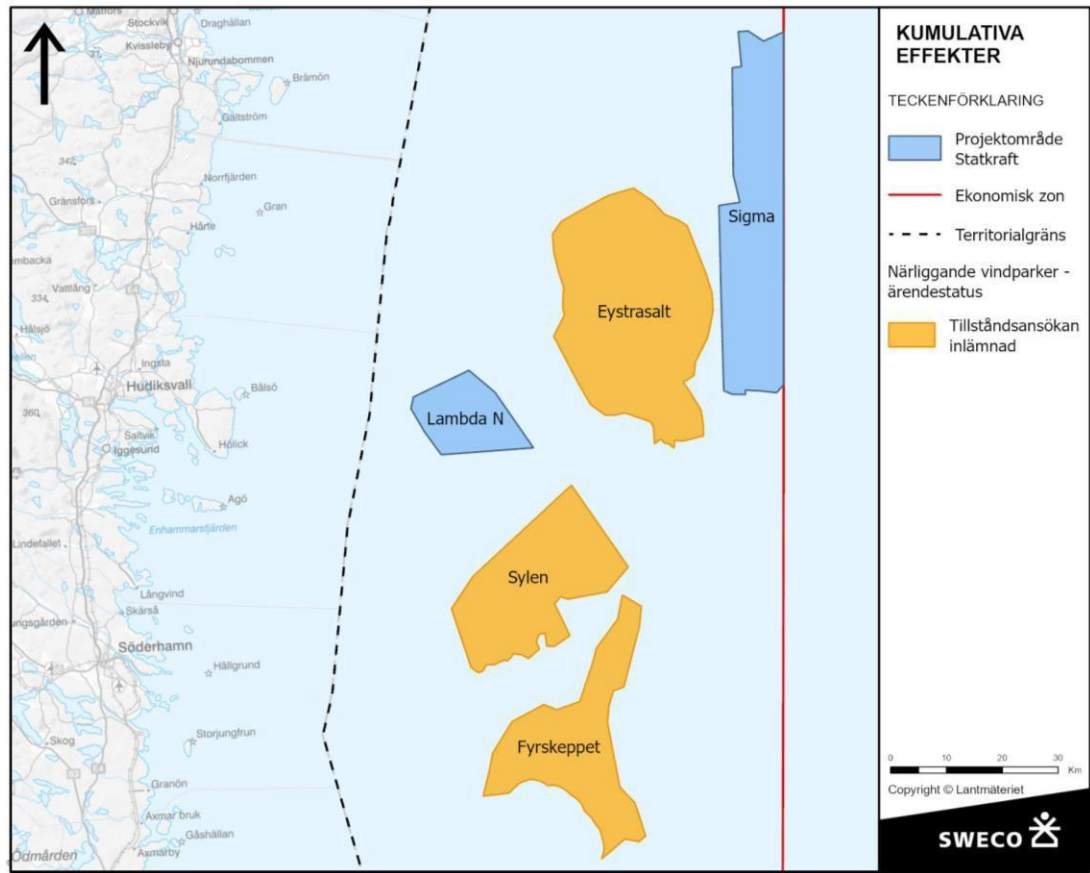
Västernorrlandin ja Hälsinglandin rannikolla on useita alueita, joilla on suuria kulttuuriperintöarvoja ja joihin tuulipuisto voisi mahdollisesti vaikuttaa. Koska rannikon kulttuuriperintöarvojen ja tuulipuiston välinen etäisyys on suuri, visuaalisia vaikutuksia ei odoteta syntyvän. Maalla sijaitsevia kulttuuriympäristöjä ei sen vuoksi käsitellä tarkemmin ympäristövaikutusten arvioinnissa.

Sigman tuulivoimapuiston hankealue sijaitsee kaukana rannikosta, eikä sitä käytetä merkittävässä määrin ulkoiluun ja virkistykseen. Virkistysveneitä on lähinnä rannikolla, eikä alueella odoteta olevan merkittävää virkistyskalastusta (EMODnet, 2024). Ulkoilua ja virkistystä ei sen vuoksi käsitellä tarkemmin ympäristövaikutusten arvioinnissa.

6.4.1.4 Kumulatiiviset vaikutukset

Kumulatiiviset vaikutukset kuvataan kunkin toimialan ja ympäristönäkökulman yhteydessä. Yleisesti ottaen kumulatiiviset vaikutukset on katsottu merkitykselliseksi arvioida nykyisten, luvan saaneiden ja suunniteltujen toimintojen osalta 50 kilometrin säteellä Sigman tuulipuistosta. Tällä alueella ei ole olemassa olevia tai luvan saaneita tuulipuistoja. Vaikutusten arvioinnissa on otettu huomioon suunnitellut tuulipuistot, joiden lupahakemus on jätetty lokakuussa 2024. Nämä tuulipuistot ovat Eystrasalt Offshore (Skyborn), Vindpark Sylen (Sveavind Offshore) ja Fyrskeppet Offshore (Skyborn) sekä Bothnia

Offshore Lambda North (Statkraft), jossa lupahakemus on vireillä, ks. kuva 6-1.



Kuva 6-1. Sigman tuulipuiston läheisyyteen suunnitellut tuulipuistot, jotka on otettu mukaan kumulatiivisten vaikutusten arviointiin. Useammat rakennuttajat suunnittelevat tuulipuistoja merialueelle, sekä aluevesille että Ruotsin talousvyöhykkeelle. Kartta on laadittu lokakuussa 2024.

Arvioinnit perustuvat edellä mainittujen tuulipuistojen aikatauluihin, ks. taulukko 6-5.

Taulukko 6-5. Sigman tuulivoimapuiston läheisyyteen suunnitellut tuulivoimapuistot, jotka on otettu mukaan kumulatiivisten vaikutusten arviointiin.

Suunniteltu tuulipuisto	Jätetty hakemus (vuosi)	Rakentamisen suunniteltu aloitus (vuotta)	Suunniteltu toiminnan aloitus (vuotta)	Pinta-ala (km²)	Tuulivoimaloiden enimmäismäärä	Etäisyys Sigmasta (km)
Sigma	-	2032	2034/35	640	143	-
Eyrasalt	2023	2030	2035	949	256	1,5
Sylene	2024	2030	2033	524	347	32
Valolaiva	2023	2027	2029	488	187	41
Lambda North	-	2032	2034	200	74	35

Muut toiminnot, kuten merenkulku, kaupallinen kalastus ja puolustus, on jätetty kumulatiivisen arvioinnin ulkopuolelle.

Hankealue on mukautettu merenkulkuun, ja se sijaitsee merenkulun ja laivaväylien kannalta valtakunnallisesti merkittävien alueiden ulkopuolella. Alusliikenteen odotetaan lisääntyvän jonkin verran hankealueen läheisyydessä rakennus- ja huoltoalusten muodossa tuulipuiston elinkaaren aikana. Lisäystä pidetään vähäisenä suhteessa alueen nykyiseen alusliikenteeseen ja kumulatiivisia vaikutuksia merkityksettöminä. Siksi niitä ei käsitellä tarkemmin ympäristövaikutusten arvioinnissa.

Lähin kaupallisen kalastuksen kannalta valtakunnallisesti merkittävä alue, *Finngrundens bankar* (RI YF 3 HP), sijaitsee noin 70 kilometrin päässä Sigman tuulipuistosta. Kaupallista kalastusta harjoitetaan hyvin rajoitetusti hankealueella. Lisäksi tuulipuiston sijoittelu mahdollistaa kalastusalueen kulun, joten tuulipuisto ei rajoita kaupallisen kalastuksen harjoittamista lähialueella. Näin ollen tuulipuiston alueella tai sen läheisyydessä tapahtuvan kalastuspaineen muutoksen mahdolliset kumulatiiviset vaikutukset arvioidaan merkityksettömissä. Siksi niitä ei käsitellä ympäristövaikutusten arvioinnissa tarkemmin.

Ruotsin puolustusvoimien *Härnön* merivoimien harjoitusalueen *ampumarata* (TM0310) sijaitsee noin 20 kilometrin päässä suunnitellulta hankealueelta. Vedenalaista melua koskevia kumulatiivisia vaikutuksia voi mahdollisesti syntyä, jos Ruotsin asevoimat järjestävät harjoituksia samaan aikaan, kun Sigman tuulipuisto rakennetaan. Suuren etäisyyden vuoksi mahdollisia kumulatiivisia vaikutuksia pidetään kuitenkin merkityksettöminä, minkä vuoksi niitä ei käsitellä tarkemmin ympäristövaikutusten arvioinnissa.

6.4.2 Maantieteellinen raja

YVA rajoittuu maantieteellisesti yleensä suunnitellun tuulipuiston hankealueeseen. Vaikutukset voivat kuitenkin vaihdella ja joidenkin ympäristövaikutusten osalta ulottua hankealueen ulkopuolelle. Tämä koskee esimerkiksi sedimenttien leviämistä ja vedenalaista melua rakennusvaiheen aikana.

6.4.3 Ajallinen raja

Ympäristövaikutusten arviointi rajoittuu toiminnan kolmeen vaiheeseen: rakentaminen (3-4 vuotta), käyttö (40-45 vuotta) ja käytöstä poistaminen (2-3 vuotta).

7 Odotettavissa olevat ympäristövaikutukset

Tässä luvussa kuvataan suunnitelluista toimista odotettavissa olevia ympäristövaikutuksia. Ympäristövaikutukset, jotka ovat merkityksettömiä, on ryhmitelty erilliseen lukuun (7.2), eikä niitä arvioida.

Arvioidut ympäristövaikutukset kuvataan jäljempänä kohdassa 7.1 ja taulukossa 7-1.

7.1 Arvioidut ympäristövaikutukset

Taulukko 7-1. Taulukossa esitetään yhteenveto toiminnasta aiheutuvista ympäristövaikutuksista sekä kunkin ympäristövaikutuksen pahin mahdollinen skenaario. Ympäristönäkökohdat ja toimet, joihin vaikutukset kohdistuvat, on lueteltu edunsaajina.

Ympäristövaikutukset	Pahimmassa tapauksessa	Vastaanottajat
Vedenalainen melu	Monipaaluperustusten paalutus, tuulivoimaloiden enimmäismäärä (143)	Pohjaeläimistö Kalat Merinisäkkäät
Kiintoaine- ja sedimentaatiokertymät, mukaan lukien ympäristömyrkyt.	450 kilometrin kaapelin uudelleenkeilaaminen (suihkukaivanto). Ristikkoperustusten poraaminen (porausjätteet vapautetaan pintaan).	Pohjaeläimistö Kalat Merinisäkkäät
Elinympäristön muutos ja riuttoihin vaikutus	Koko hankealuetta (640 neliökilometriä) kehitetään, ja kokonaiskorkeus on enintään 370 metriä.	Pohjaeläimistö Kalat Merinisäkkäät
Esteen vaikutus	Koko hankealue kehitetään (640 neliökilometriä), ja kokonaiskorkeus on enintään 370 metriä ja roottorin halkaisija enintään 350 metriä.	Lintu
Törmäysriski	Koko hankealue kehitetään (640 neliökilometriä), ja kokonaiskorkeus on enintään 370 metriä ja roottorin halkaisija enintään 350 metriä.	Linnut Lepakot
Sähkömagneettiset kentät	Merikaapeleiden enimmäispituus 450 kilometriä.	Pohjaeläimistö Kalat

Ympäristövaikutukset	Pahimmassa tapauksessa	Vastaanottajat
Visuaalinen vaikutus	Tuulivoimaloiden enimmäismäärä (143) ja suurin kokonaiskorkeus (370 metriä)	Kulttuuriympäristö, Maisema
Syntyvät vaikutukset	Koko hankealuetta (640 neliökilometriä) kehitetään, ja kokonaiskorkeus on enintään 370 metriä.	Kaupallinen kalastus, merenkulku, ilmailu, puolustus, Linnut
Fyysinen häiriö merenpohjassa	Koko kehitettävä hankealue (640 neliökilometriä), merikaapeleiden enimmäispituus (450 kilometriä).	Meriarkeologia

7.1.1 Vedenalainen melu

Tuulipuisto aiheuttaa vedenalaista melua kaikissa elinkaarensa vaiheissa. Rakennusvaiheessa vedenalaista melua syntyy pääasiassa kiinteiden perustusten ankkuroinnista, mutta jossain määrin myös sisäisen kaapeliverkoston asentamisesta. Toimintavaiheessa melua aiheuttavat tuuliturbiinien roottorin lavat aerodynaamisena vihellysäänenä vedenpinnan yläpuolella. Vedenalaista melua esiintyy myös käytöstäpoistovaiheessa, kun tuulipuisto puretaan ja osat kuljetetaan pois.

Sweco on laatinut vedenalaista melua koskevan taustaselvityksen, jossa on tehty äänen etenemistä koskevia laskelmia. Selvitys on kokonaisuudessaan saatavilla liitteessä 6.

Taulukossa 7-2 .on yhteenveto eräistä tutkimuksessa käytetyistä tärkeistä käsitteistä

Taulukko 7-2. Vedenalaiseen meluun liittyvien termien selitykset.

Konsepti	Selitys
Lähteen vahvuus	Äänitaso tai äänilähteen taso (SL)
SEL (äänialtistustaso)	Äänialtistustaso joko yksittäisen pulssin osalta (SEL _{ss}) tai kumulatiivisesti useiden pulssien osalta (SEL _{cum}).
L _{peak}	Yksittäisen äänen huippuarvo. Suurin yksittäinen impulssi paalutustyön aikana mitattuna nollasta huippuun. Paalutusäänillä on taipumus olla 20-25 dB korkeampi kuin saman iskun SEL-arvo.
TTS (tilapäinen kynnys siirtymä)	Tilapäinen kuulon heikkeneminen
PTS (pysyvä kynnys siirtymä)	Pysyvä tai palautuva (yli 24 tunnin kuluessa) kuulon heikkeneminen.
Painottamattomat ja painotetut äänitasot	Painottamaton äänitaso on kunkin taajuuden äänitason summa määritetyllä taajuusalueella ilman suodattimia. Painotettujen äänitasojen osalta käytetään painotussuodatinta jäljittelemään vastaanottajan kuulojärjestelmän herkkyyttä.
PCW-painotettu äänitaso	Hylkeiden kuuloa painotetaan käyttämällä PCW-suodatinta (phocid carnivores in water), joka kuvaa hylkeiden herkkyyttä äänelle.

7.1.1.1 Rakennus- ja käytöstäpoistovaihe

Tuulivoimaloiden pohjaan kiinnitettävien perustusten rakentamisessa voidaan käyttää erilaisia tekniikoita, kuten monopileja, ristikkoperustuksia tai painovoimaperustuksia. Konservatiivisessa arvioinnissa käytetään *pahimpia mahdollisia* olosuhteita, mikä tarkoittaa tässä tapauksessa sitä, että monopile-perustukset asennetaan mahdollisimman kovalle alustalle ja sellaiseen vuodenaikaan, jolloin äänen eteneminen vesipatsaassa on suhteellisen voimakasta.

Edellytykset

Äänen eteneminen vedessä riippuu veden tiheydestä, joka puolestaan vaikuttaa äänen nopeuteen. Lisäksi äänen etenemiseen vaikuttavat veden lämpötila ja suolapitoisuus. Äänen eteneminen on suurempaa talviolosuhteissa, joten äänen etenemisprofiili on *huonoin*. On kuitenkin epätodennäköistä, että paalutusta tehtäisiin talvikuukausina, joten laskelmissa on käytetty äänennopeusprofiilia, joka on painotettu siten, että kaksi kolmasosaa on talvi- ja yksi kolmasosa kesäaikaan.

Pehmeä pohja vaimentaa ääntä ja johtaa suurempaan vaimennukseen, kun taas kova pohja heijastaa ääntä. Ruotsin geologian tutkimuskeskus (SGU) on kartoittanut hankealueen merenpohjan kuuden metrin syvyyteen asti. Kartoituksen mukaan pohja koostuu savesta ja hiekasta. Koska tietoja suuremmista syvyyksistä ei ole saatavilla, oletetaan varovaisesti, että pohja koostuu kalliosta kuuden metrin syvyydessä.

Paalutuksesta aiheutuvaa melua voidaan vähentää eri tavoin. Yksi esimerkki meluntorjuntatoimenpiteistä on *Double Big Bubble Curtain* (DBBC), joka vähentää melun vaikutusta ilmakuplien noustessa rei'itetyistä putkista, jotka ympäröivät paalua kaksinkertaisina renkaina.

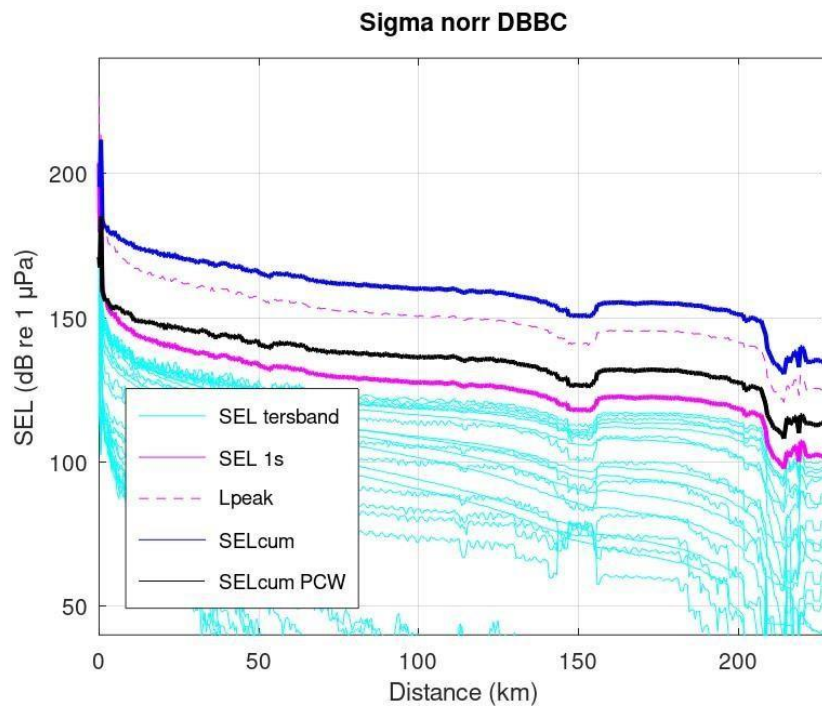
Yhtiö sitoutuu käyttämään melunvaimennustoimenpiteitä, jotka vastaavat vähintään sitä melunvaimennusta, joka saavutetaan käyttämällä kaksoiskuplaverkkoa (DBBC) monopileja paalutettaessa. Paalutustyöt aloitetaan myös pehmeällä käynnistysvaiheella ja nousujaksolla, mikä tarkoittaa, että paalutustyöt aloitetaan tietyn ajan pienemmällä iskuvoimalla, minkä jälkeen iskuvoimaa lisätään asteittain. Tämä antaa lähellä oleville eläimille mahdollisuuden siirtyä pois alueelta ennen kuin paalutus alkaa täydellä voimalla. Jos tekniikan tuleva kehitys mahdollistaa sen, että paalutustyöt voidaan asennushetkellä suorittaa alhaisemmalla melulähteellä kuin lisäyksessä 3 esitetyissä laskelmissa käytetty melulähde, melua vähentävien suojatoimenpiteiden vaikutus voi pienentyä korkeintaan vastaavassa määrin.

Laskentamenetelmä

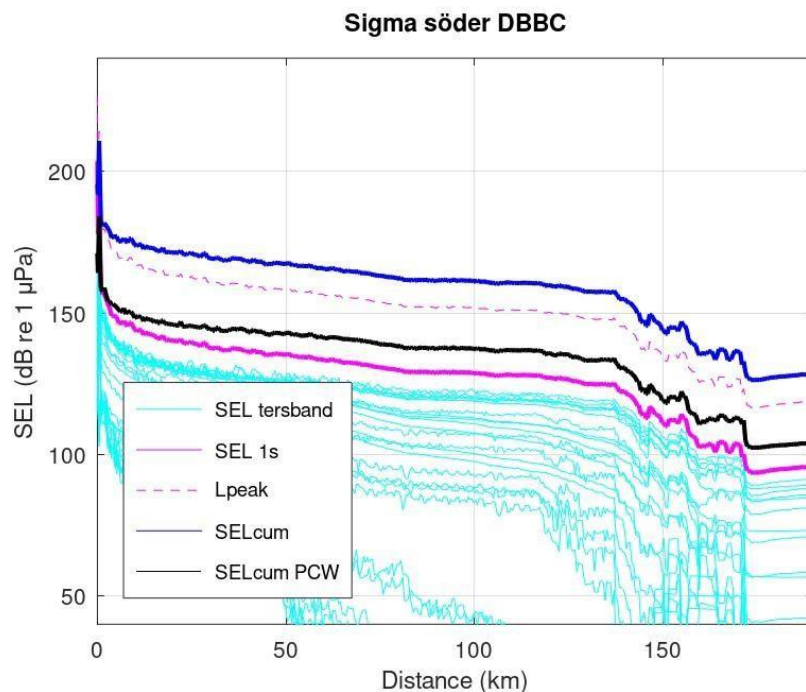
Laskelmat suoritettiin Marshall Day Acousticsin dBSea-ohjelmalla, versio 2.4. Koska hankealue on kapea, tehtiin kaksi laskelmaa, joista toisessa äänilähde oli pohjoisimpana ja toisessa eteläimpänä. Laskelma perustuu oletukseen, että pylvään kaataminen kestää yhteensä viisi tuntia, josta ensimmäinen puoli tuntia on ramppiaikaa, jolloin iskun voimakkuus kasvaa asteittain. Eläinten pakonopeudeksi on oletettu 1,5 metriä sekunnissa.

Äänen eteneminen

Tutkimuksen tuloksena on laskettu äänitasot eri etäisyyksillä paalusta, jotka näkyvät kuvassa 7-1 Sigma North -aseman osalta ja kuvassa 7-2 Sigma South -aseman osalta. Kuvissa esitetään äänitasot sen jälkeen, kun ne on vaimennettu kaksinkertaisella kuplaverkolla (DBBC). Kuvista näkyy, miten ääni vähenee, mitä kauempana lähteestä vastaanotin sijaitsee.



Kuva 7-1. Äänitasot eri etäisyyksillä paalutuksesta paikassa Sigma North, mukaan lukien vaimennus kaksinkertaisella kuplaverkolla. Sininen viiva osoittaa silakan kumulatiivisen äänialtistustason ja musta painotettu merinisäkkäiden äänialtistustaso. Kaavio liitteestä 6, vedenalainen akustinen tutkimus.



Kuva 7-2. Äänitasot eri etäisyyksillä paalutuksesta paikassa Sigma South, mukaan lukien vaimennus kaksinkertaisella kuplaverkolla. Sininen viiva on silakan kumulatiivinen äänialtistustaso ja musta viiva on painotettu merinisäkkäiden osalta. Kaavio liitteestä 6, vedenalainen akustinen tutkimus.

7.1.1.2 Toimintavaihe

Merellä on taustamelu, joka riippuu tuulista ja meriolosuhteista. Normaali taustäänitaso vaihtelee eri sääolosuhteissa 108 ja 114 dB:n välillä (kun meri on lasinen ja meri on kohtalainen). Tuulivoimaloiden laskennallinen ekvivalentti vedenalainen äänitaso on 106-111 dB, mikä tarkoittaa, että tuulivoimaloiden ääni ei todennäköisesti lisää taustatasoa.

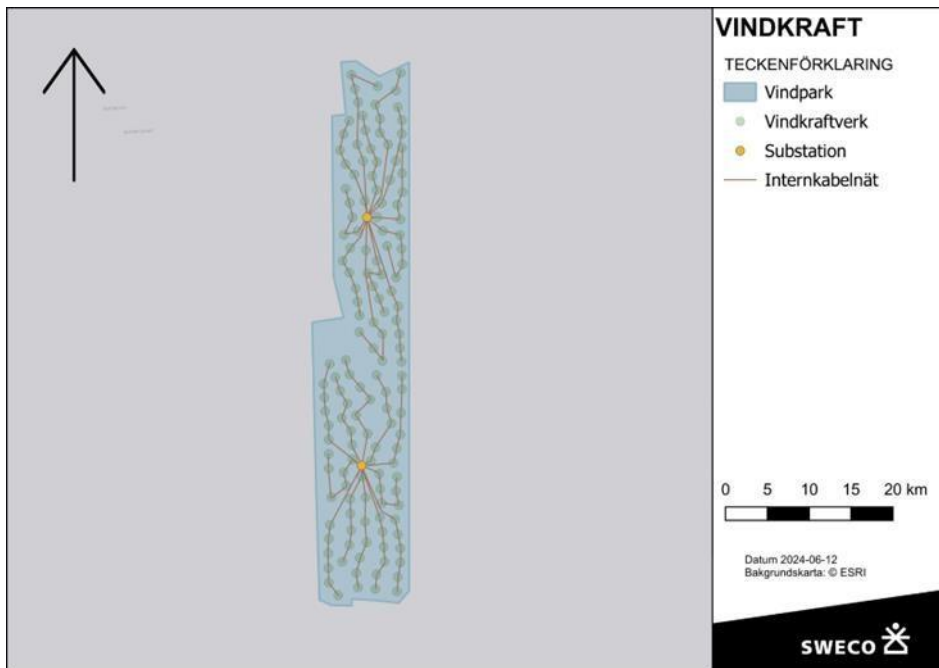
7.1.2 Kiintoaine- ja sedimentaatiokertymät, mukaan lukien ympäristömyrkyt.

Sweco on laatinut mallinnuksen sedimentin leviämisestä ja laskeutumisesta, liite 5. Rakennusvaiheen aikana sedimentti voi sekoittua pohjasta ja hiukkasia voi leijua vesipatsaaseen. Rakentamisvaiheeseen liittyviä häiriötekijöitä ovat sisäisten kaapeliverkkojen asentaminen sekä tuulivoimaloiden ja sähköasemien perustusten rakentaminen. Jos oletetaan, että kaikki vedenalaiset rakenteet poistetaan tuulipuiston käytöstä poistamisen aikana, voidaan olettaa, että samanlaista sedimentin leviämistä tapahtuu myös käytöstä poistamisen aikana.

Toimintavaiheessa ei esiinny merkittävää sedimentin suspendoitumista, eikä toimintavaihetta tarkastella tarkemmin.

7.1.2.1 Sedimentin leviäminen

Sedimenttien leviämisen mallintamisessa on oletettu, että Sigman tuulipuisto rakennetaan 143 tuulivoimalalla ja kahdella muuntamolla sekä 450 kilometrin pituisella sisäisellä kaapeliverkolla, ks. kuva 7-3.



Kuva 7-3. Sigma-tuulipuiston ehdotettu rakenne, jossa on 143 tuulivoimalaa, kaksi sähköasemaa ja 450 kilometriä sisäistä kaapeliverkkoa.

Koska perustamistekniikkaa ei ole vielä määritetty, oletetaan, että perustamismenetelmä tuottaa suurimman määrän valunutta sedimenttiä. Perustusten oletetaan olevan nelijalkaisia ristikkoperustuksia. Perustukset tehdään poraamalla metallisylinteri merenpohjaan. Paalun halkaisijan oletetaan olevan 4,5 metriä ja tunkeutumissyvyyden 70 metriä. Varovaisen laskennan vuoksi porausjätteen kokonaismäärän oletetaan vapautuvan merenpinnan tasolla.

Sisäisen kaapeliverkoston oletetaan huuhtoutuvan alas *suihkukaivannolla*, mikä tarkoittaa, että kaapeli lasketaan sedimentteihin vedenpaineen avulla kanavan luomiseksi, minkä jälkeen se peitetään sedimentillä, joka putoaa takaisin pohjaan. Tämä menetelmä aiheuttaa suhteellisen paljon sameutta, ja sitä pidetään kaapelinlaskun *pahimpana* skenaariona.

Sedimentin koostumuksella on suuri vaikutus sen alueen kokoon, johon sameutta aiheuttava toiminta mahdollisesti vaikuttaa. Suuremmat raekoot laskeutuvat nopeasti pohjaan, joten niitä esiintyy vain sen alueen välittömässä läheisyydessä, jossa sameutta aiheutuu. Sama pätee savihiukkasiin, jotka sulautuvat suuremmiksi kokonaisuuksiksi ja putoavat nopeasti pohjaan. Kaikkein kauimmaksi leviävä fraktio on siltti, sillä sen hiukkaset ovat pieniä ja putoavat hitaasti, minkä vuoksi ne pysyvät pitkään vedessä suspendoituneina. Sedimenttiselvityksessä oletettiin raekokojakauma SGU:n maalajiluokituksen perusteella. Keväällä 2024 otettiin sedimenttinäytteitä, ja niiden tulokset vastasivat pitkälti leviämismallinnuksessa käytettyä raekokojakaumaa. Uuden mallinnuksen tekemisen odotettiin antavan samanlaisia tuloksia, joten uutta mallinnusta ei tehty.

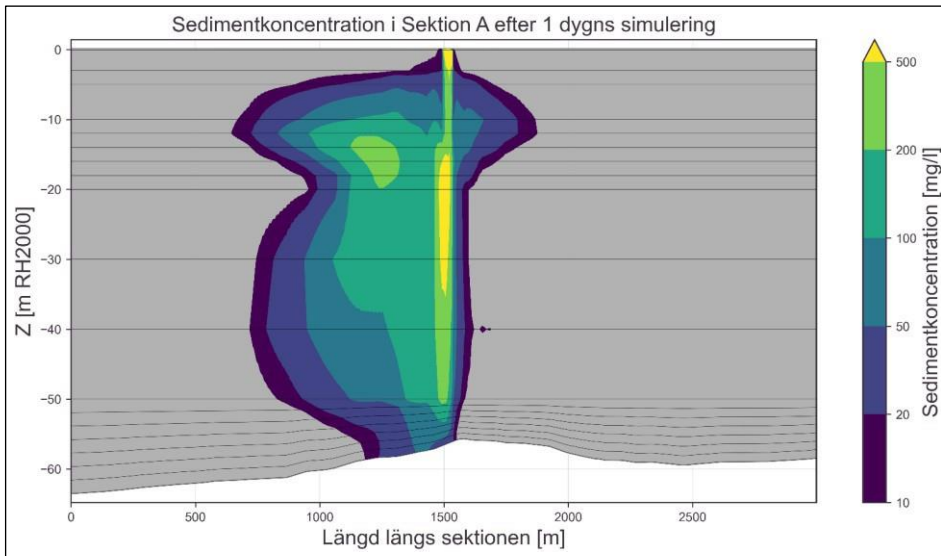
Suuren tietomäärän ja aikaa vievän tietojenkäsittelyn vuoksi simulointi tehtiin vain osalle tuulipuistoa, kahdeksalle perustukselle ja 67 kilometrille sisäistä kaapelia. Tämän katsottiin olevan edustava perusta koko tuulipuiston rakentamisesta aiheutuvan sedimentin leviämisen mallintamiselle. Simulointi kattoi siten noin 7,4 prosenttia rakentamisesta aiheutuvan sedimentin leviämisen arvioidusta määrästä. Tulos on sitten ekstrapoloitu koko tuulipuiston sedimentin leviämisen arvojen saamiseksi.

Sedimentin leviämislaskelmien alue rajattiin maantieteellisesti 25 kilometrin päähän Sigman tuulipuiston ympärille, ks. kuva 7-12. Simulointi on tehty kesäkaudelle, koska se antaa varovaisempia tuloksia.

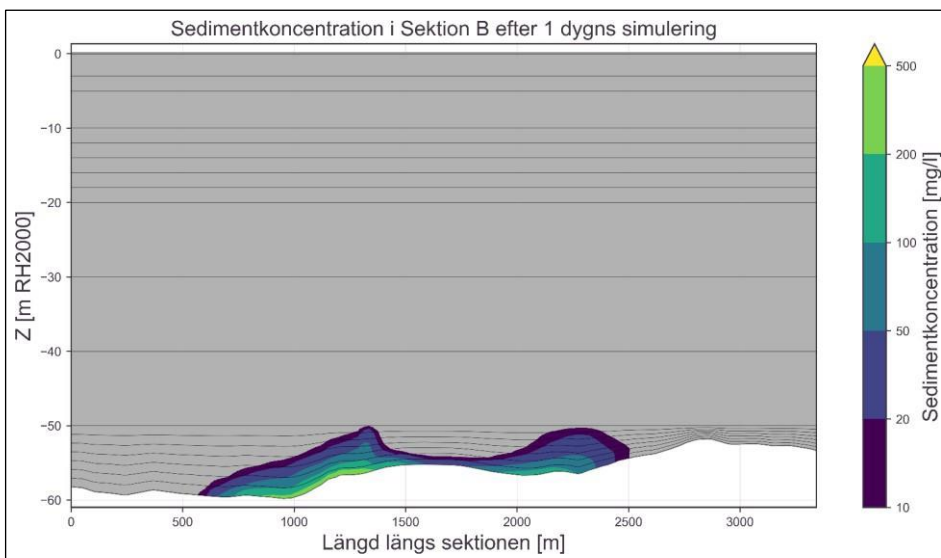
Eri vuodenaikojen virtausnopeuksia on vertailtu, ja on käynyt ilmi, että kesäkaudella virtausnopeudet ovat alhaisempia, mikä liittyy korkeampiin sedimenttipitoisuuksiin.

Simuloinnin tulokset esitetään sedimenttipitoisuuksina valituissa paikoissa eri aikajaksojen (yksi päivä, seitsemän päivää ja 21 päivää) jälkeen. Kuvassa 7-4 esitetään sedimentin kokonaishajonta yhden päivän kuluttua perustusten porauksesta. Kun porausjätteitä päästetään pinnalle, sedimenttiä on koko vesipatsaassa, ja suurin pitoisuus on lähellä porausreikää, jossa suuri osa sedimentistä uppoaa pystysuoraan. Suurimmat pitoisuudet löytyvät 20-30 metriä vedenpinnan alapuolella.

Kuvassa 7-5 on esitetty sedimentin leviäminen yhden päivän jälkeen, kun kaapelikäytävää huuhdellaan. Suurimmat pitoisuudet havaitaan siellä, missä sedimentti vapautuu, ja pohjassa.



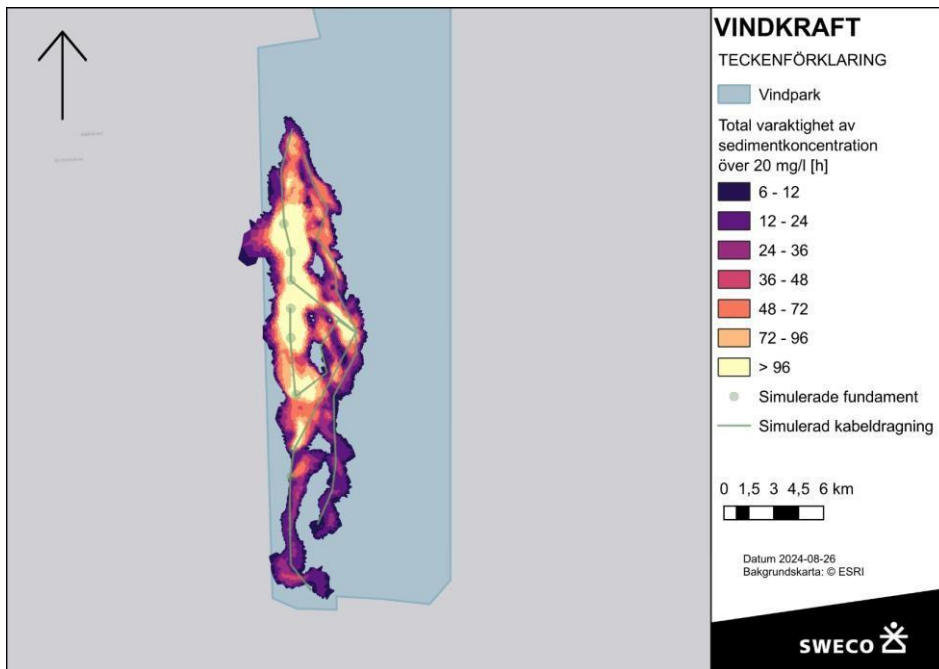
Kuva 7-4. Kuvassa on esitetty perustusten porauksesta peräisin olevan sedimentin leviäminen yhden päivän simuloinnin jälkeen, kun porausjätteet vapautuvat pintaan.



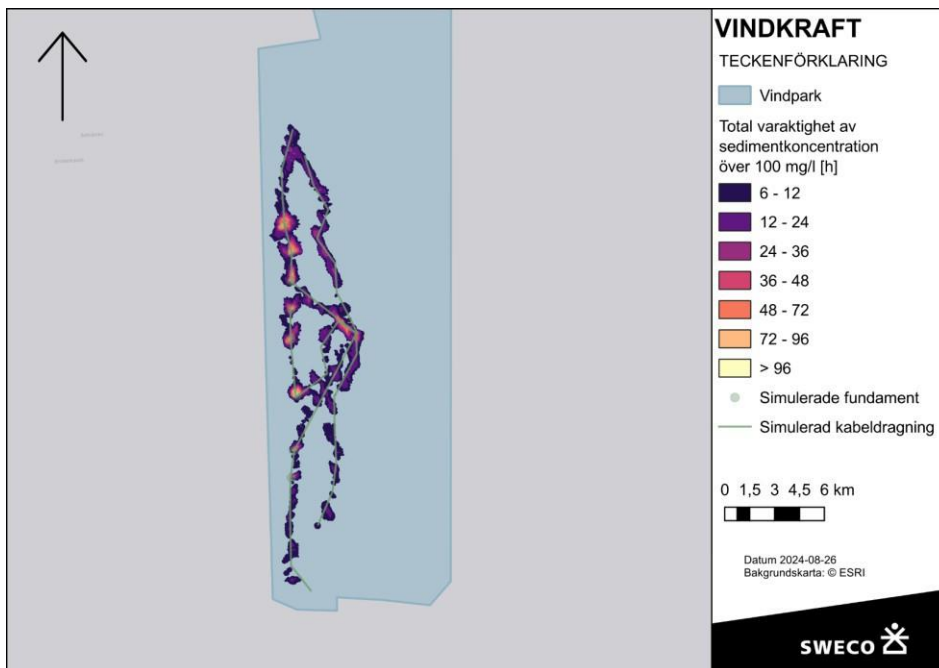
Kuva 7-5. Kuvassa on esitetty kaapelin myötävirtauksen aiheuttama sedimentin leviäminen yhden päivän simuloinnin jälkeen.

Raportissa esitetään myös kestokarttoja, joista käy ilmi eri pitoisuuksien kokonaiskesto. Kuvassa 7-6 ja kuvassa 7-7 on esimerkkejä kestokartoista, joista käy ilmi, kuinka kauan 20 mg/l:n ja 100 mg/l:n pitoisuudet kestävät vesipatsaassa.

Kartoista ei kuitenkaan käy ilmi, missä syvyyksissä pitoisuudet ovat, eli uppoava sedimenttijuova voidaan esittää pitkäkestoisena ottamatta huomioon eri syvyyksillä vallitsevaa kesto.



Kuva 7-6. Yli 20 mg/l:n sedimenttipitoisuuksien kokonaiskesto missä tahansa vesipatsaassa kesäskenaarion aikana.



Kuva 7-7. Sedimenttipitoisuuksien kokonaiskesto yli 100 mg/l missä tahansa vesipatsaassa kesäskenaarion aikana.

Mallinnusskenaario kattaa vain 7,4 prosenttia odotetusta sedimenttipäästön kokonaismäärästä. Kokonaispäästön arvioimiseksi on tehty ekstrapolointi.

Kaikkien arvojen lineaarinen ekstrapolointi olisi johtanut erittäin yliarvioituihin pinta-aloihin pienimmän esitetyn sedimenttipitoisuuden (>20 mg/l) osalta, koska tämän pitoisuuden osalta eri sedimenttisuudet ovat päällekkäisiä. Sen sijaan ekstrapolointi perustui etäisyyteen hankealueesta. Näin saadaan 990 neliökilometrin suuruinen alue, jolla sedimenttipitoisuus ylittää 20 mg/l.

Taulukossa 7-3 esitetään ekstrapoloidut vaihteluvälit koko tuulipuiston osalta sedimenttipitoisuuksille 20, 100, 500 ja 1000 mg/l eri kestoilla yhden ja 312 tunnin välillä. Arvot koskevat jotakin kohtaa vesipatsaassa.

Taulukko 7-3. Ekstrapoloidut 20, 100, 500 ja 1000 mg/l ylittävien pitoisuuksien vaihteluvälit missä tahansa vesipatsaassa valittujen aikavälien kokonaiskestojen osalta.

Kesto	Tunnit	1	6	12	24	36	72	144	312
Pitoisuus >20 mg/l	[neliökilometriä]	989,64	821,75	730,85	544,70	420,95	222,84	70,35	0,00
Pitoisuus >100 mg/l	[neliökilometriä]	714,77	463,21	231,67	72,09	35,16	5,53	0,00	0,00
Pitoisuus >500 mg/l	[neliökilometriä]	107,65	17,18	1,35	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00
Pitoisuus >1000 mg/l	[neliökilometriä]	21,91	2,03	0,27	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00

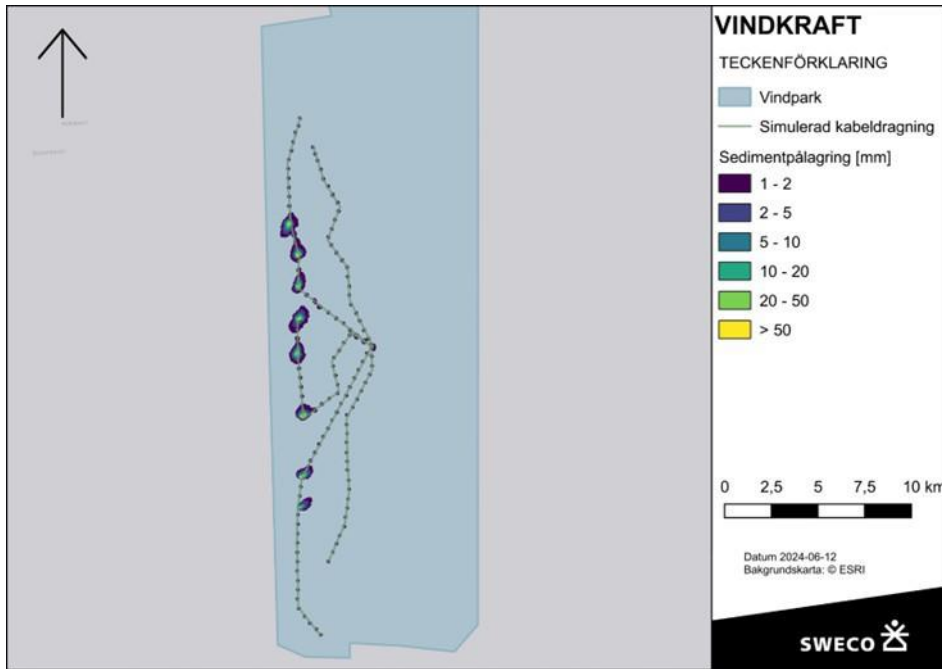
Taulukossa 7-4 esitetään koko tuulipuiston vaihteluvälit eri sedimenttipitoisuuksille ja eri merenpohjan kestoille. On huomattava, että kahden eri ekstrapolointimenetelmän tuloksena 100 mg/l:n pitoisuudella on suurempi vaihteluväli kuin 20 mg/l:n pitoisuudella lyhyellä kestolla.

Taulukko 7-4. 20, 100, 500 ja 1000 mg/l ylittävien pitoisuuksien ekstrapoloidut vaihteluvälit merenpohjassa valitun ajanjakson kokonaiskeston aikana.

Kesto	Tunnit	1	6	12	24	36	72	120	192
Pitoisuus >20 mg/l	[neliökilometriä]	640,24	518,73	446,96	296,76	194,39	62,46	8,15	0,00
Pitoisuus >100 mg/l	[neliökilometriä]	655,86	403,94	164,89	27,07	8,22	0,13	0,00	0,00
Pitoisuus >500 mg/l	[neliökilometriä]	106,95	16,68	1,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Pitoisuus >1000 mg/l	[neliökilometriä]	21,71	1,84	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

7.1.2.2 Sedimentin laskeutuminen

Simulointeja on tehty myös sedimentin laskeutumisesta. Tulokset osoittavat, että laskeuma on suurinta poratuissa perustuksissa, joissa sameustoiminta on jatkunut pisimpään. Kuvassa 7-8 esitetään sedimentin laskeuma kahdeksassa perustuksessa ja 67 kilometrin pituisella simuloidulla kaapelilla.



Kuva 7-8. Arvioitu kertynyt laskeuma simulointijakson lopussa.

Taulukossa 7-5 on esitetty laskelma sedimentin laskeuman paksuudesta eri etäisyyksillä häiriötoiminnasta

Taulukko 7-5. Perustuksiin ja kaapelikäytävään liittyvät arvioidut talletukset.

Laskeuma (mm)	Suurin etäisyys perustuksesta (m)	Suurin etäisyys kaapelikäytävästä (m)
<5	760	100
5-10	450	50
10-20	360	30
20-50	230	-
>50	130	-

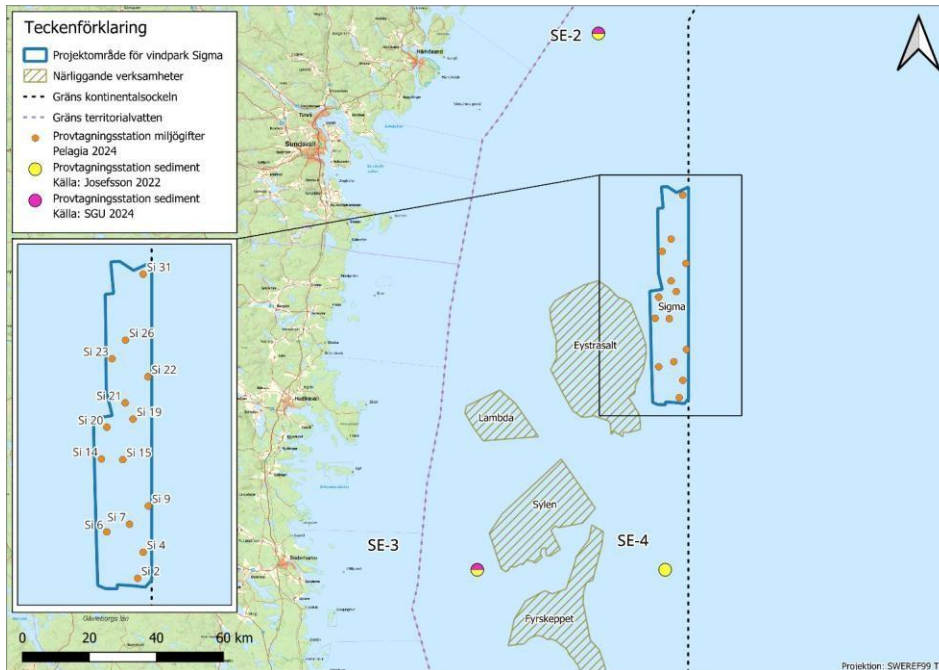
Kaiken kaikkiaan voidaan päätellä, että yli 10 millimetriä paksua sedimenttiä laskeutuu 30 metrin etäisyydellä kaapelikelasta ja 360 metrin etäisyydellä perustuksista. Koko tuulipuiston sedimentin laskeumaa koskeva ekstrapoloitu laskelma osoittaa, että yli 10 millimetrin sedimentin laskeuman arvioidaan vaikuttavan 14,33 neliökilometrin alueelle, mikä vastaa 2,24 prosenttia hankealueen kokonaispinta-alasta. Yli 50 millimetrin sedimentin laskeuman vaikutusalue on 1,25 neliökilometriä, mikä vastaa 0,2 prosenttia hankealueen kokonaispinta-alasta.

7.1.2.3 Ympäristömyrkyt

On olemassa riski, että sedimentissä olevat epäpuhtaudet voivat vapautua ja levitä ympäröiville alueille. Rakentamisvaihe ei tuo mukanaan uusia epäpuhtauksia tai epäpuhtauksia. Mahdollinen leviäminen rakennusvaiheen aikana johtuu jo olemassa olevia epäpuhtauksia sisältävien sedimenttien leviämisestä. Rakennusvaiheen aikana mahdollisesti aiheutuvien vaikutusten odotetaan näin ollen olevan suurimpia töiden aikana, jotka ovat seuraavat

aiheuttaa eniten sameutta, nimittäin perustusten ja sisäisten kaapeliverkoston rakentaminen, ja joissa on jo nyt korkeampia epäpuhtauspitoisuuksia.

Hankealueen 14 näytteenottoa paikan sedimentti on analysoitu ympäristömyrkkyjen esiintymisen määrittämiseksi, ks. kuva 7-9, ks. myös liite 5 Sedimentin leviäminen ja nykyiset vaikutukset. Analysoitujen näytteiden tuloksia on verrattu Perämerellä aiemmin tehtyihin tutkimuksiin sekä vahvistettuihin kynnysarvoihin ja vaikutuksiin perustuviin tieteellisiin tutkimuksiin. Pintasedimentistä (0-5 cm) analysoitiin yhteensä 119 ainetta. Kahdelta asemalta (Si 9 ja Si 26) analysoitiin myös syvemmltä (15-25 senttimetriä) otettuja sedimenttejä.



Kuva 7-9. Näytesteet, jotka sisältyivät yhtiön omiin tutkimuksiin hankealueella ja SGU:n tutkimuksiin (Josefsson, 2022).

Ruotsin meri- ja vesihallintoviraston määräykset HVMFS 2019:25 sisältävät raja-arvot kuudelle analysoidulle aineelle sedimentin osalta, nimittäin lyijylle, kadmiumille, kuparille, tributyyliinille (TBT), antraseenille ja fluoranteenille, ks. taulukko.

7-6. Merenhoidossa kynnysarvoja käytetään pääasiassa merien ympäristön tilan arviointiin, mutta koska kynnysarvot perustuvat ekotoksikologisiin tutkimuksiin, niitä voidaan käyttää myös vesiympäristöön kohdistuvien vaikutusten riskinarviointiin. Näiden kynnysarvojen alapuolella altistuneisiin sedimentissä eläviin eliöihin ei kohdistu vaikutuksia akuutin tai pitkäaikaisen altistumisen aikana.

Taulukko 7-6. Meri- ja vesihallituksen määräyksissä HVMFS 2019:25 esitetyt kynnysarvot sedimentissä.

Kynnysarvot	
Lyijy (mg/kg DM)	120
Kadmium (mg/kg DM)	2,3
Kupari (mg/kg DM)	52
Tributyyliini (µg/kg DM)	1,6
Antraseeni (mg/kg DM)	0,024

Fluoranteeni (mg/kg DM)	2
-------------------------	---

Sigman tuulivoimapuiston alueella tehdyt sedimenttitutkimukset osoittavat, että ympäristömyrkköjen pitoisuudet ovat alhaisia. Kadmium, lyijy ja fluoranteeni alittivat vahvistetut raja-arvot, kun taas antraseeni, TBT ja kupari ylittivät vahvistetut raja-arvot useissa näytteissä, ks. taulukko 7-7.

Taulukko 7-7. Analysoitujen aineiden pitoisuudet milligrammoja kilon kuiva-ainetta kohti (mg/kg DM) sedimentissä ja kynnysarvot HVMFS 2019:25:ssä. Kuiva-aine on kuiva-aineen määrä, joka jää jäljelle materiaalin täydellisen kuivauksen jälkeen. Vihreä väri osoittaa kunkin aineen kynnysarvon alittavia pitoisuuksia. Oranssi väri osoittaa kyseisen aineen kynnysarvon ylittäviä pitoisuuksia. Huomaa, että TBT ilmoitetaan µg/kg.

Näytteenottoaika	Syvyys (cm)	Taso (mg/kg DM)					
		Johto	kadmium	Kupari*	TBT (µg/kg)	Antraseeni	Kukoistaa
Jos 2	0-5	3,9	<0,091	41,9	2,28 ^(b)	0,037 ^b	0,037 ^b
Jos 4	0-5	4,6	<0,091	41,4 ^a	3,59 ^b	0,054 ^b	0,054 ^b
Si 6	0-5	19	0,1	26,2 ^a	1,09 ^b	0,011 ^b	0,011 ^b
Jos 7	0-5	13	0,16	76,4 ^a	1,90 ^b	0,028 ^b	0,028 ^b
Jos 9	0-5	13	0,11	27,7 ^a	1,35 ^b	0,014 ^b	0,014 ^b
Si 14	0-5	5,8	<0,091	68,8 ^a	3,14 ^b	0,049 ^b	0,049 ^b
Jos 15	0-5	6,2	<0,091	48,3 ^a	2,38 ^b	0,040 ^b	0,040 ^b
Si 19	0-5	4,7	<0,091	32,1 ^a	2,90 ^b	0,044 ^b	0,044 ^b
Jos 20	0-5	17	0,16	33,2 ^a	1,39 ^b	0,014 ^b	0,014 ^b
Si 21	0-5	14	0,2	79,2 ^a	1,84 ^b	0,023 ^b	0,023 ^b
Si 22	0-5	16	0,27	78,9 ^a	1,52 ^b	0,018 ^b	0,018 ^b
Si 23	0-5	18	0,22	46,3 ^a	1,37 ^b	0,015 ^b	0,015 ^b
Si 26	0-5	20	0,28	52,7 ^a	1,31 ^b	0,014 ^b	0,014 ^b
Si 31	0-5	18	0,29	94,3 ^a	1,52 ^b	0,017 ^b	0,017 ^b
Jos 9	15-25	22	0,15	49,9 ^a	0,91 ^b	0,009 ^b	0,009 ^b
Si 26	15-25	22	0,22	124 ^a	1,48 ^b	0,017 ^b	0,017 ^b

*Pitoisuudet normalisoitu poikkeavan orgaanisen hiilen (TOC) pitoisuuteen HVMFS 2019:25:n mukaisesti ennen vertaamista kynnysarvoon. Mitatut pitoisuudet on esitetty meribiologisen tausta- ja vaikutustenarvioinnin liitteessä 1 (liite 7).

^aNormalisoidut tasot ottaen huomioon luonnollinen taustapitoisuus 39 mg/kg.

^bMitatut pitoisuudet, jotka alittavat raportointirajan. Kynnysarvoon vertaamiseksi on käytetty raportointirajaa jaettuna kahdella. Mitatut pitoisuudet on esitetty meribiologisen tausta- ja vaikutustenarvioinnin lisäyksessä 1 (lisäys 7).

Kuparin, TBT:n ja antraseenin kynnysarvot ylittyivät, mutta pitoisuudet ovat selvästi alle niiden vaikutustasojen, joihin kynnysarvot perustuvat (SCHEER, 2023); (SCHEER, 2011). Sen vuoksi riskiä siitä, että pitoisuudet vaikuttavat altistuviin organismeihin, pidetään vähäisenä.

Muiden metallien ja aineiden osalta, joille ei ole asetettu kynnysarvoja, pitoisuudet on arvioitu käyttäen Norjan vaikutuksiin perustuvaa luokittelua ympäristömyrkköjen pitoisuuksista sedimentissä, ks. taulukko 7-8 (Norjan ympäristökeskus, 2020). Useimmat pitoisuudet vastaavat luokkaa *tausta tai hyvä*, lukuun ottamatta arseenia, sinkkiä ja nikkeliä, jotka joissakin näytteissä on luokiteltu *kohtalaisiksi*. Arseenin pitoisuus

ja sinkki olivat kuitenkin kaikissa pisteissä alle ECHA:n raja-arvojen, joita pidetään turvallisina sedimentissä eläville eliöille. Koboltin osalta ei ole vertailukelpoisia arvoja, mutta mitatut tasot vastaavat Perämeressä yleisesti esiintyviä tasoja, eikä niiden katsota aiheuttavan riskiä.

Taulukko 7-8. Sigman tuulivoimapuiston analysoiduissa sedimentinäytteissä mitatut kynnysarvoon kuulumattomien metallien pitoisuudet, milligrammaa DM-kiloa kohti (mg/kg DM). Luokitus: sininen väri = *Tausta*, vihreä väri = *Hyvä*, keltainen väri= *Kohtalainen*, valkoinen väri= *luokitus ei ole käytettävissä* (Ruotsin ympäristökeskus, 2020). Taulukko liitteestä 7, Meribiologinen tausta ja vaikutusten arviointi (Pelagia).

Näytteenotto paikka	Syvyys (cm)	Taso (mg/kg DM)								
		Alumiini	Arseeni	Barium	Koboltti	Kromi	Elohopea	nikkeli	Vanadiini	Sinkki
Jos 2	0-5	7700	2,2	40	4,2	14	<0,046	9,6	11	24
Jos 4	0-5	6900	2,9	280	4,4	38	<0,046	10	17	32
Si 6	0-5	20 000	21	200	17	56	<0,046	31	50	99
Jos 7	0-5	14 000	21	400	27	41	<0,046	34	41	80
Jos 9	0-5	18 000	12	140	14	46	<0,046	26	41	80
Si 14	0-5	8100	6,6	300	7,0	31	<0,046	14	21	37
Jos 15	0-5	9800	3,4	310	5,2	38	<0,046	12	20	36
Si 19	0-5	6800	7,3	390	6,3	32	<0,046	10	16	32
Jos 20	0-5	22 000	29	270	22	54	<0,046	37	60	110
Si 21	0-5	24 000	15	320	19	56	<0,046	37	59	100
Si 22	0-5	30 000	13	430	23	65	<0,046	44	66	120
Si 23	0-5	25 000	29	600	24	65	<0,046	44	69	130
Si 26	0-5	30 000	14	350	30	63	<0,046	52	65	130
Si 31	0-5	30 000	10	310	23	78	<0,046	49	79	140
Jos 9	15-25	44 000	12	230	24	85	<0,046	55	86	160
Si 26	15-25	41 000	7,4	240	26	92	<0,046	59	94	170

Orgaanisia ympäristömyrkyjä on mitattu hankealueella alhaisina pitoisuuksina, mikä vastaa myös Perämerellä aiemmin mitattuja pitoisuuksia (Josefsson, 2022). Taulukossa 7-9 . on esitetty yhteenveto mitatuista arvoistaPFAS-yhdisteiden raja-arvot puuttuvat, mutta hankealueella mitatut pitoisuudet ovat alhaisia, eikä niiden katsota aiheuttavan vaikutusta altistuneisiin sedimentissä eläviin eliöihin.

Taulukko 7-9. PFOA:n, PFAS:n ja yhdentoista analysoidun PFAS-kongeneerin mitatut pitoisuudet, mikrogrammaa TS-kiloa kohti (µg/kg TS), Sigman tuulipuiston sedimentissä ja lähialueella aiemmin tehdyissä sedimenttitutkimuksissa (Josefsson, 2022). Vihreä väri tarkoittaa pitoisuuksia, jotka on luokiteltu hyviksi (Miljødirektoratet, 2020).< tarkoittaa pitoisuuksia, jotka alittavat laboratorion raportointirajan. Taulukko liitteestä 7, Meribiologinen tausta ja vaikutusten arviointi (Pelagia).

Näytteenottopaikka	Syvyys (cm)	Taso (µg/kg DM)			
		PFOA (Perfluoro-oktaanihappo)	PFOS (Perfluoro-oktaanisulfonihappo)	PFOS*. Perfluorioktaanisulfoni happo	ΣPFAS 11
Jos 2	0-5	0,052	0,072	0,53	0,84
Jos 4	0-5	0,054	0,075	0,82	0,84

Si 6	0-5	0,22	0,17	0,37	1,49
Jos 7	0-5	0,031	0,065	0,36	0,82
Jos 9	0-5	0,31	0,43	1,19	1,93
Si 14	0-5	0,068	0,063	0,62	0,84
Jos 15	0-5	0,037	0,052	0,41	0,80
Si 19	0-5	0,056	0,11	0,97	0,91
Jos 20	0-5	0,15	0,22	0,61	1,49
Si 21	0-5	0,15	0,13	0,59	1,10
Si 22	0-5	0,19	0,21	0,75	1,34
Si 23	0-5	0,28	0,48	1,41	1,88
Si 26	0-5	0,43	0,52	1,44	2,22
Si 31	0-5	0,16	0,14	0,47	1,19
Jos 9	15-25	<0,039	<0,039	0,036 ^a	0,94
Si 26	15-25	<0,033	<0,033	0,055 ^a	0,79
Josefsson (2022)	0-1				7-25
Norjan ympäristökeskus (2020)	Luokka 1	Luokka 2	Luokka 3	Luokka 4	Luokka 5
	Tausta	Jumala	Kohtalainen	Huono	Erittäin huono
PFOA (µg/kg DM)		0-71			
PFOS (µg/kg DM)		0-0,23	0,23-72		

*Normalisoitu TOC:hen nähden
a Normalisoinnissa pitoisuutena on käytetty raportointirajaa jaettuna kahdella EU:n komission direktiivin 2009/90/EY mukaisesti.

Kaiken kaikkiaan sedimenttitutkimus osoittaa, että ympäristömyrkköjen pitoisuudet ovat alhaiset. Sen vuoksi sedimentissä elävien eliöiden altistumisriskiä pidetään pienenä. Tehtyjen laskelmien mukaan häiriintynyt sedimentti myös sedimentoituu uudelleen 36 tunnin kuluessa, mikä tarkoittaa, että altistuminen on lyhytaikaista.

7.1.3 Elinympäristön muutos ja riuttoihin vaikutus

Kun merituulipuisto perustetaan, merenpohjan pintaa hyödynnetään, ja ympäristö muuttuu merenpohjasta merenpinnalle asti uusien kovien rakenteiden myötä. Pehmeät merenpohjat häviävät, kun ne korvataan kovilla perustuksilla ja niihin liittyvällä eroosiosuojauksella. Elinympäristön muutokset jatkuvat koko toiminta-ajan ja loppuvat lopulta, kun tuulipuisto poistetaan käytöstä ja kaikki rakenteet puretaan.

Osa elinympäristön muutoksesta tapahtuu niin sanottuna riuttavaikutuksena. Ruotsin merenpohjan ympäristö voidaan jakaa kahteen päätyyppiin, koviin ja pehmeisiin pohjiin. Kovat pohjat, jotka voivat koostua koralleista, mineraaleista tai keinotekoisista materiaaleista, toimivat riuttaympäristöinä. Ne voivat olla tärkeitä kalojen kutu- ja poikasalueita, ja niiden biologinen monimuotoisuus on usein suuri.

Merituulipuistot voivat toimia keinotekoisena riuttana, sillä ne tarjoavat kiinteitä rakenteita koko vesipatsaaseen perustusten, eroosiosuojan ja eroosiosuojan muodossa.

tornit. Ne voivat tarjota suojaa kaloille ja muille eliöille sekä ruokailu- ja poikasalueita, mikä suosii kalakantoja.

7.1.4 Esteen vaikutus

Tuulipuiston perustamisen myötä uusia rakenteita otetaan käyttöön merenpinnan yläpuolella. Suunniteltujen tuulivoimaloiden korkeus on enintään 370 metriä ja roottorin halkaisija enintään 345 metriä.

Tuulipuiston perustaminen voi aiheuttaa monissa lintulajeissa välttämiskäyttäytymistä, mikä tarkoittaa sitä, että linnut muuttavat lentoreittiään välttääkseen lentämistä tuulipuiston läpi, josta tulee este maisemassa. Tämä voi johtaa muuttoreittien pidentymiseen.

7.1.5 Törmäysriski

Roottorin lavat voivat pyöriä sellaisella nopeudella, että lintujen tai lepakoiden voi olla vaikea väistää niitä. Jos alueella on lintuja tai lepakoita, ne voivat törmätä pyöriviin lapoihin ja loukkaantua vakavasti tai kuolla. Törmäysriskiä voi myös lisätä niin sanottu saareke- tai vetovoimaefekti, mikä tarkoittaa, että tuulipuistot voidaan kokea saarekkeina, jotka linnut kokevat houkutteleviksi (Skov, et al., 2016). Vetovoima koostuu osittain perustuksista, joissa linnut voivat levätä, ja osittain riittavaikutuksesta, joka houkuttelee kaloja ja siten myös kaloja syöviä merilintuja (Dierschke, Furness, & Garthe, 2016).

Lepakot voivat myös kärsiä niin sanotusta barotraumasta, jos ne lentävät lähellä pyörivää tuulivoimalan roottoria. Barotrauma tarkoittaa sisäelinten vaurioitumista ilmanpaineen äkillisten muutosten seurauksena. Roottorin lavan takana tapahtuva painehäviö voi vaurioittaa vakavasti verisuonia, keuhkoja ja tärykalvoja (Rydell, Ottvall, Pettersson, & Green, 2017).

7.1.6 Sähkömagneettiset kentät

Yksittäiset tuuliturbiinit on liitetty sisäiseen kaapeliverkkoon tuotetun sähköön siirtämiseksi. Verkko yhdistetään yhteen yhdellä tai useammalla sähköasemalla, jossa sähkö muunnetaan suurjännitteeksi (HVDC), joka sitten siirretään rannikolle liitäntäkaapeleita pitkin. Sisäinen kaapeliverkko upotetaan mahdollisuuksien mukaan merenpohjaan tai peitetään eroosiosuojauksella.

Kun sähköä tuotetaan ja siirretään sisäisen kaapeliverkon ja mantereelle johtavan liitäntäkaapelin kautta, niiden ympärille syntyy sähkömagneettinen kenttä. Kenttä pienenee nopeasti etäisyyden kasvaessa kaapelista. Suoraan kaapelin yläpuolella olevan magneettikentän suurin yläraja on noin 15 μ T, joka sitten pienenee etäisyyden kasvaessa ja on noin 1 μ T neljän metrin päässä kaapelista.

Sähkömagneettinen kenttä voi vaikuttaa kaloihin ja pohjaeläimiin.

7.1.7 Visuaalinen vaikutus

Meritulipuistoihin liittyy veden pinnan yläpuolella olevia korkeita lisärakenteita, jotka voivat näkyä kauas. Näkyvyys riippuu useista tekijöistä, kuten etäisyydestä tuulipuistoon, sääolosuhteista ja vuorokaudenajasta.

7.1.7.1 Näkyvyys

Tuulivoimaloiden näkyvyyteen päivänvalossa vaikuttavat kolme pääasiallista tekijää:

1. Maan kaarevuus määrittää, kuinka kauas turbiinit on teoriassa mahdollista nähdä. 330 metriä korkea tuulivoimala katoaa kokonaan horisontin alle, jos se on 70 kilometrin päässä.
2. Näkyvyydellä tarkoitetaan tuulivoimaloiden näkyvyyttä käytännössä. Sumu ja huuru heikentävät tuulivoimaloiden havaitsemista suurilta etäisyyksiltä.
3. Mittakaavaefekti vaikuttaa tuulivoimalan havaitsemiseen etäisyydeltä. Esimerkiksi 330 metriä korkea tuuliturbiini 50 kilometrin etäisyydellä vastaa 16,5 metriä korkean lipputangan havaitsemista 2,5 kilometrin etäisyydellä tai viiden millimetrin pituista hiusta käsivarren pituudelta.

Alla olevassa kuvassa 7-10 on esimerkkejä siitä, miten tuulivoimalat näkyvät eri etäisyyksiltä selkeässä näkyvyydessä.



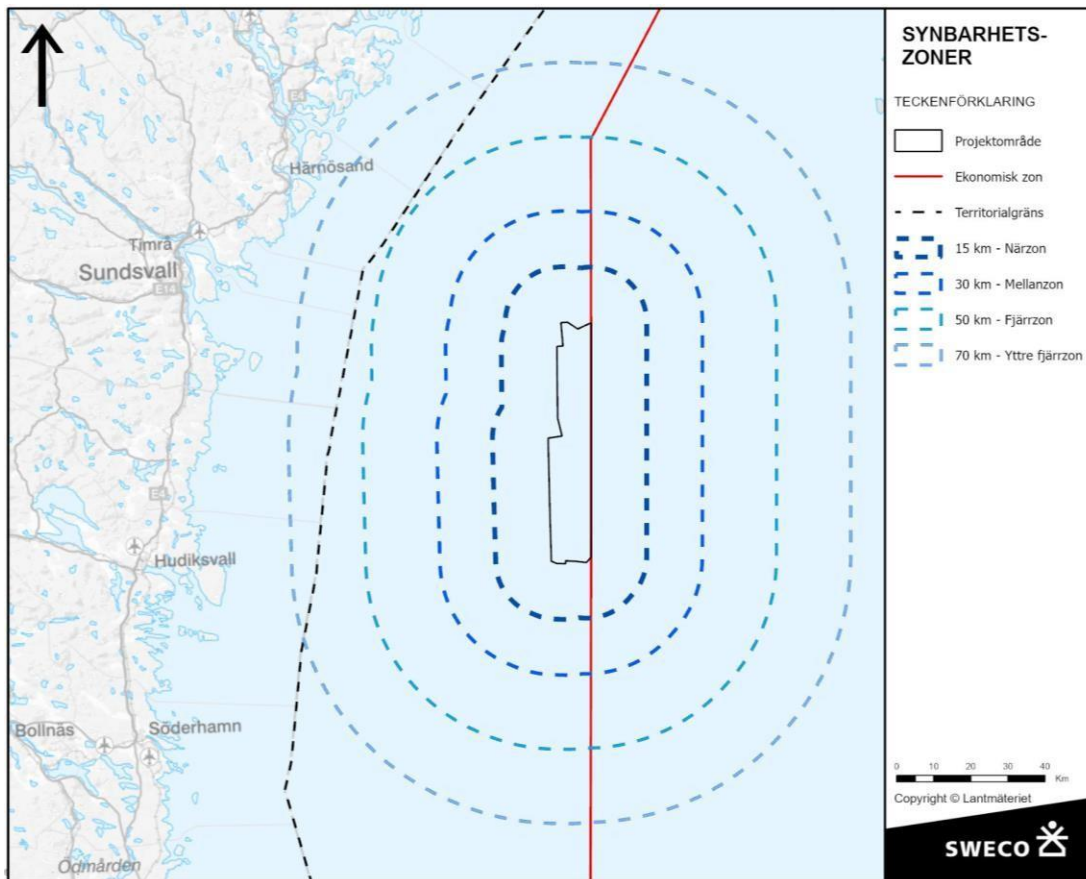
Kuva 7-10. Kuvassa esitetään valokuvamontaasin avulla, miten 370 metriä korkea tuuliturbiini näkyy eri etäisyyksiltä (15-60 kilometriä). Näkymä on kirkas ja katsoja on 28 metriä merenpinnan yläpuolella. Alemman kuvan punaiset ympyrät kuvaavat roottorin lapoja. Kuva liitteestä 10.

Analyyisin tueksi etäisyys tuulipuistoon on jaettu eri vyöhykkeisiin, jotka ovat lähivyöhyke, keskivyöhyke, kaukovyöhyke, ulompi kaukovyöhyke ja ei-näkyvä vyöhyke. Vyöhykkeiden määrittely on esitetty taulukossa 7-10 ja havainnollistettu kuvassa 7-11.

Taulukko 7-10. Näkyvyysvyöhykkeet, kuinka suuri osa töistä näkyy horisontin yläpuolelle, riippuu jossain määrin myös tarkkailijan korkeudesta.

Sun	Etäisyys	Ohjelman kuvaus
Naapuruusvyöhykke	0-15 km	Tuulipuisto on hyvin näkyvä ja hallitsee visuaalista vaikutelmaa. Vaikutelmaa lisäävät tuulivoimaloiden liikkuvat osat.
välialue	15-30 kilometriä	Tuulipuisto on näkyvissä, mutta muut elementit näkökentässä voivat kilpailla huomiosta.
Kaukovyöhyke	30-50 kilometriä	Tuulipuisto näkyy jossain määrin, mutta se riippuu hyvistä sääolosuhteista. Osa tuulivoimaloista on piilossa horisontin takana maan kaarevuuden vuoksi.

Ulompi syväinen vyöhyke	50-70 kilometriä	Tuulipuisto näkyy hyvin rajoitetusti. Näkyvyys riippuu optimaalisista sääolosuhteista ja hyvästä näkyvyydestä. Suuri osa tuulivoimaloista jää horisontin taakse maan kaarevuuden vuoksi.
Näkymätön alue	70 km ja enemmän	Tuulipuistoa ei voi nähdä paljain silmin, koska se on niin kaukana. Maan kaarevuuden vuoksi tuulivoimalat ovat suurelta osin piilossa horisontin takana.



Kuva 7-11. Kartta hankealueesta ja näkyvyysvyöhykkeistä lähivyöhyke, keskivyöhyke, kaukovyöhyke ja uloin kaukovyöhyke.

7.1.7.2 Esteen valaistus

Esteiden valaistus näkyy erityisesti pimeällä sekä aamu- ja iltahämärässä. Tuulivoimalat on varustettava valaistuksella turvallisuussyistä. *Ilmailulle vaaraa aiheuttavien kohteiden merkitsemisestä ja esteistä ilmoittamisesta annettujen Liikenneviraston määräysten ja yleisten ohjeiden (TSFS 2020:88) mukaan* yli 150 metriä korkeat tuulivoimalat on merkittävä valkoisella maalilla ja varustettava koneen kotelon päällä olevilla voimakkailla valkoisilla vilkkuvilla estevaloilla. Torni on merkittävä vähintään kolmella heikkovoimaisella valolla puolet tornin hytin korkeudesta ylöspäin merkiturvallisuuden varmistamiseksi. Jos kokonaiskorkeus ylittää 315 metriä, voidaan soveltaa lisävaatimuksia esteiden valaisuun. Tuulivoimalat merkitään rakentamishetkellä voimassa olevien määräysten mukaisesti.

7.1.8 Syrjäytymisvaikutus

Tuulipuiston perustaminen tarkoittaa, että 640 neliökilometrin alue otetaan käyttöön, joka voi kilpailla muiden nykyisten toimintojen kanssa.

Hankealueelle pääsyä voidaan rajoittaa kokonaan tai osittain esimerkiksi merenkulun ja kaupallisen kalastuksen vuoksi. Merenkulkuun voi vaikuttaa se, että alueen ylittäminen ei ole enää mahdollista törmäysriskien vuoksi, ja kaupallista kalastusta voi rajoittaa se, että tietyt pyydykset ja kalastusmenetelmät eivät enää sovellu käytettäväksi. Esimerkiksi troolikalastusvälineet saattavat jäädä kiinni vedenalaisiin rakenteisiin.

Syrjäytymisvaikutus voi esiintyä myös linnuissa, jotka saattavat välttää aluetta tuulipuiston perustamisen jälkeen ja menettää näin osan luontaisista elinympäristöistään tai ruokailualueistaan.

7.1.9 Fyysinen häiriö merenpohjassa

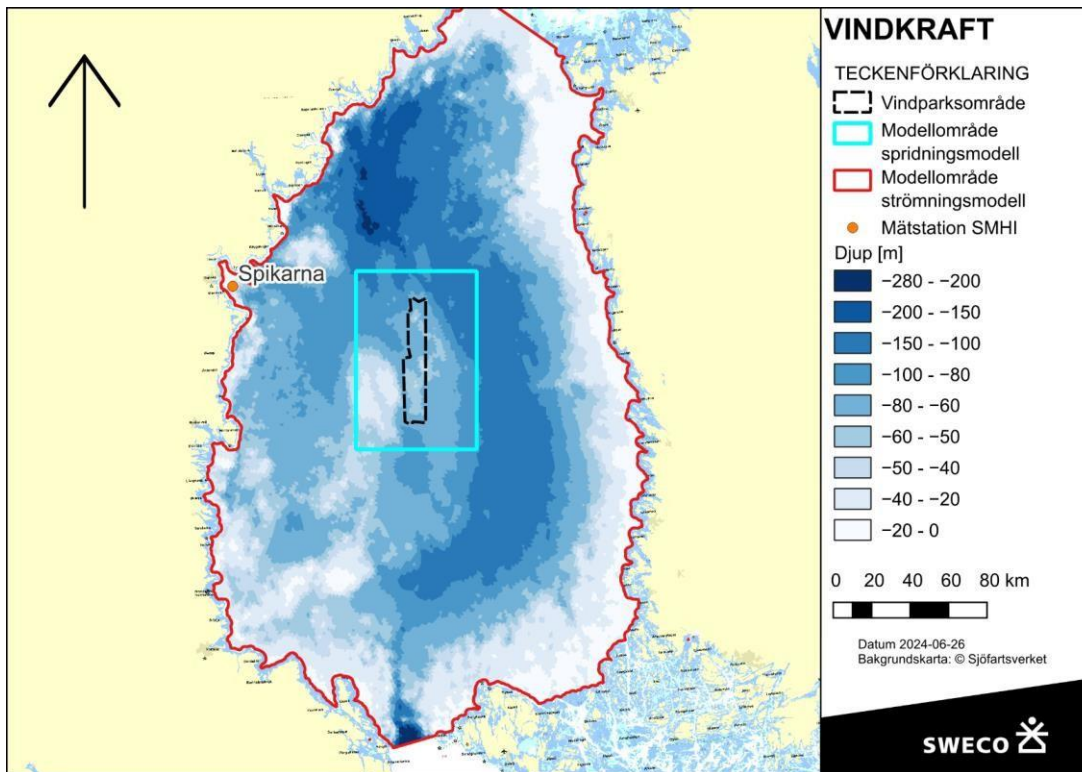
Tuulipuiston rakentaminen merelle edellyttää merenpohjaan vaikuttavia töitä, erityisesti perustusten, kaapeleiden ja muiden kiinteiden laitteistojen rakentamisen ja purkamisen yhteydessä. Merenpohjan fyysiset häiriöt voivat vaikuttaa meriarkeologisiin kohteisiin.

7.2 Poistetut ympäristövaikutukset

7.2.1 Hydrografinen vaikutus

Toimintavaiheessa, kun tuulivoimalat ovat toiminnassa, tapahtuu tuulen poistoa, mikä puolestaan voi aiheuttaa muutoksia virtauksissa. Sweco on tehnyt yhtiön puolesta mallinnuksen Sigman tuulipuiston aiheuttamista virtausvaikutuksista, ks. lisäys 5.

Nykyinen malli kattaa koko Selkämeren, ja sitä rajaavat Norra ja Södra Merenkurkku sekä niiden väliset Ruotsin ja Suomen rannikot, kuva 7-12.



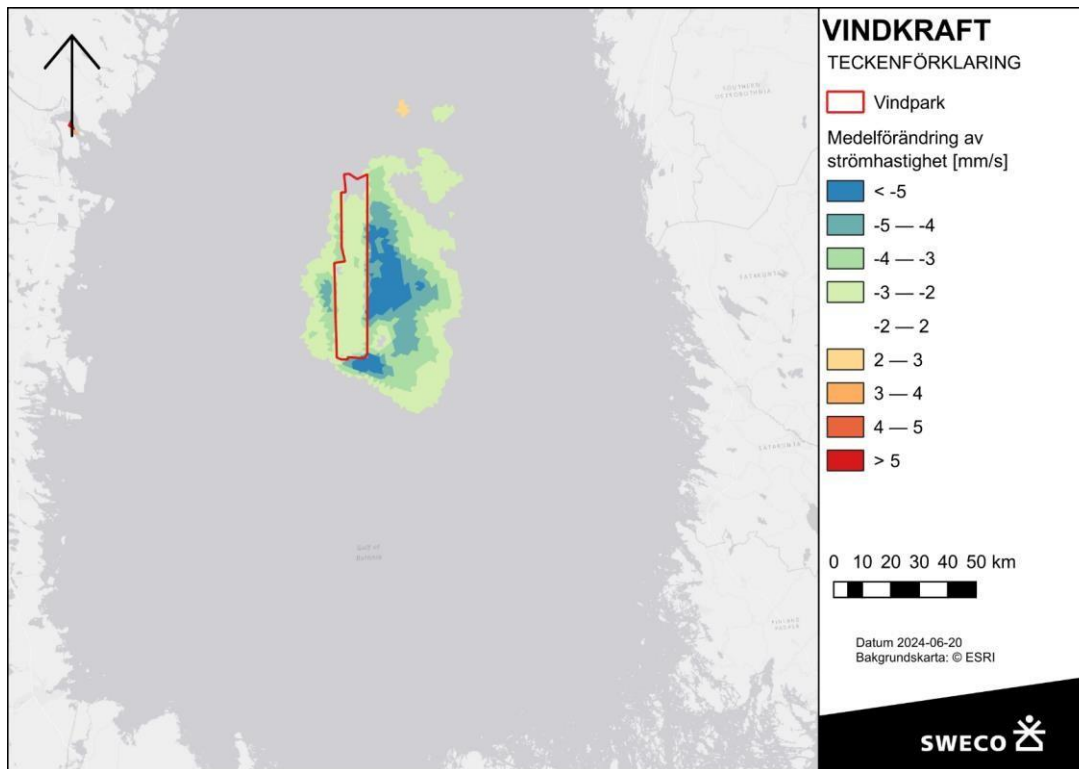
Kuva 7-12. Kuvassa virtauslaskelmien mallinnusalue on merkitty punaisella ja hankealue Sigmalla.

Virtausvaikutusta on simuloitu neljässä eri versiossa: talvi- ja kesäskenaariossa sekä Sigman tuulipuiston vaikutuksen kanssa että ilman sitä. Laskelmat on tehty pintavedelle (kolme metriä pinnan alapuolella) ja 40 metrin syvyydelle pinnan alapuolella. Tulokset osoittavat, että tuulivoimapuiston vaikutus on monimutkainen eikä se ole vakio ajan mittaan, sillä se vaihtelee virtausnopeuksien pienenemisen ja kasvamisen välillä.

Vaikutus on suurin pinnalla, ja se näkyy pitkien etäisyyksien päässä pitkinä aallokkoina tuulivoimapuiston leveydellä, kun virtausnopeudet ovat alentuneet, jopa 100 kilometrin päässä. Tätä vähenemistä kompensoi kuitenkin virtausnopeuksien kasvu aaltojen ulkopuolella, jolloin vaikutusalue pienenee ajan myötä.

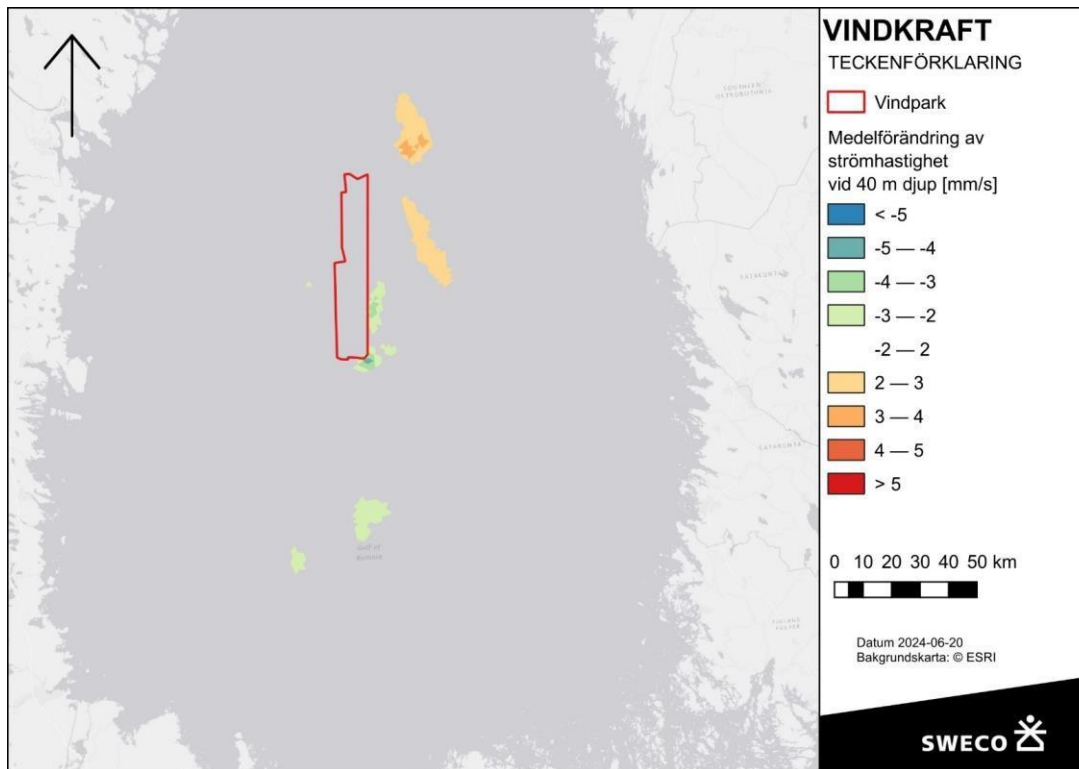
Keskimääräinen vaikutus on suurin talviskenaariossa, ja suurimmat erot pintavirtauksen nopeudessa havaitaan puistoalueen ulkopuolella, pääasiassa tuulipuiston itä- ja eteläpuolella, kuva 7-13.

Keskimääräinen pintavirtausnopeus laskee kaksi mm/s jopa 40 kilometrin etäisyydellä tuulipuistosta.



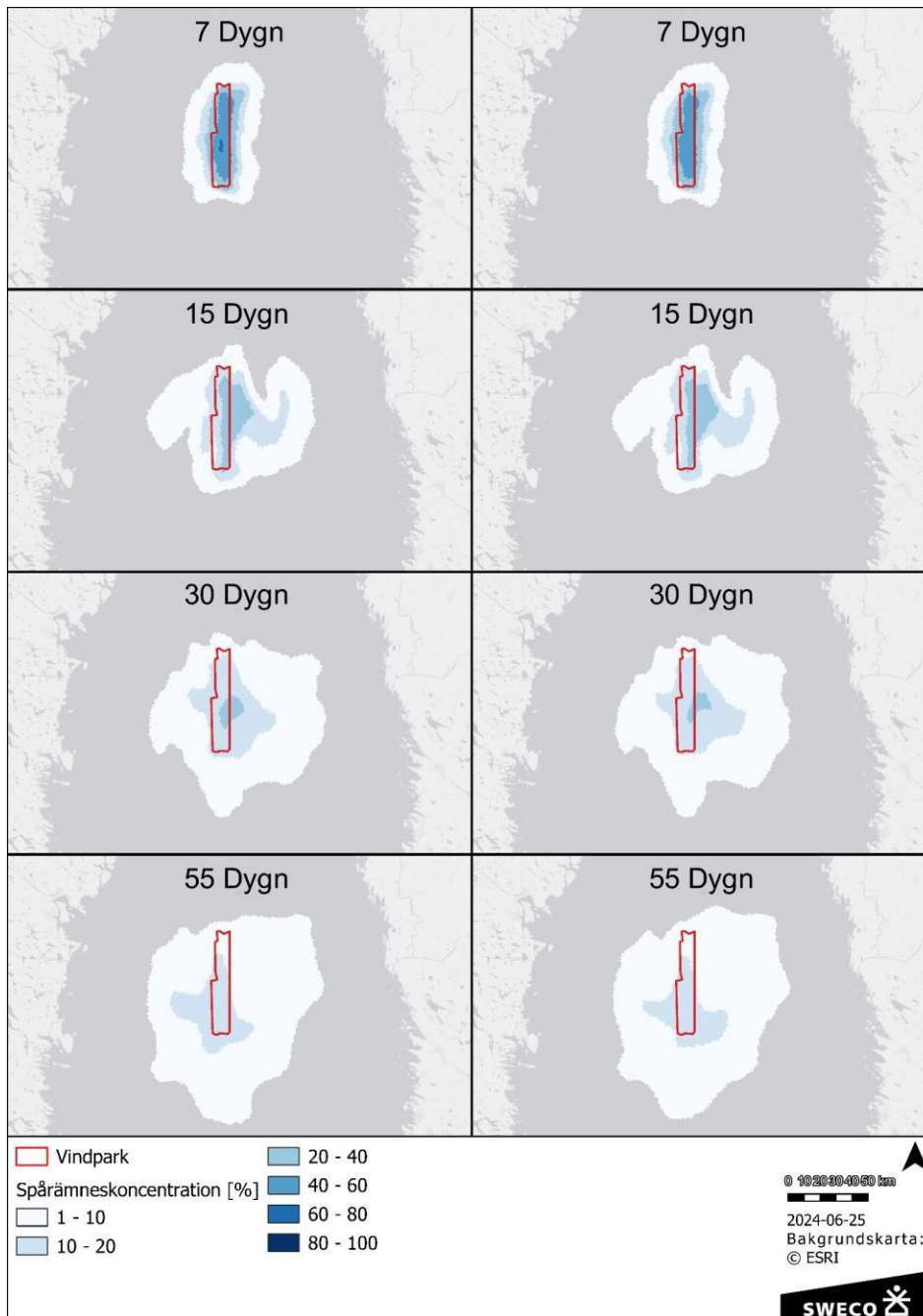
Kuva 7-13. Keskimääräinen ero virtausnopeudessa pinnalla tammi- ja helmikuun aikana skenaarion, johon ei ole kohdistunut vaikutuksia, ja skenaarion, johon on kohdistunut vaikutuksia, välillä.

Tuulipuiston vaikutus virtausnopeuteen ja siten myös lämpötilaan ja suolapitoisuuteen syvemmällä vedessä on kuitenkin vähäinen, ks. kuva 7-14.



Kuva 7-14. Keskimääräinen ero vaikutuspiiriin kuulumattoman ja vaikutuspiiriin kuuluvan skenaarion välillä tammi- ja helmikuussa 40 metrin syvyydessä.

Tutkimukseen sisältyi myös virtausten mallintaminen seuraamalla inertin ja vesiliukoisen merkkiaineen leviämistä. Merkkiaine levitettiin aluksi tasaisesti koko hankealueelle. Kuvassa 7-15 olevassa karttasarjassa verrataan virtauskuvioita vaikutuksettomassa ja vaikutuksen kohteena olevassa skenaariossa. Virtauskuvioissa on havaittavissa vain vähäisiä eroja kahdessa mallinnusversiossa.



Kuva 7-15. Karttasarja, josta näkyy, miten digitaalinen merkkiaine leviää tuulipuiston hankealueelta simuloinnin läpi. Vasemmalla on skenaario, johon ei kohdistu vaikutuksia, ja oikealla skenaario, johon vaikutukset kohdistuvat.

Kaiken kaikkiaan arvioinnissa todetaan, että virtausnopeuden, lämpötilan ja suolapitoisuuden muutosten katsotaan olevan luonnollisten vaihtelujen rajoissa ja näin ollen niin pieniä, että niitä voidaan pitää merkityksettöminä. Tämän vuoksi virtausten vaikutusta ei käsitellä tarkemmin ympäristövaikutusten arvioinnissa.

7.2.2 Varjostus

Tuulivoimalat aiheuttavat kahdenlaisia varjoja. Toinen on tornin varjo, joka liikkuu hitaasti maapallon pyörimisliikkeen mukana ja joka havaitaan paikallaan pysyvänä varjona. Toinen tyyppi on pyörivien roottorin lapojen varjo. Koska roottorin lavat pyörivät eri nopeuksilla tuuliolosuhteiden mukaan, varjon luonne voi vaihdella. Varjo muuttuu myös valon voimakkuuden mukaan.

Varjot vaikuttavat suhteellisen pienelle alueelle tuulipuiston ulkopuolella, eikä ihmisten terveyteen kohdistu riskiä, koska etäisyys tuulipuistoon on suuri.

Se, kuinka syvällä vesimassassa varjot näkyvät, riippuu valon voimakkuudesta, aalloista ja näkyvyydestä, mutta yleisesti ottaen voidaan sanoa, että syvemmällä vedessä varjot eivät ole havaittavissa.

Pelagiset kalat pysyttelevät yleensä suuremmissa syvyyksissä päiväsaikaan, joten varjostuksesta ei ole vaaraa. Tuulivoimaloiden aiheuttamia varjoja ei sen vuoksi tarkastella tarkemmin.

7.2.3 Ilmassa kantautuva melu

Sweco on tehnyt selvityksen, johon sisältyy laskelmia suunnitellun tuulivoimapuiston rakennus- ja käyttövaiheiden aiheuttaman ilmapuiston tutkimiseksi, ks. liite 12. Arviointi on tehty Ruotsin ympäristöhallinnon rakennustyömaiden melua koskevien yleisten ohjeiden (NFS 2004:15) (ks. taulukko 7-11) ja Ruotsin ympäristöhallinnon tuulivoimaloiden melun ohjeiden perusteella.

Taulukko 7-11. Ruotsin ympäristönsuojeluviraston ohjeavot rakennustyömaiden melutasoille (NFS 2004:15).

Område	Helgfri mån-fre		Lör-, sön- och helgdag		Samtliga dagar	
	Dag 07-19 L _{Aeq}	Kväll 19-22 L _{Aeq}	Dag 07-19 L _{Aeq}	Kväll 19-22 L _{Aeq}	Natt 22-07 L _{Aeq}	Natt 22-07 L _{AFmax}
Bostäder för permanent boende och fritidshus						
Utomhus (vid fasad)	60 dBA	50 dBA	50 dBA	45 dBA	45 dBA	70 dBA
Inomhus (bostadsrum)	45 dBA	35 dBA	35 dBA	30 dBA	30 dBA	45 dBA
Vårdlokaler						
Utomhus (vid fasad)	60 dBA	50 dBA	50 dBA	45 dBA	45 dBA	-
Inomhus	45 dBA	35 dBA	35 dBA	30 dBA	30 dBA	45 dBA
Undervisningslokaler						
Utomhus (vid fasad)	60 dBA	-	-	-	-	-
Inomhus	40 dBA	-	-	-	-	-
Arbetslokaler för tyst verksamhet						
Utomhus (vid fasad)	70 dBA	-	-	-	-	-
Inomhus	45 dBA	-	-	-	-	-

Ruotsin ympäristönsuojeluviraston ohjeita ei saa ylittää asuinalueilla eikä ulko- ja virkistysalueilla. Ulkona melutaso ei saa ylittää 40 dBA:n ekvivalenttitasoa (L_{eq}). Ulkoalueilla tai muilla hiljaisiksi alueiksi määritellyillä alueilla ohjeavoksi on asetettu 35 dBA. Ulkoalueilla tarkoitetaan tässä yhteydessä liikkuvan ulkoilun alueita tai alueita, joilla luontokokemus on tärkeä tekijä ja joilla alhainen melutaso on erityinen ominaisuus.

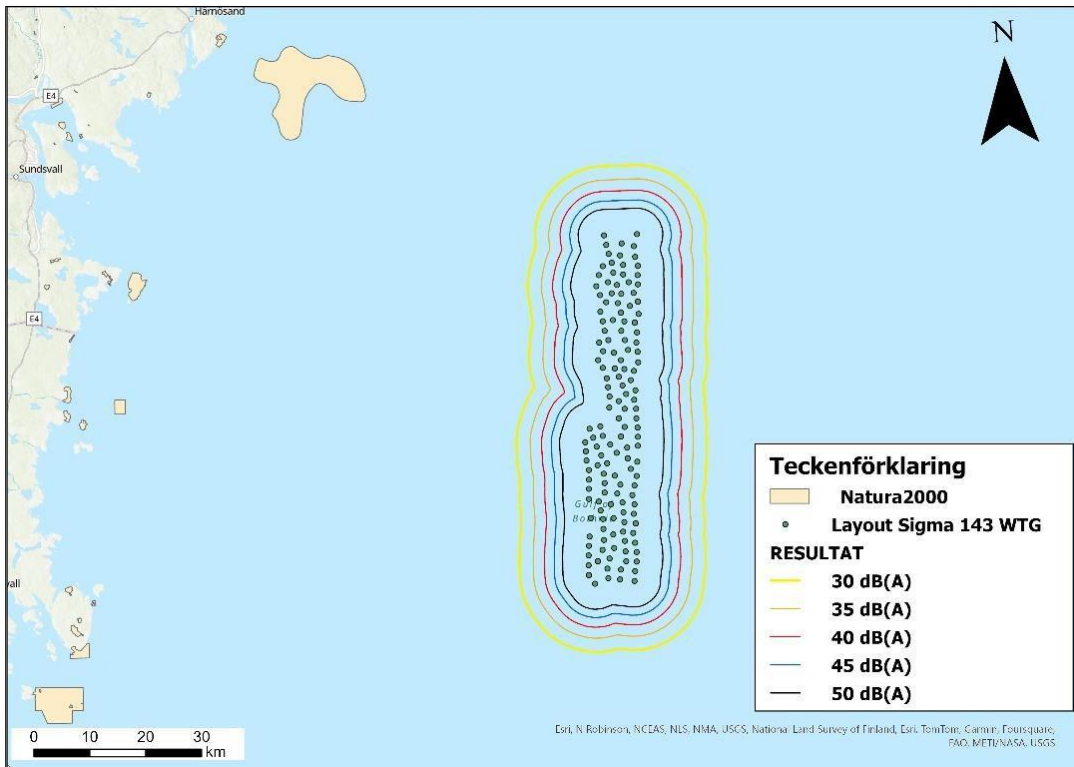
7.2.3.1 Rakennusvaihe

Tutkimus perustuu *pahimpaan mahdolliseen skenaarioon*, joka tarkoittaa melun kannalta rakennusvaiheen aikana sitä, että tuulivoimalat ankkuroidaan monopileilla.

Tässä tutkimuksessa melun leviäminen on laskettu paalutettaessa IQIP IQ6 -tyyppisellä iskuvasaralla, jonka iskuvoima on 5 500 kilojoulea. Näin saatu ja oletettu 5 500 kilojoulen paalutuksen ääniteho on 139,4 dBA. Paalutuksen oletetaan tapahtuvan 100 prosenttia laskennallisen skenaarion ajasta yhdessä rintamassa kerrallaan. Koko puiston rakentamisajaksi on suunniteltu kahdesta kolmeen vuotta, ja rakentaminen alkaa vuonna 2032. Tämän hankkeen osalta on ilmoitettu, että paalut voidaan lyödä jopa 30 metrin korkeudelta merenpinnasta. Tämä tarkoittaa, että paalutשמלון oletetaan syntyvän 30 metrin korkeudella merenpinnasta, kun paalua aletaan lyödä, ja lähes nollan metrin korkeudella merenpinnasta ennen kuin paalu on täysin ankkuroitu. Keskimääräisenä tapauksena laskennassa paalun korkeudeksi oletetaan 15 metriä merenpinnan yläpuolella.

Paalutuksesta aiheutuvaa melua laskettaessa äänilähde on sijoitettu Sigman tuulivoimapuiston 143 tuulivoimalan suunnitellun sijoittelun uloimpiin kohtiin, jotta löydettäisiin paikat, jotka aiheuttavat korkeimman äänitason eri suuntiin. Näiden laskelmien tulokset esitetään yhdessä, ja niissä esitetään korkein äänitaso kussakin suunnassa. Tämä tarkoittaa sitä, että koottu laskentatuloks ei edusta todellista tapausta, vaan tapauksia, jotka antavat korkeimman mahdollisen äänitason kussakin vastaanottopisteessä. Kaiken kaikkiaan paalutus (monopaalipaalut) ei voi aiheuttaa yhtä korkeita äänitasoja kaikissa vastaanottopisteissä samaan aikaan, koska perustukset paalutetaan yksi kerrallaan.

Paalutuksen laskennalliset äänitasot viiden metrin korkeudella maanpinnasta on esitetty kuvassa 7-16. Rakennuksiin ei odoteta kantautuvan kuuluvaa ääntä (enimmäisäänitaso julkisivulla alle 1 dBA). Sama koskee Natura 2000 -alueita (ennustettu enimmäisäänitaso on noin 3 dBA viisi metriä maanpinnan yläpuolella).



Kuva 7-16. Paalutuksen ekvivalenttiäänitaso viiden metrin korkeudella merenpinnasta.

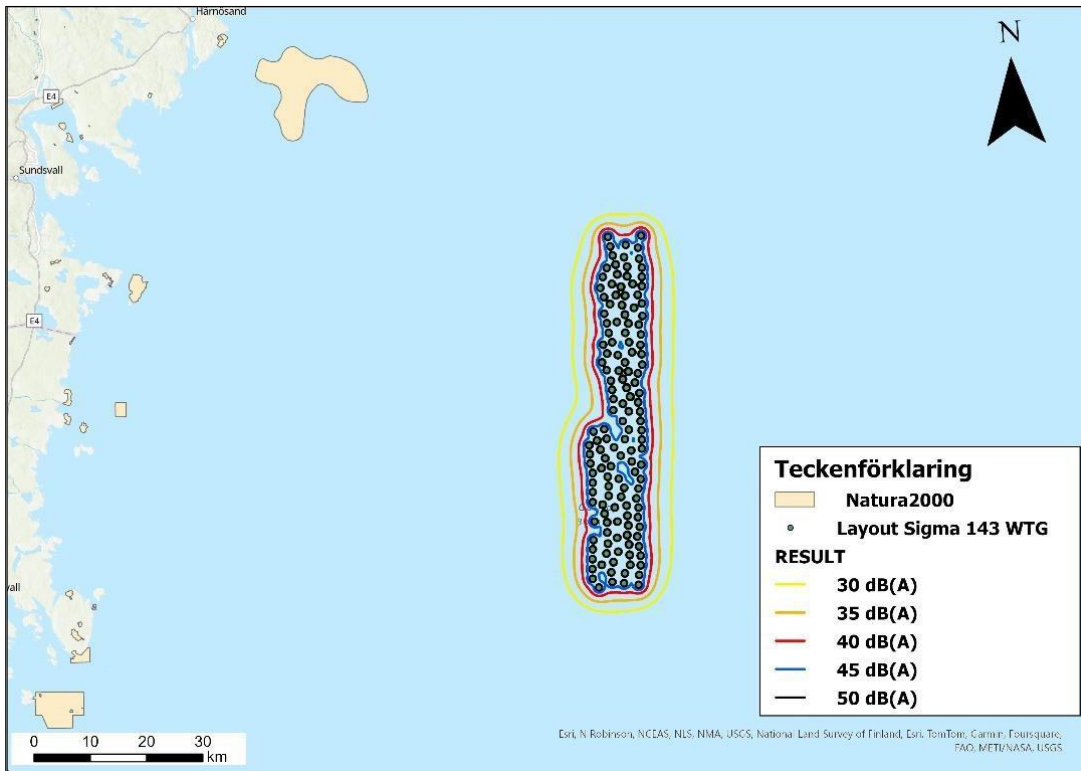
7.2.3.2 Toimintavaihe

Ruotsin ympäristönsuojeluvirasto suosittelee Nord 2000 -mallin käyttöä, jotta äänivaikutuksista saataisiin mahdollisimman tarkka kuva. Nord 2000 on edistynyt äänen laskentamalli, jossa otetaan huomioon useita eri parametreja, jotka vaikuttavat äänen leviämiseen ja sen havaitsemiseen, kuten maasto, jonka yli ääni kulkee, tuulen nopeus, kosteus ja lämpötila. Laskennassa arvioidaan äänitasoja sekä tuulivoimaloiden aiheuttaman kuuluvan että matalataajuisen äänen osalta.

Sweco on käyttänyt Nord 2000:n mukaisiin laskelmiin WindPRO-ohjelmistoa. Laskelmat perustuvat useisiin erilaisiin oletuksiin, jotka koskevat sään vakautta, maastoa ja tuulen nopeusperusteita, ks. liite 12. Teholtaan 20 ja 26 megawatin tuulivoimaloita ei vielä ole markkinoilla, joten eri tuulivoimaloiden melulähteen on oletettu olevan sama (115,2 dBA). Laskelmat on tehty seuraaville kahdelle tuuliturbiinimalle:

- MODERNENERGY ME263-20 (20 megawattia) napakorkeus: 160 metriä (kokonaiskorkeus: 291,5 metriä).
- MODERNENERGY ME300-26 (26 megawattia) napakorkeus: 180 metriä (kokonaiskorkeus: 330 metriä).

Laskelmat on tehty kahdelle eri tuuliturbiinille ja kahdelle eri oletetulle äänilähteelle. Koska ympäristövaikutusten arviointi perustuu *pahimpaan mahdolliseen skenaarioon*, esitetään vain se skenaario, jossa äänen leviäminen on suurinta, ks. kuva 7-17.



Kuva 7-17. Ekvivalenttiäänitaso, turbiinimalli MODERNENERGY ME300-26 (26 megawattia), napakorkeus 180 metriä (kokonaiskorkeus 330 metriä). Lähdetaso 115,2 dBA.

Laskentatulokset osoittavat, että tuulivoimapuiston melu ei vaikuta toimintavaiheessa ranta-asutukseen eikä Natura 2000 -alueisiin, koska turbiinien ja rannikon välinen etäisyys on suuri.

7.2.3.3 Yleisarviointi

Rakennusvaiheen aikana ei katsota olevan vaaraa ilmassa kantautuvasta melusta aiheutuvasta häiriöstä. Ohjearvot täyttyvät hyvällä marginaalilla kaikissa rakennuksissa. Myöskään Natura 2000 -alueilla ei katsota olevan häiriöriskiä.

Toimintavaiheen aikana syntyvän ilmapulun ei myöskään odoteta aiheuttavan häiriötä rannikolla tai Natura 2000 -alueilla. Ohjearvo täyttyi reilusti.

Sen vuoksi ilmassa kantautuvaa melua ei käsitellä tarkemmin tässä YVA:ssa.

7.2.4 Muuttuva kalastuspaine

Tuulipuiston perustamisen myötä hankealueelle tulee sekä torneja että vedenalaista infrastruktuuria. Alueella harjoitettava pelaginen troolikalastus ei todennäköisesti ole mahdollista tuulipuiston alueella, koska troolikalastuslaitteet voivat jäädä kiinni esimerkiksi vedenalaisiin kaapeleihin ja perustuksiin. Näin ollen kalastuspaine hankealueella todennäköisesti vähenee. Koska kaupallista kalastusta harjoitetaan hankealueella vain hyvin vähän, kalastuspaineen vähenemisellä ei odoteta olevan merkittäviä vaikutuksia, minkä vuoksi tätä ympäristövaikutusta ei käsitellä tarkemmin tässä ympäristövaikutusten arvioinnissa.

7.2.5 Anodien aiheuttama saastuminen

Perustusten metalliosien syöpmisen estämiseksi käytetään katodisuojausten uhrausanodeja, jotka ovat kuluvia sen sijaan, että perustusten metalliosat syöpyisivät. Anodit kiinnitetään perustuksiin, ja ne koostuvat yleensä pääasiassa alumiini-, sinkki- tai magnesiumseoksista. Kulutetun anodimateriaalin määrä riippuu useista tekijöistä, kuten perustuksen koosta ja materiaalista, meriveden koostumuksesta ja muiden korroosiosuojamenetelmien, kuten pintakäsittelyn, mahdollisesta käytöstä.

Kun uhrausanodit kuluvat, metalleja vapautuu ympäröivään meriympäristöön. Mahdollisten meriympäristöön kohdistuvien vaikutusten tutkimustilanne on epäselvä, mutta tällä hetkellä ei ole näyttöä siitä, että metallien lisäyksellä olisi kielteisiä vaikutuksia meriympäristöön (Kirchgeorg, et al., 2018). Veden metallipitoisuuksien on arvioitu olevan koholla vain muutaman metrin etäisyydellä anodeista, kun taas suuremmilla etäisyyksillä ne ovat niin alhaisia, ettei niitä voida erottaa taustatasoista (Nord Stream 2 AG, 2018).

Anodien aiheuttaman pilaantumisen ei myöskään ole arvioitu aiheuttavan kielteisiä vaikutuksia meriympäristöön useiden samankaltaisten Ruotsin aluemerellä ja Ruotsin talousvyöhykkeellä sijaitsevien merituulipuistojen ympäristövaikutusten arvioinneissa, ei hyväksytyissä puistoissa eikä myöskään hakemuksissa, jotka koskevat puistoja, joiden arvioinnit ovat käynnissä.

Sigman tuulipuiston uhrautuvista anodeista peräisin olevan metallin ei siis katsota vaikuttavan veden ja sedimentin pitoisuuksiin niin, että voitaisiin havaita merkittäviä poikkeamia taustapitoisuuksista, eikä sillä näin ollen ole ympäristövaikutuksia. Näin ollen asia jätetään pois tästä ympäristövaikutusten arvioinnista.

7.2.6 Vieraslajit

Kun vesipatsaaseen tuodaan uusia rakenteita ja siten uusia elinympäristöjä, on vaarana, että haitalliset vieraslajit vakiintuvat. Nämä ovat lajeja, jotka pystyvät nopeasti asettumaan alueelle ja lisääntymään muiden luontaisesti esiintyvien lajien kustannuksella, jotka sitten syrjäytyvät. Uusi elinympäristö voi toimia ponnahduslautana näiden vieraslajien tehokkaalle leviämiselle.

Ei ole tieteellistä näyttöä siitä, että vieraslajien leviäminen Perämeren edustalla sijaitseville alueille olisi erityisen vaarallista (liite 7). Hankealue on kaukana maasta ja sitä ympäröi syvämpi vesi, minkä vuoksi ei ole suurta riskiä, että kovapohjaiset lajit leviäisivät tänne muilta alueilta. Toisin sanoen hankealueelle on vaikea päästä kolonisoitumaan. Vieraslajien leviämistä Sigman tuulipuiston perustamisen seurauksena ei sen vuoksi tutkita tarkemmin.

8 Olosuhteet ja seuraukset toimialat

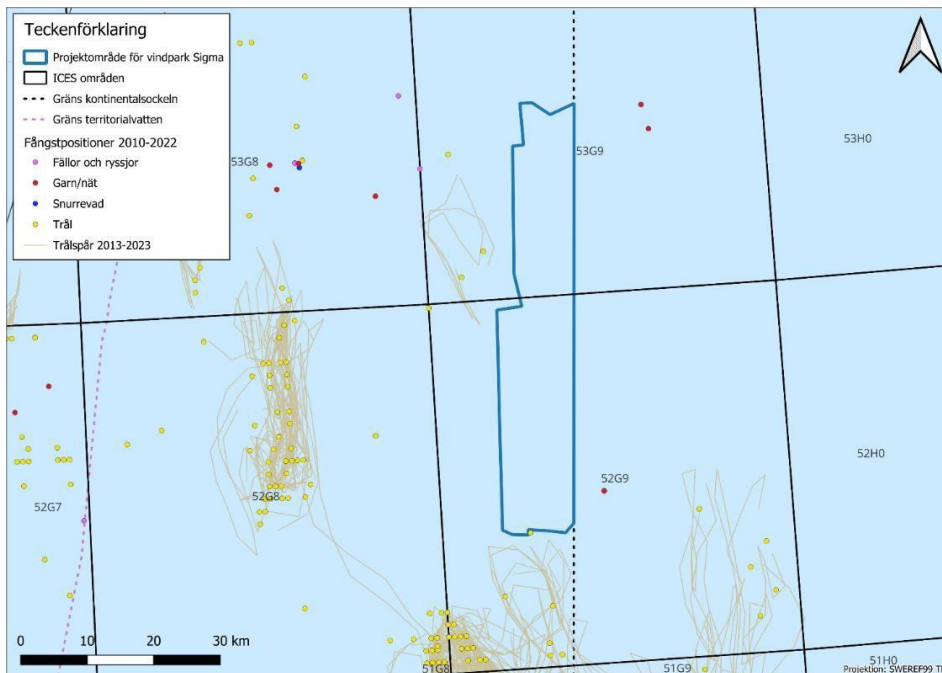
8.1 Kaupallinen kalastus

Hankealueella ja sen läheisyydessä on tehty selvitys nykyisen kaupallisen kalastuksen kartoittamiseksi, ks. liite 4.

8.1.1 Nykytilanteen kuvaus

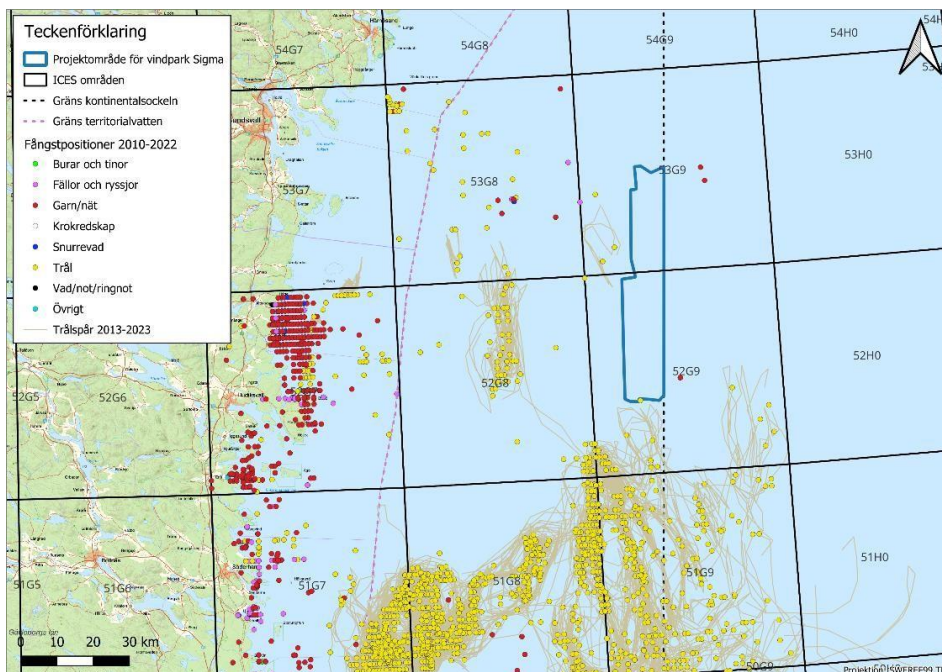
Sigman tuulipuiston hankealue ei ole päällekkäinen minkään kaupallisen kalastuksen kannalta tärkeän kansallisen alueen kanssa. Lähin kaupallisen kalastuksen kannalta tärkeä kansallinen kohde on *Finngründen rannat* (RI YF 3 HP), ja se sijaitsee noin 70 kilometrin päässä hankealueesta. Suomi on merkinnyt merten aluesuunnitelmissaan alueen, jonka länsiraja on noin 15 kilometriä hankealueesta itään, "kaupallisen kalastuksen kannalta tärkeiksi troolausalueiksi". Hankealueen ei myöskään todeta olevan erityisen tärkeä kaupallisen kalastuksen kannalta, ei nykyisessä merialuesuunnitelmassa (SwAM, 2022) eikä merialuesuunnitelman muutosehdotuksessa (SwAM, n.d.a).

Ruotsin kaupallisesta kalastuksesta ei ole raportoitu saaliita Sigman tuulipuiston hankealueella vuosina 2010-2022. Hankealueen itäpuolella sijaitsevilla ICES-ruutuilla 52G9 ja 53G9 on harjoitettu pääasiassa pelagista troolikalastusta vuosina 2010-2022, ks. kuva 8-1.



Kuva 8-1. Sigman tuulipuiston hankealue suhteessa Ruotsin kaupallisen kalastuksen saalisraportteihin 2010-2022. Kuva raportin liitteestä 4.

Sigman tuulipuiston etelä- ja lounaispuolella on harjoitettu laajaa troolikalastusta erityisesti ICES-alueilla 51G8 ja 51G9. Troolausta on harjoitettu myös hankealueen länsipuolella, mutta paljon vähäisemmässä määrin, ks. kuva 8-2.



Kuva 8-2. Sigman tuulipuiston hankealueen läheisyydessä olevat saaliiden rekisteröinti- ja troolijäljet. Kuva tutkimuksesta, liite 4.

Perämeren kaupallisen kalastuksen ensisijainen kohdelaji on silakka, ja silakan laajamittaista kalastusta hallitsevat Suomi ja Ruotsi. Vuodesta 2016 lähtien EU on myöntänyt Suomelle huomattavasti suurempia silakan pyyntikiintiöitä ICESin

alue 30 (joka kattaa useita ICES-alueita, kuten 52G9 ja 53G9) kuin Ruotsi. Suomen kalastus hankealueella on siis ollut suurempaa kuin Ruotsin kalastus kaudella 2010-2022, noin 82 prosenttia kokonaiskalastuksesta.

Taulukossa 8-1 esitetään Ruotsin ja Suomen (vain silakkaa) kaupallisen kalastuksen kirjatut saaliit ICES-alueilla 52G9 ja 53G9. Alueella 53G9 ruotsalainen kalastus sai silakkaa hieman enemmän vuonna 2020, kun taas useimpina vuosina vuosina 2010-2022 saaliita ei kirjattu lainkaan. Suomalainen kalastus on puolestaan saanut yli 1000 tonnin saaliit useimpina vuosina vuoteen 2020 asti mukaan lukien. Sen jälkeen saaliit ovat vähentyneet.

Taulukko 8-1. Itämeren silakan ja muiden lajien saaliit tonneina Ruotsin kaupallisen kalastuksen ja Suomen kalastuslaivaston silakkasaaliit vuosina 2010-2022. Suomen saalis on esitetty vertailuna Ruotsin vastaavalla ICES-alueella rekisteröityyn saaliiseen.

ICES	Vuosi	Määrä (tonnia)		
		Silakka (Ruotsi)	Silakka (Suomi)	Muut lajit (Ruotsi)
52G9	2010	0	352	0
	2011	69,9	542	0
	2012	1,8	752	0,97
	2013	0,13	1321	0
	2014	89,6	1143	1,52
	2015	133	2001	0,58
	2016	115	2956	7,54
	2017	273	1511	6,16
	2018	47,7	1387	0,42
	2019	73,1	2519	2,22
	2020	251	1004	2,2
	2021	59,2	960	1,06
	2022	73	1648	0,63
53G9	2010	0	1535	0
	2011	0	2097	0
	2012	0	2045	0
	2013	2	1514	0
	2014	0	2445	0
	2015	0	824	0
	2016	0	1914	0
	2017	0	828	0
	2018	0	401	0
	2019	0	1346	0
	2020	80,7	1077	0,82
	2021	0	369	0,01
	2022	0	726	0

Taulukossa 8-1 ICES-alueen 52G9 osalta luetellut muut lajit ovat ahven, hauki, merikrotti, siika, kilohaili, kampela, kampela, karisiika, megrim, turska ja taimen. Muut ICES-alueen 53G9 lajit ovat meriharjus, lohi, kilohaili ja piikkihaili. Kilohailia, kilohailia ja piikkihailia olisi pidettävä troolikalastuksen sivusaaliina, vaikka kilohailia myydäänkin. Ahvenen ja hauen saaliit ovat hyvin vähäisiä, samoin kuin siian, turskan, lohen ja taimenen saaliit, joiden kokonaissaaliit kaudella 2010-2022 ovat olleet merkityksettömiä. Koska ulkomaiset kalastusalukset ilmoittavat saaliinsa oman maansa viranomaisille, Ruotsin meri- ja vesihallintoviraston tilastot eivät anna täydellistä kuvaa todellisista saaliista.

Ruotsin maatalousyliopiston raportin mukaan (Wennerström ym. 2023) ruotsalaisen kalastuksen osuus oli alle kolmannes Ruotsin talousvyöhykkeen silakan kalastuksesta Itämerellä ja loput suomalaisen kalastuksen osuus. Raportissa todetaan lisäksi, että pelaginen troolikalastus on hallitsevaa, sillä 90 prosenttia saaliista pyydetään yli 24-metrisillä pelagisilla troolareilla, ja että pohjatroolauks on hyvin vähäistä.

Ruotsin kaupallisen kalastuksen ei katsota olevan aktiivista Sigman tuulipuiston hankealueella ilmoitettujen saaliiden sijainnin perusteella. Valitettavasti Suomen viranomaiset eivät toimita saalisilmoituksiin liitettyjä sijaintitietoja kuten Ruotsin meri- ja vesivartiovirasto, mutta toimitettujen VMS-tietojen perusteella suomalaisen kaupallisen kalastuksen troolijäljet näyttäivät osuvan yksin ruotsalaisen kaupallisen kalastuksen troolijälkien kanssa.

HELCOMin tietojen mukaan Suomen troolilaivasto käyttää periaatteessa samoja alueita kuin Ruotsin laivasto (hankealueen länsi- ja eteläpuolella), mikä tarkoittaa, että sen on kuljettava Sigman tuulipuiston hankealueen läpi.

Sigman tuulivoimapuiston hankealueella **ei** näin **ollen** katsota **olevan juurikaan arvoa** kaupallisen kalastuksen kannalta.

8.1.2 Vaikutukset

Kaupallisen kalastuksen odotetaan voivan jatkua normaalissa määrin lähialueilla Sigman tuulipuiston rakentamisen, toiminnan ja käytöstä poistamisen aikana. Tuulivoimapuisto ei myöskään muodosta estettä hankealueen läpi kulkeville kalastusaluksille, koska tuulivoimaloiden välinen etäisyys (vähintään 1470 metriä) mahdollistaa kulun. Siirtymisen **ei** siis odoteta vaikuttavan kaupalliseen kalastukseen **millään tavoin tai vain vähäisessä määrin**.

Jos kaupallinen kalastus on lopetettava kokonaan hankealueella, alueen nykyiset kalakannat voivat saada kalastuskieltoalueen. Suojavyöhykkeellä voi olla **myönteisiä vaikutuksia** kaupalliseen kalastukseen niin sanotun *heijastusvaikutuksen kautta*. Vaikutus tarkoittaa sitä, että aikuiset kalat poistuvat suojelualueelta ja voivat sen jälkeen päästä saaliiksi lähialueilta (Bergström, Sköld, Wennhage, & Wikström, 2016), joita kaupallinen kalastus käyttää. Koska kalastus hankealueella on hyvin vähäistä, myös myönteisen vaikutuksen katsotaan olevan vähäinen.

Kumulatiiviset vaikutukset

Sigman tuulipuiston lisäksi hankealueen läheisyyteen on suunnitteilla useita tuulipuistoja, jotka toteutuessaan voivat aiheuttaa kumulatiivisia vaikutuksia kaupalliseen kalastukseen Sigman tuulipuiston ympäristössä. Kumulatiivisten vaikutusten odotetaan ilmenevän pääasiassa rakennusvaiheen aikana, kun veneliikenne lisääntyy tuulipuiston sisällä, sinne ja sieltä pois. Lisääntynyt veneliikenne voi aiheuttaa ahtauttavia vaikutuksia kalastustoimintaan läheisillä kalastusalueilla. Lisäksi ruuhkautumisvaikutuksia voi esiintyä satama-alueilla, jos niitä käytetään seuraaviin tarkoituksiin

satamista tuulivoimaloihin kuljetettavien tuulivoimaloiden osien varastointi, erityisesti jos kalastuslaivasto käyttää samoja satamia.

Koska sekä suomalainen että ruotsalainen kalastustoiminta hankealueella on aiemmin ollut hyvin vähäistä, Sigman osuuden kumulatiiviseen vaikutukseen odotetaan olevan olematon tai vähäpätöinen kaupallisen kalastuksen osalta.

Kaiken kaikkiaan odotetaan, **että vaikutuksia ei ole tai ne ovat vähäisiä**, kun otetaan huomioon siirtymä- ja kumulatiiviset vaikutukset.

8.1.3 Suojatoimenpiteet

Koska vaikutuksen arvioidaan olevan olematon tai vähäinen, suojatoimenpiteitä ei tarvita.

8.1.4 Seuraukset

Sigman tuulivoimapuiston perustamisesta **ei** odoteta aiheutuvan kaupalliseen kalastukseen kohdistuvia **vaikutuksia**, koska vaikutusten arvioidaan **olevan vähäisiä tai merkityksettömiä** ja alueen arvo kaupalliselle kalastukselle **on vähäinen**.

8.2 Meriliikenne

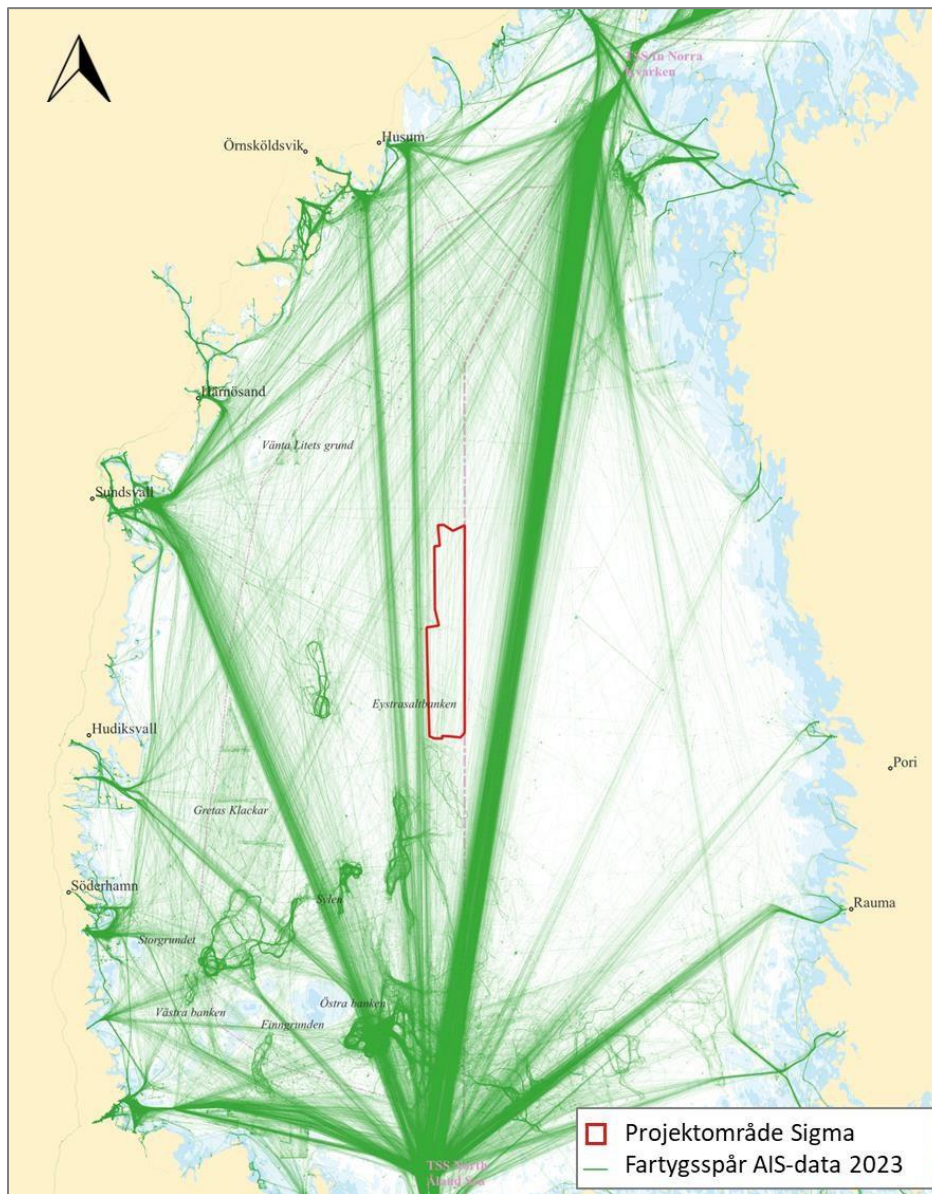
RISE on tehnyt merenkulun riskianalyysin, jossa analysoidaan yksityiskohtaisesti alueen merenkulkua ja laitokseen liittyviä riskejä. Raportti on luettavissa lisäyksessä 3.

8.2.1 Nykytilanteen kuvaus

8.2.1.1 Merenkulkuväylät

Hankealue sijaitsee kahden merenkulun kannalta kansallisesti tärkeäksi määritellyn laivaväylän, *Grundkallen - Skagsudde* ja *Grundkallen - Bottenhavet*, välissä, ks. kuva 4-4. Itäinen reitti on suurelta osin Suomen vesillä. Kansalliset intressit eivät ole sama asia kuin väylät, mutta ne ovat usein kokonaan tai osittain päällekkäisiä varsinaisten laivaväylien kanssa.

Tehty liikenneanalyysi osoittaa, että hankealueen länsipuolella on pieni laivaväylä noin yhden meripeninkulman (1 meripeninkulma = 1 852 metriä) päässä, ks. kuva 8-3. Laivaväylää käyttävät alukset *TSS Etelä-Ahvenanmeren* ja Husumin välillä. Kauempana lännessä, noin 3-5,5 meripeninkulman etäisyydellä kohteesta hankealueella on toinen laivaväylä, jota alukset käyttävät *TSS Etelä-Ahvenanmeren* ja Örnköldsvikin välillä. Noin kolme meripeninkulmaa hankealueesta itään alukset kulkevat *TSS South Åland Sea* ja *TSS In Norra Kvarken* välistä reittiä.



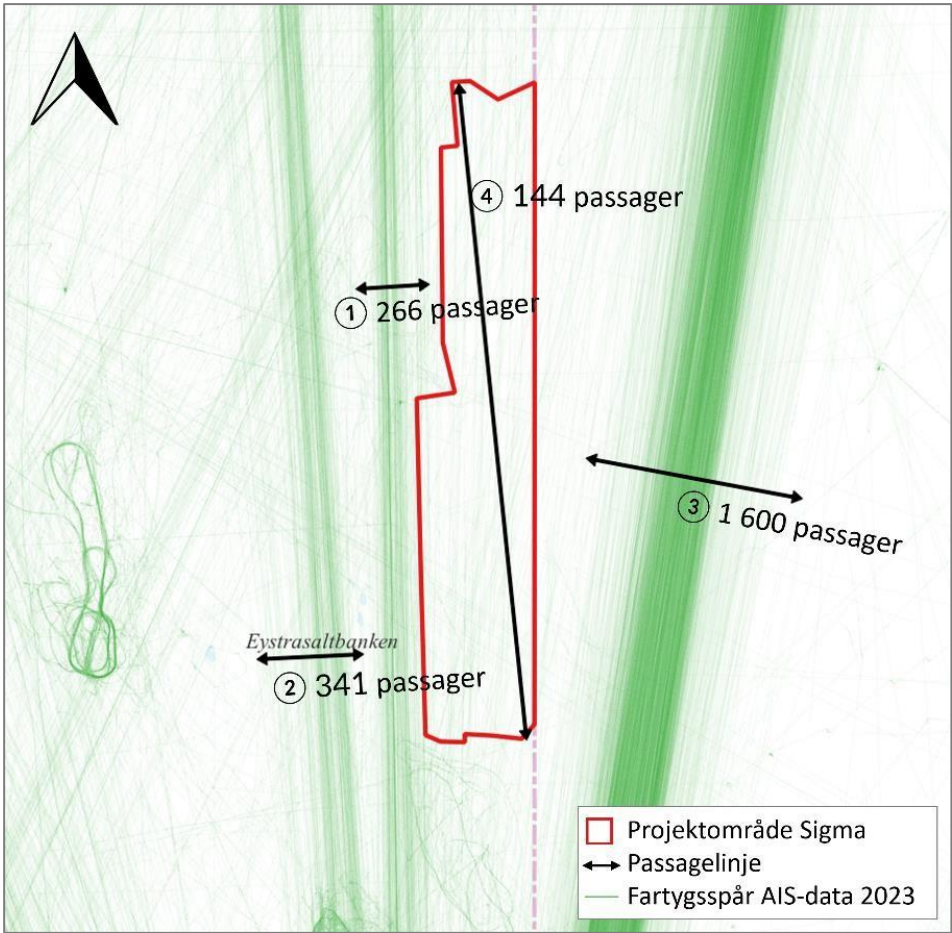
Kuva 8-3. Liikennemallit Perämerellä AIS-tietojen perusteella vuonna 2023. Kuva liitteestä 3 (Nautical Risk Analysis).

Tutkimuksessa analysoitiin kaikki kolmen laivaväylän kulkutapoja vuonna 2023. Lisäksi analysoitiin kaikki hankealueen kautta kulkevat väylät samalle vuodelle, ks. kuva 8-4. Alueella on yleisesti ottaen vähän liikennettä, ja kaikki laivaväylät päätyvät Ruotsin merenkululaitoksen liikenteen intensiteetin luokittelutaulukon (Ruotsin merenkululaitos, Ruotsin liikennevirasto, 2023) mukaan *erittäin alhaiselle* tasolle, ks. taulukko 8-2.

Taulukko 8-2. Ruotsin merenkululaitoksen taulukko liikenteen intensiteetin luokittelua varten.

Luokitus	Liikenteen intensiteetti	Matkustajat vuodessa
1	Erittäin alhainen	0-2 000
2	Matala	2 000-5 000

3	Tarvitaan	5 000-10 000
4	Korkea	10 000-20 000
5	Erittäin korkea	Yli 20 000



Kuva 8-4. Merenkulun riskianalyysi Sigma -raportissa analysoidut kulkuväylät hankealueella ja sen läheisyydessä. Luvut viittaavat kulkuväylien määrään vuonna 2023.

Taulukossa 8-3 .esitetään yhteenveto neljällä yhteysväylällä liikennöivistä alustyypeistä

Taulukko 8-3. Neljällä reitillä vuonna 2023 liikennöivien alusten lukumäärä, tyyppi ja pituus.

Linja	Matkustajien määrä 2023	Alustyyppi	Aluksen pituus (max)
Matkustajalinja 1 Södra Kvarnen - Husum	266	Kappaletavara Ro-ro* Säiliöalukset	200-250 metriä
Matkustajalinja 2 Södra Kvarnen - Örnköldsvik	341	Kappaletavara Irtolastit Säiliöalukset	150-200 metriä

Matkustajalinja 3 Södra Kvarken - Norra Kvarken	1600	Kappaletavara Ro-ro* Bulk Säiliöalukset	200-250 metriä
Matkustajalinja 4 Hankealueen kautta	144	Kappaletavara Säiliöalus	150-200 metriä

*Ro-ro-alukset ovat roll on - roll off -aluksia, joilla kuljetetaan tavaroita liikkuvien kuljetusalusten, kuten perävaunujen, päällä.

8.2.1.2 Satamat

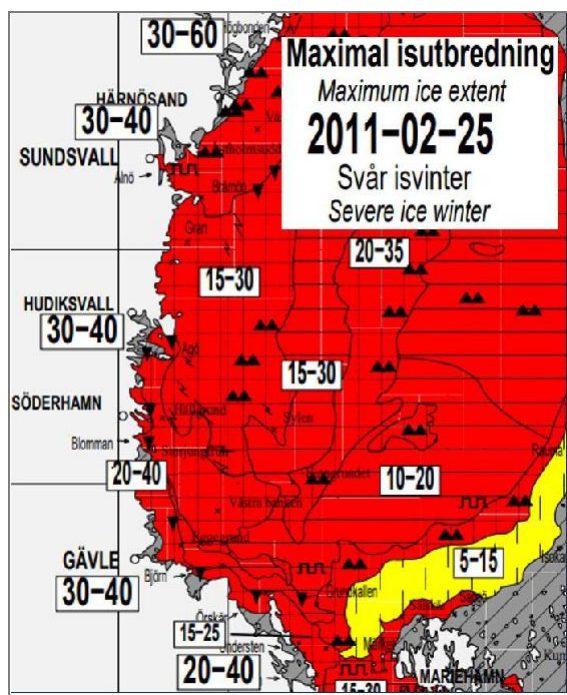
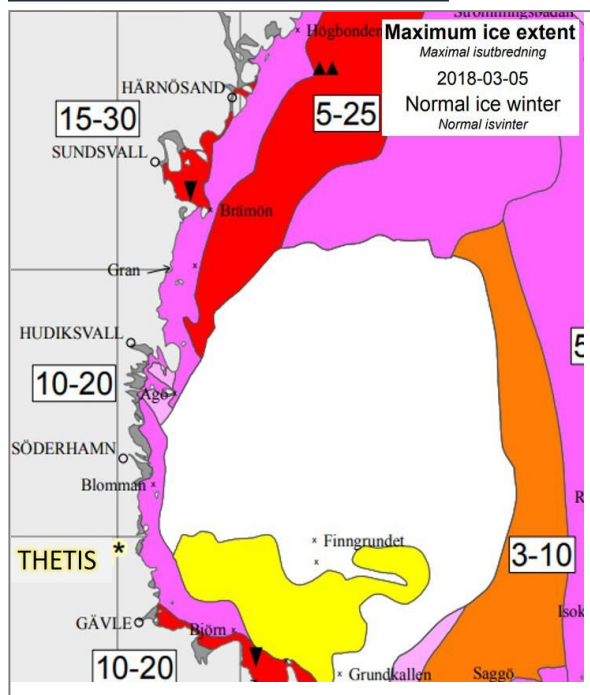
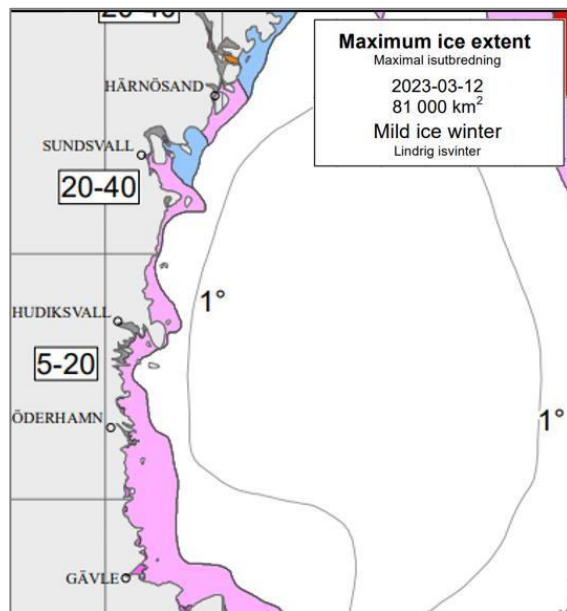
On todennäköistä, että asennustoissa käytetään sekä kansallisia että kansainvälisiä satamia. Sigman tuulipuistoa lähimpänä olevat laivaväylät palvelevat Örnköldsvikin ja Husumin satamia. Koska satamat sijaitsevat kaukana suunnitellusta tuulivoimapuistosta, perustaminen ei vaikuta satamien kulkureitteihin.

8.2.1.3 Jääolosuhteet

Talvikuukausina jääolosuhteet voivat vaikuttaa alusten kykyyn käyttää nykyisiä laivaväyliä. Jäisissä olosuhteissa alukset saattavat tarvita jäänmurtajien apua. Jäisissä olosuhteissa valitaan tavanomaisten laivaväylien sijasta kulloinkin helpoin reitti. Lisäksi jää on liikkuvaa ja voi siirtyä ja muuttaa olosuhteita päivästä toiseen.

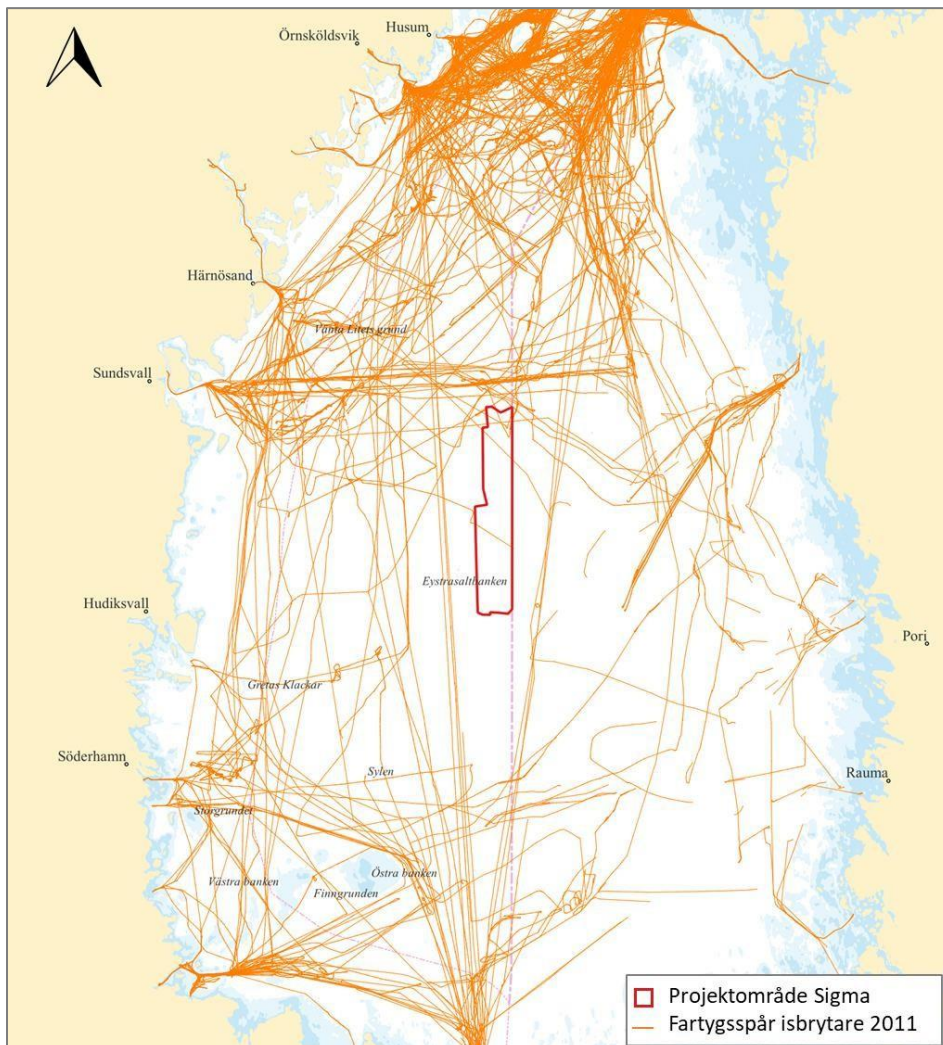
Jään laajuus hankealueella vaihtelee. Leutoina tai tavanomaisina talvina alueella ei yleensä ole jäätä, koska jäätä on yleensä rannikoilla. Tällöin alukset voivat liikennöidä laivaväylillä ympäri vuoden. On kuitenkin ankaria talvia, jolloin jään laajuus on huomattavasti suurempi ja jolloin koko Selkämeri voi olla paksuudeltaan vaihtelevan jään peitossa. RISE on tutkimuksessaan kartoittanut alueen jääolosuhteita viimeisten 40 vuoden ajalta ja todennut, että alueella on ollut jäätä 14 vuonna yhteensä 42 vuodesta vuosina 1981-2022. Kuvassa 8-5 on esimerkkejä jään laajuudesta leudon, normaalin ja ankaran talven aikana vuosina 2023, 2018 ja 2011.

Ice type Istyyppi	Concentration Koncentration Peittävyys	Symbols Symboler Merkinnät
Ice free Isfri Avovesi	-	Jammed brash barrier Stampisvall Sohjovyö
New ice (< 5 cm) Nyis (< 5 cm) Uusi jää (< 5 cm)	7 - 10/10	Rafted ice Hopskuten is Päällekkäin ajautunut jää
Nilas, grey ice (5-15 cm) Tunn jämn is (5-15 cm) Ohut tasainen jää (5-15 cm)	9 - 10/10	Ridged or hummocked ice Vallar eller upptornad is Ahtautunut tai rökkiöitynyt jää
Fast ice Fastis Kiintojää	10/10	Strips and patches Strängar av drivis Ajojäänauhuja
Rotten fast ice Rutten fastis Hauras kiintojää	-	Floebit, floeberg Isburning Ahtojää - tai rökkiöläutta
Open water Öppet vatten Avovesi	< 1/10	Fracture Spricka Repeämä
Very open ice Mycket spridd drivis Hyvin harva ajojää	1 - 3/10	Fracture zone Område med sprickor Repeämävyöhyke
Open ice Spridd drivis Harva ajojää	4 - 6/10	Estimated ice edge Uppskattad iskant Arvioitu jään reuna
Close ice Tät drivis Tiheä ajojää	7 - 8/10	Icebreaker (* coordinating) Isbrytare (* koordinerande) Jäänmurtaja (* koordinaattori)
Very close ice Mycket tät drivis Hyvin tiheä ajojää	9 - 9+10	Water temperature isotherm (°C) Vattentemperaturisoterm (°C) Veden lämpötilan tasa-arvokäyrä (°C)
Consolidated ice Sammanfrusen drivis Yhteenjäätynyt ajojää	10/10	Mean water temperature Ytvattnets medeltemperatur Meriveden pintalämpötilan keskiarvo (1971 - 2000)
Ice thickness (cm) Istjocklek (cm) Jään paksuus (cm)	20-40	2.1°



Kuva 8-5. Jään laajuus Perämerellä leudon, normaalin ja ankan jätälven aikana. Kuva lähteestä Nautical Risk Analysis, liite 3.

Ruotsalaisten ja suomalaisten jäänmurtajien laivaväylien tarkastelu talvella 2011, joka oli ankara jätälvi, osoittaa, että jäänmurtoa ei useinkaan tarvittu hankealueella. Suuri osa toiminnasta oli peräisin Husumista ja Örnköldsvikistä sekä Sundsvallista ja Härnösandista, ja valtaosa reiteistä kulki Sigman hankealueen pohjoispuolella sijaitsevilla alueilla, kuva 8-6. Suomesta saadut AIS-tiedot osoittavat, että Suomen jäänmurtajatoiminta keskittyi samana vuonna Perämeren itäisimpään osaan, Suomen rannikolle.



Kuva 8-6. Jäänmurtajatoiminnan alusjäljet ankanan jäätälven 2011 aikana. Kuvassa ei ole esitetty suomalaisten jäänmurtajien AIS-tietoja, sillä niiden toiminta on keskittynyt Perämeren itäisimpään osaan.

Kaiken kaikkiaan hankealueen arvoa merenkululle pidetään **vähäisenä**, koska se ei ole päällekkäinen minkään kansallisesti tärkeän merenkulkualan tai olemassa olevien laivaväylien kanssa ja koska hankealueen kautta kulkee tällä hetkellä vain muutama alus.

8.2.2 Vaikutukset

8.2.2.1 Rakennus- ja käytöstäpoistovaihe

Rakennus- ja käytöstäpoistovaiheen aikana vaikutukset ovat pääasiassa lisääntynyt törmäysriski, joka johtuu hankealueen lisääntyneestä liikenteestä, joka poikkeaa vakiintuneilta laivaväyliltä ja joissakin tapauksissa ylittää ne. Näitä merenkulkuriskejä käsitellään 12.1 kohdassa.

8.2.2.2 Toimintavaihe

Syrjäytymisvaikutus

Sigman tuulipuiston suunniteltu perustaminen johtaa siihen, että alukset pääsevät hankealueelle vain rajoitetusti. Koska hankealueella on vain satunnaista liikennettä eikä hankealueen kanssa ole päällekkäisiä laivaväyliä, siirtymävaikutusta **ei pidetä vähäisenä. Vaikutuksen** sataman saavutettavuuteen **ei** arvioida **olevan vähäinen tai merkityksettömäksi**.

Talviolosuhteissa tuulipuiston perustaminen tarkoittaa, että jäänmurtaja-alukset eivät voi käyttää hankealuetta liikenteen ohjaamiseen tai hätätilanteessa olevan aluksen luokse pääsemiseen. Kun tuulipuisto on toiminnassa ja jotkin alueet on suljettu, alusten on ehkä käytettävä vaikeampia ja pidempiä reittejä, jolloin jäänmurtajien avun tarve kasvaa. Tämä puolestaan voi johtaa kapasiteettiongelmia jäänmurtajatoiminnassa. Koska hankealue sijaitsee Suomen rajalla, odotetaan, että riski siitä, että jäänmurtaja joutuu ylittämään alueen päästäkseen hädässä olevien alusten luo, on pieni. Koska hankealueella esiintyy jäätä vain ankarina talvina eikä joka vuosi, kokonaissiirtymävaikutuksen arvioidaan olevan **pieni**.

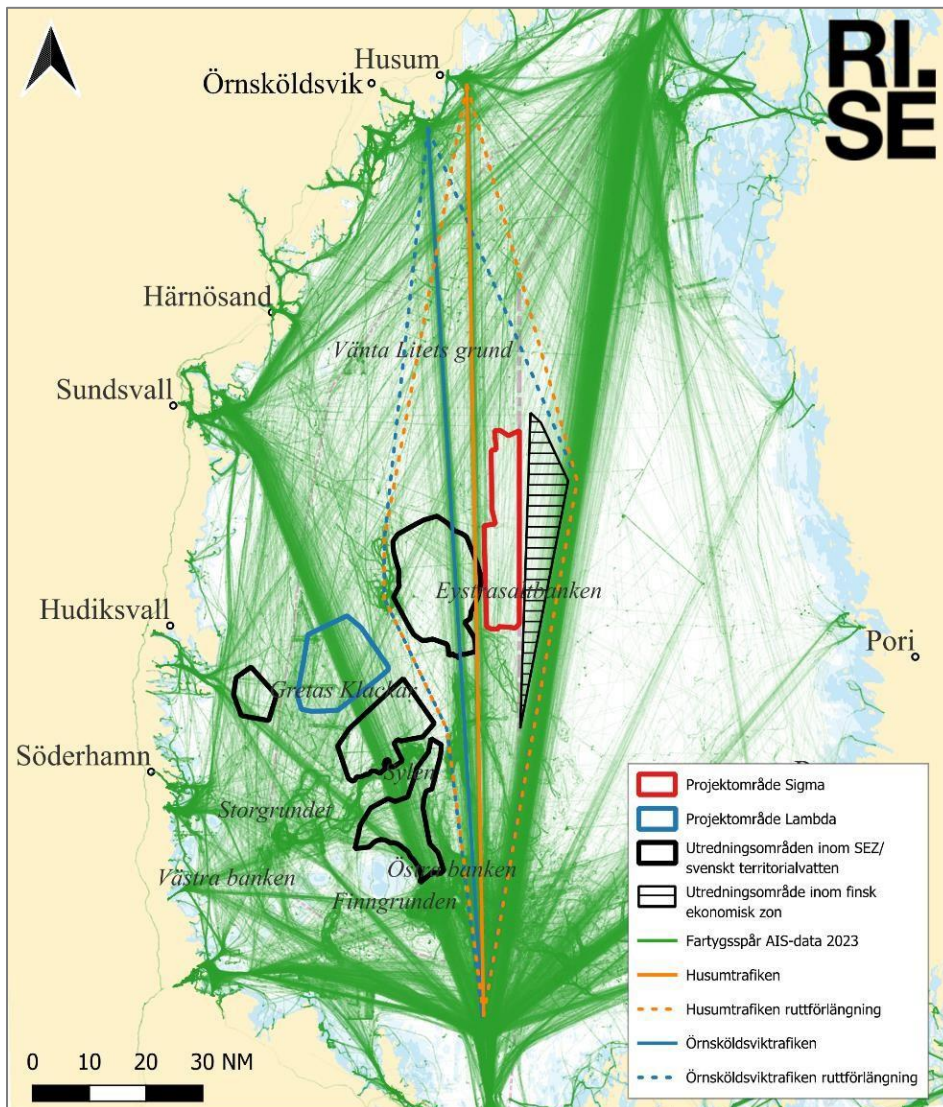
Merenkulun riskit

Toimintaan liittyy myös merenkulkuun liittyviä riskejä, kuten kohdassa 12.1 .on kuvattu

Kumulatiiviset vaikutukset

Vaikka yhden tuulipuiston perustaminen ei aiheuttaisikaan suurta muutosta merenkulkuun hankealueella, vaikutus voi olla suurempi, jos otetaan huomioon, että lähialueelle on suunnitteilla useita tuulipuistoja. Kumulatiivisia vaikutuksia on arvioitu Sigman ja Eystrasaltin tuulivoimapuistojen sekä Suomessa suunnitellun Bothnia West -tuulivoimapuiston (Sigman tuulivoimapuiston hankealueen itäpuolella) perustamisen perusteella.

Itään Sigman tuulivoimapuistoa lähimpänä kulkevia laivaväyliä on muutettava, jos kaikki kolme tuulivoimapuistoa hyväksytään ja perustetaan suunnitellussa laajuudessaan. Gävleborgin lääninhallitus on kuitenkin valtioneuvostolle tekemässään päätösehdotuksessa esittänyt, että Eystrasaltin hankealuetta pienennetään siten, että alueen läpi kulkeva laivaväylä säilyy (Dnr. 3786-2023, päätös 2024-07-03). Husumin liikenteen ja Örnköldsvikin liikenteen mahdolliset reittipidennykset ilman Eystrasaltin pienennettyä hankealuetta on esitetty alla olevassa kuvassa 8-7.



Kuva 8-7. Sigman tuulipuiston läheisyyteen suunnitellut tuulipuistot ja muutetut reitit. Lähimpänä lännessä on Eystrasalt ja lähimpänä idässä Bothnia West. Kuva merenkulun riskianalysistä, liite 3.

Reittien pidentäminen reiteillä liikennöiville aluksille lisää polttoaineen ja ajan kulutusta varustamoille. RISE on laskenut raportissaan, kuinka paljon polttoaineen kulutus kasvaisi reittien laajentamisen vuoksi, ja toteaa, että edustavan esimerkkialuksen polttoaineen kulutus kasvaisi 0,4 prosenttia vuodessa. Vaikutus arvioidaan näin ollen **olemattomaksi/merkityksettömäksi**.

Kun merellä on jäätä, laivaväyliä ei voi käyttää tavalliseen tapaan, ja alusten on käytettävä helpointa ja parasta reittiä. Kaikkien kolmen tuulipuiston (Eystrasalt, Sigma ja Bothnia West) perustamisen myötä merkittävä osa Perämerestä suljetaan laivojen kulkumahdollisuudelta, mikä tarkoittaa, että jäänmurtotoiminta vaikeutuu. Jäänmurtajien on ohjattava tai avustettava aluksia vaikeammille tai pidemmille reiteille, ja ne joutuvat kulkemaan pidempää reittiä tullakseen apuun, jos tuulipuistot valtaavat laajoja alueita Selkämerestä.

Jos kaikki kolme tuulivoimapuistoa perustetaan haetussa laajuudessa, jäänmurtajatoimintaan kohdistuu syrjäytymisvaikutus vaikeissa jääolosuhteissa. Tällaisia vaikeita jäätalvia esiintyy kuitenkin harvoin, joten vaikutus arvioidaan **vähäiseksi**.

8.2.3 Suojatoimenpiteet

Suojatoimenpiteitä käsitellään tarkemmin kohdassa 11.1 Merenkulun riskit.

8.2.4 Seuraukset

Merenkulkuun **ei kohdistu lainkaan tai vain vähäisiä vaikutuksia** reittien muuttumisen muodossa. Tämä yhdistettynä siihen, että hankealueella **ei katsota olevan juurikaan** arvoa merenkululle, **johtaa siihen, että seurauksia ei ole tai ne ovat merkityksettömiä**.

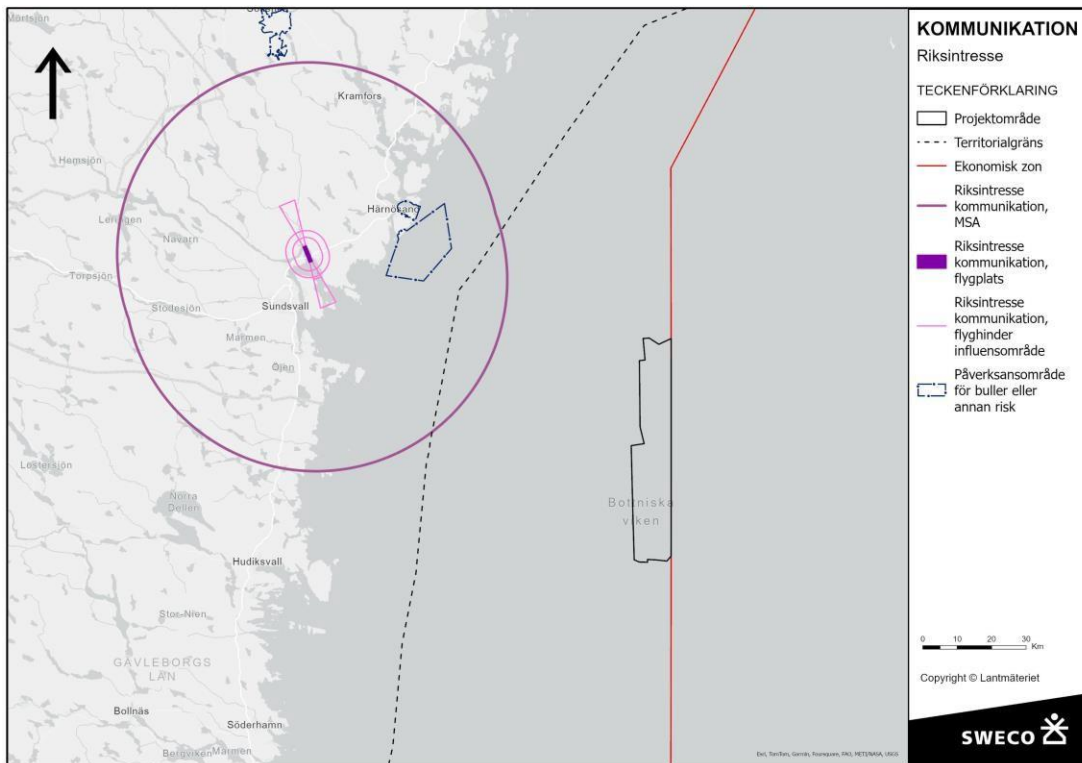
Jos kaikki kolme tuulipuistoa, Sigma, Bothnia West ja Eystrasalt, perustetaan haetun suunnitelman mukaisesti, kumulatiivinen vaikutus arvioidaan **vähäiseksi**, mikä yhdessä sen kanssa, että hankealueella on **vain vähän arvoa** merenkululle, johtaa **vähäisiin seurauksiin**.

8.3 Ilmailu

8.3.1 Nykytilanteen kuvaus

Sundsvallissa, noin kymmenen kilometriä hankealueesta länteen, on lentokenttä (*Sundsvall-Timrå*), ks. kuva 8-8. Lentoasemaa ympäröi *minimialuekorkeusalue (MSA)*, jonka säde on 55 kilometriä lentoaseman laskeutumisopasteiden perusteella (Trafikverket, 2017).

Lisäksi Härnösandin rannikon edustalla on vaikutusalue (TM0063), jolla on erityinen esteettömyyden tarve (kuva 8-8) ja joka on myös kansallisen edun mukainen kokonaispuolustuksen sotilaallisen osan kannalta, ks. kohta 8.4.



Kuva 8-8. Kuvassa näkyy Sundsvall-Timrå lentoaseman ympärillä oleva MSA-alue (vihreä rengas) ja Harnösandens rannikon edustalla oleva vaikutusalue (sininen, katkoviiva) suhteessa hankealueeseen (esitetty punaisella laatikolla). Lähde: Vindbrukskollen.

Ruotsin siviili-ilmailuhallinto teki 26. elokuuta 2024 lentoesteanalyysin Sigman tuulipuiston suunnitellusta perustamisesta. Esteanalyysi koostuu kahdesta osasta: 1) Ruotsin siviili-ilmailuhallinnon omistamien CNS-laitteiden analyysi ja 2) kyseisen lentoaseman analyysi sen ilmatilan, lähestymis- ja lähtömenetelmien, CNS-laitteiden ja esteiden rajoitusalueiden osalta.

Ruotsin ilmailuhallinto toteaa ilmailun esteanalyysissä, että suunniteltu Sigman tuulipuisto ei vaikuta lentoasemiin.

Hankealueen **arvoa** ilmailun kannalta pidetään näin ollen **vähäisenä**.

8.3.2 Vaikutukset

Koska toiminta ei vaikuta lentopaikkoihin tai niihin liittyviin laitteisiin, on arvioitu, että **ei vaikutusta** ilmailuun **tai vaikutus on vähäinen**.

8.3.3 Suojatoimenpiteet

Tuulivoimalat varustetaan lentoestevaloilla ilmailun ja merenkulun turvallisuussyistä. Tuulivoimalat merkitään Liikenneviraston määräysten ja yleisten ohjeiden ilmailulle vaaraa aiheuttavien kohteiden merkitsemisestä (TSFS 2020:88) tai rakentamishetkellä voimassa olevien määräysten mukaisesti.

8.3.4 Seuraukset

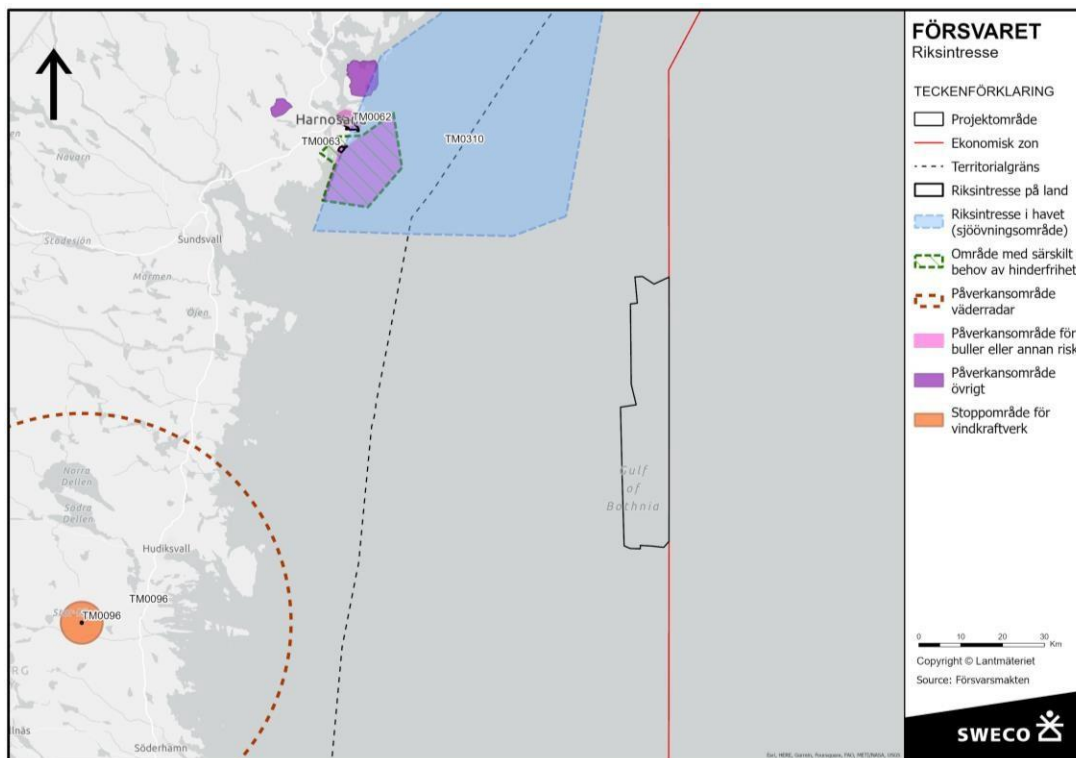
Suunnitellulla Sigman tuulivoimapuistolla **ei** arvioida **olevan mitään tai vähäistä vaikutusta** ilmailualaan. Yhdessä sen kanssa, että hankealueella **on vain vähän** arvoa ilmailualalle, **sillä ei** katsota **olevan vähäisiä vaikutuksia**.

8.4 Puolustus

8.4.1 Nykytilanteen kuvaus

Ruotsin puolustusvoimilla on useita kansallisesti kiinnostavia alueita rannikolla, hankealueen länsipuolella. Jotkin kansalliset intressialueet vaativat laajempaa merialuetta, kuten *Härnönin* merivoimien harjoitusalue (TM0310) ja *Hudiksvallin* sääätutkan vaikutusalue (TM0096), ks. kuva 8-9. Merivoimien harjoitusalue sijaitsee noin kahden meripeninkulman etäisyydellä suunnitellusta hankealueesta. Vaikutusalue sijaitsee noin kuuden mailin päässä suunnitellusta hankealueesta.

Lisäksi Härnösandin rannikon edustalla on vaikutusalue (TM0063), jolla on erityinen esteettömyyden tarve (kuva 8-8) ja joka on myös kokonaispuolustuksen sotilaallisen osan kannalta kansallinen etu. Alueella, jolla on erityinen esteettömyystarve, pyritään varmistamaan turvallinen alueelle tulo ja sieltä poistuminen (Ruotsin puolustusvoimat, 2022).



Kuva 8-9. Maanpuolustuksellisesti tärkeät alueet suhteessa Sigman tuulipuiston hankealueeseen.

Maakuntakaavojen mukaan yhdelläkään niistä alueista (B125 ja B140), joille suunniteltu hankealue sijoittuu, ei ole käyttöalueena puolustusta (SwAM, 2022). Tarkistettuja maakuntakaavoja koskevassa ehdotuksessa, jossa osoitetaan energianhankintaan soveltuvia alueita, todetaan kuitenkin, että puolustuksen edut on otettava erityisesti huomioon (SwAM, n.d.a).

Hankealueen **kokonaisarvoa** puolustuksen kannalta pidetään **vähäisenä**.

8.4.2 Vaikutukset

Ruotsin puolustusvoimat arvioi, että suunniteltu Sigman tuulipuisto ei aiheuta merkittävää vahinkoa kansallisille eduille tai kokonaispuolustuksen sotilaallisen osan kannalta tärkeille alueille, todetaan 2023-12-15 päivätyssä kuulemislausunnossa.

Suunnitellulla Sigman tuulivoimapuistolla **ei arvioida olevan mitään tai vähäistä vaikutusta** puolustuksen etuihin.

8.4.3 Suojatoimenpiteet

Yhtiö kuulee Ruotsin asevoimia riskinhallintatoimista hyvissä ajoin ennen rakennustöiden aloittamista.

8.4.4 Seuraukset

Suunnitellulla Sigman tuulivoimapuistolla **ei arvioida olevan mitään tai vähäistä vaikutusta** puolustuksen etuihin. Yhdessä sen kanssa, että hankealueella **on vain vähän** merkitystä puolustuksen **kannalta, sillä ei katsota olevan vähäisiä vaikutuksia**.

9 Ympäristöolosuhteet ja -vaikutukset

9.1 Pohjaeläimistö

Pelagia on tehnyt meribiologisen tutkimuksen, johon tämä osa perustuu. Täydellinen raportti on liitteessä 7.

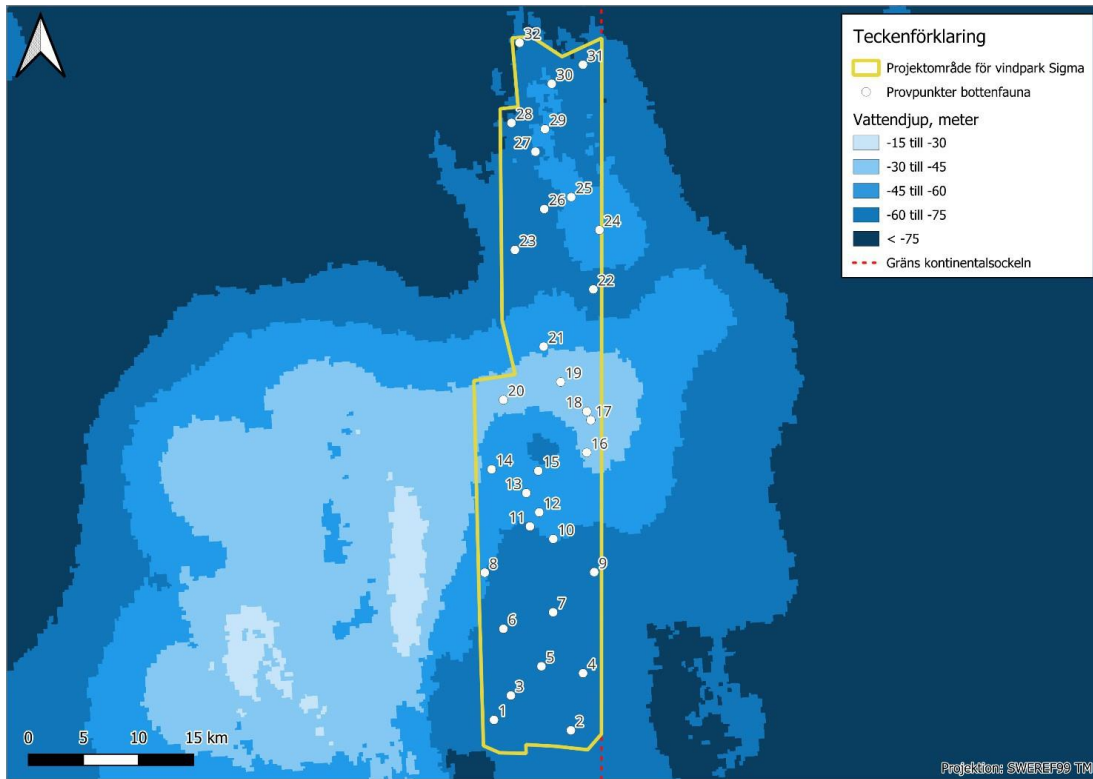
9.1.1 Nykytilanteen kuvaus

Yleisesti ottaen Perämeren lajikoostumus on suhteellisen lajiköyhä, ja lajirikkaus vähenee suolapitoisuuden laskiessa ja on vain murto-osa meriympäristöjen lajikoostumuksesta. Selkämeri on myös useiden merellisten pohjaeläinlajien levinneisyysalueen pohjoisin raja, sillä murtovedessä elämiseen sopeutuneita lajeja on vähän. Hankealueen pohjaeläimistön kartoittamiseksi on tehty hakuja Helcomin kartta- ja tietopalvelusta.

(2024-04-25), ICES DataPortal (2024-04-25) ja SHARKweb (SMHI, 2024-04-25). Lisäksi hankealueelta otettiin kesällä 2024 32 pohjanäytettä pohjaeläinnäytteenotosta, kuva 9-1. Näytteenoton aikana havaittiin, että pohjan substraatin koostumus vaihteli suuresti hankealueella; paikoin pohja oli kovaa ja kivistä, minkä vuoksi sedimenttinäytettä ei ollut mahdollista ottaa pohjakouralla. Näissä paikoissa, joissa pohja oli kova, havaittiin merileväkuorta ja hydroideja sen yhteydessä, että van Veenin kouraan oli otettu mukaan suurempia kiviä.

Näytteenoton tulokset osoittavat, että hankealueen lajikoostumus on tyypillinen Perämeren pehmeille pohjille. Yleisimpiä lajeja olivat valkomarliini (*Monoporeia affinis*), jääkauden reliikki jäämerilisko (*Saduria entomon*) ja *Marenzelleria*-sukuun kuuluvat invasiiviset harjusmadot. Lajirikkaimmassa näytepisteessä (piste 11) havaittiin kuusi taksonia. Kaiken kaikkiaan eri näytteiden välillä oli suurta vaihtelua, sillä joissakin näytteissä havaittiin vain muutama yksilö, kun taas toisissa näytteissä havaittiin Perämeren suuri runsaus ja/tai monimuotoisuus. Yksikään pohjaeläinluettelossa havaituista lajeista ei ole virallisesti suojeltu lajisuojeluasetuksen nojalla tai mainittu punaisessa luettelossa (SLU Artdatabanken, 2020). Pohjaeläinindeksille on tehty laskelma (BQIm Benthic Quality Index), jonka mukaan alueen tila on hyvä pohjaeläimistön osalta.

Muilla Sigman läheisyydessä sijaitsevilla näytteenottopaikoilla lajikoostumus on samankaltainen kuin hankealueella, jossa valkoista marliinia esiintyi myös useimmissa näytteissä ja tiheimmin. Valkomarliinin lisäksi on löydetty myös jääkaloja, *Marenzelleria*-lajeja, sinisimpukoita ja simpukoita.



Kuva 9-1. Kartassa näkyy hankealue, joka on myös pohjaeläimistön tutkimusalue (keltainen monikulmio). Kaikki näytteenottpisteet on merkitty karttaan.

Yhteenvedona voidaan todeta, että hankealueen pohjaeläimistö vastaa läheisen näytteenoton ja Perämeren pehmeiden merenpohjien normaalisti esiintyvän pohjaeläimistön eläimistöä. Tämä yhdessä sen kanssa, että näytteenoton aikana ei ole löydetty suojeltuja lajeja, merkitsee sitä, että hankealueen arvo pohjaeläimistön kannalta katsotaan **vähäiseksi**.

9.1.2 Vaikutukset

Taulukossa 9-1 esitetään yhteenvedo Sigman tuulipuiston perustamisesta aiheutuvista vaikutuksista ja niiden ilmenemisajankohdista

Taulukko 9-1. Ympäristövaikutukset ja niiden esiintymisajankohdat.

Ympäristövaikutukset	Kasvi	Drift	Käytöstäpoisto
Elinympäristön muutos ja riuttoihin vaikutus		x	
Kiintoaine- ja sedimentaatiokertymät, mukaan lukien ympäristömyrkyt.	x		x
Vedenalainen melu	x	x	x
Sähkömagneettiset kentät		x	

9.1.2.1 Elinympäristön muutos ja riuttoihin vaikutus

Vaikutukset koostuvat kaapeliverkkojen asentamisesta sekä perustusten ja eroosiosuojausten rakentamisesta. Tämä aiheuttaa

sedimenttien uudelleen jakautuminen tai peittyminen. Useat hankealueella esiintyvistä lajeista ovat kuitenkin sopeutuneet selviytymään jonkinasteisesta ylikasvusta (Bonsdorff & Pearson, 1999; Powilleit, et al., 2009; Hinchey, Schaffner, Hoar, Vogt, & Batte, 2006). Tästä huolimatta eliöt kuolevat. Vaikutusalue on kuitenkin hyvin pieni, enintään noin 0,3 prosenttia koko hankealueesta.

Alueet, joille on perustettu eroosiosuojaus pehmeälle merenpohjalle, ovat pehmeän merenpohjan lajien ulottumattomissa siihen asti, kunnes Sigma-tuulipuisto on poistettu käytöstä. Koviin pohjatyyppeihin liittyvä pohjaeläimistö pääsee sen sijaan näille alueille, ja syntyy riuttaefekti, joka suosii näitä lajeja. Tämän riuttavaikutuksen katsotaan olevan suurempi kuin elinympäristön häviämisen kielteiset vaikutukset.

Tämän perusteella Sigman tuulivoimapuiston perustamisesta johtuvien elinympäristömuutosten ja riuttoihin vaikutusten odotetaan olevan **myönteisiä**.

9.1.2.2 *Kiintoaine- ja sedimentaatiokertymät, mukaan lukien ympäristömyrkyt.*

Kiintoaineksen leviäminen ja sedimentaatio tapahtuvat rakennusvaiheessa, kun sisäisiä kaapeliverkkoja asennetaan tai huuhdellaan pohjaan ja kun perustuksia ankkuroidaan. Riippuen siitä, kuinka suuri osa laitoksesta poistetaan käytöstäpoiston aikana, samoja sameusvaikutuksia voi esiintyä myös käytöstäpoistovaiheessa. Koska sedimentin suspendoitumista ei tapahdu käyttövaiheen aikana, tässä jaksossa arvioidaan ainoastaan rakennus- ja käytöstäpoistovaiheita.

Leijuvan aineksen leviäminen ja sedimentaatio vaikuttavat kielteisesti erityisesti kiinteisiin ja suodattaviin eliöihin, kun taas liikkuvat lajit, kuten nieriä, valkomarliini ja harjusmato, selviytyvät paremmin liiallisesta peittymisestä. Useimmat pohjaeläinlajit selviytyvät jonkinasteisesta peitteisyydestä. Jopa kovilla pohjilla elävien sinisimpukoiden on tutkimuksissa osoitettu kestävän usean senttimetrin sedimentin peittämistä jopa kahdeksan päivän ajan ilman merkittävää eroa kuolleisuudessa (Hutchison, Hendrick, Burrows, Wilson, & Last, 2016). Vaikutus on vahvasti yhteydessä altistumisajan pituuteen ja siihen, tehdäänkö peittäminen toistuvasti.

Mallinnus osoittaa, että sedimentin leviäminen vaikuttaa laajoihin alueisiin, joilla pitoisuudet ovat korkeita, ks. kuva 7-6 ja kuva 7-7 edellä. Vaikutus kuitenkin siirtyy ajassa ja paikassa, koska merenpohjan työt tehdään pitkän ajan kuluessa ja vain pienillä alueilla kerrallaan. Perustusten välittömässä läheisyydessä olevat alueet voivat peittyä jopa 100 millimetrin sedimenttikerrostumalla, ja vähintään 50 millimetrin sedimenttikerrostuman on arvioitu tapahtuvan 130 metrin säteellä perustuksista. Uudelleenasetuksen odotetaan kuitenkin tapahtuvan suhteellisen lyhyessä ajassa.

Vaikka kokonaisvaikutusalue on suuri, vaikutus ei vaikuta koko hankealueeseen samanaikaisesti. Vaikutuksen arvioidaan **olevan olematon tai vähäinen**.

Kun sedimentit sekoittuvat, mahdolliset epäpuhtaudet voivat sekoittua veteen ja muuttua biologisesti käyttökelpoisiksi. Valkoisella marliinilla (joka on yleinen hankealueella) tehdyt tutkimukset osoittavat, että epäpuhtauksien läsnäolo voi johtaa epämuodostuneiden alkioiden lisääntymiseen, mikä voi vaikuttaa kannan kehitykseen. Mahdollisten epäpuhtauksien leviämisen sedimenteissä odotetaan olevan samassa mittakaavassa kuin sedimenttien leviäminen eli enintään noin 2,2 kilometrin päässä lähdealueesta. Sedimentissä olevien ympäristömyrkyjen pitoisuudet ovat kuitenkin yleisesti ottaen alhaiset. Lisäksi

laimeneminen ympäröivässä merivedessä, joten vaikutuksen on arvioitu olevan seuraava
ei mitään / vähäinen.

9.1.2.3 Vedenalainen melu

Tietämys vedenalaisen melun vaikutuksesta pohjaeläimistöön on puutteellista. Pohjaeläimillä ei ole kuuloelimiä, mutta monilla lajeilla on jonkinlainen elin, jolla ne havaitsevat muun muassa äänen aiheuttamat hiukkasliikkeet. Tutkimukset siitä, miten paalutusmelu (Spiga, Caldwell, & Bruintjes, 2016) ja laivamelun toisto vaikuttavat sinisimpukoihin, osoittavat muuttuneita suodatusnopeuksia ja käyttäytymismuutoksia. Tämä on tulkittu stressikäyttäytymiseksi (Wale, Briers, Hartl, Bryson, & Diele, 2016).

Aiemmissa tutkimuksissa esiintyneistä äänitasoista ei ole tietoa, minkä vuoksi on vaikea arvioida, ovatko ne vertailukelpoisia Sigman tuulivoimapuiston rakentamisen yhteydessä esiintyvien paalutusäänen kanssa. Sinisimpukoilla tehdyissä tutkimuksissa on kuitenkin havaittu ohimenevää stressikäyttäytymistä, ja koska rakentamisen aiheuttama melu on suhteellisen lyhytaikaista, vaikutuksen katsotaan **olevan olematon tai vähäinen**. Sekä tuulipuiston käytöstäpoisto- että toimintavaiheessa melutason odotetaan olevan alhaisempi kuin rakennusvaiheessa, ja siksi vaikutus näissä vaiheissa arvioidaan **olemattomaksi tai merkityksettömäksi**.

9.1.2.4 Sähkömagneettiset kentät

Syntyvien sähkömagneettisten kenttien voimakkuus vähenee nopeasti etäisyyden kasvaessa kaapelista, mikä tarkoittaa, että vaikutus kohdistuu vain kaapeleita lähimpänä oleviin pohja-alueisiin (Snyder, Bailey, Palmquist, Cotts, & Olsen, 2019). Jos kaapeli on sijoitettu metrin syvyyteen sedimenttiin, kentän voimakkuus on kolme mikrotesslaa kahden metrin etäisyydellä kaapelista ja yksi mikrotessla neljän metrin etäisyydellä.

Eliöt, joihin sähkömagneettiset kentät todennäköisimmin vaikuttavat, ovat suhteellisen liikkumattomia pohjalla eläviä selkärangattomia. Tutkimuksissa ei ole pystytty havaitsemaan vaikutuksia arktiseen merisiliin ja sinisimpukkaan (Bochert & Zettler, 2004), mutta Itämeren sinisimpukkaan (*Macoma balthica*) on kohdistunut merkittäviä vaikutuksia. Tutkimuksessa tutkittiin kentän voimakkuuden vaikutuksia milliteslaan, ja suurin vaikutus ilmeni varhaisissa kehitysvaiheissa (Stankevičiūtė, et al., 2019). Jos kaapeliverkko lasketaan metrin syvyyteen, kentänvoimakkuuden merenpohjassa arvioidaan olevan noin 15 µT, kun otetaan huomioon, että kaapeli on metrin syvyydessä, mikä on 67 kertaa alhaisempi kuin Itämeren simpukka altistui tutkimuksessa.

Liikkuvilla lajeilla, kuten hevosenkengän rapulla (*Crangon crangon*), vieraslajilla valkosormisella murtovesirapulla (*Rhithropanopeus harrisi*) (Bochert & Zettler, 2004) ja selkärangattomalla petomadolla (*Hediste diversicolor*), tehdyt tutkimukset eivät myöskään osoittaneet, että vaikutukset olisivat seurausta Sigman tuulipuiston ennustetuilla kenttävahvuuksilla (Jakubowska, Urban-Malinga, Otremba, & Andrulewicz, 2019).

Hankealueella edustetusta pohjaeläimistöstä sähkömagneettisten kenttien on siis osoitettu vaikuttavan erityisesti itämerensimpukkaan. Koska tutkimuksissa negatiivista vaikutusta osoittava kentän voimakkuus on kuitenkin paljon suurempi kuin kaapeliverkosta odotettavissa oleva kentän voimakkuus ja koska vaikutus rajoittuu kaapeleiden välittömään läheisyyteen, vaikutuksen katsotaan olevan **olematon tai vähäinen**.

9.1.2.5 Kumulatiiviset vaikutukset

Sedimentin suspendoitumisen, sedimentaation ja vedenalaisen melun vaikutukset ulottuvat hankealueen ulkopuolelle, ja ne voidaan lisätä muiden suunniteltujen tuulipuistojen, tässä tapauksessa Eystrasaltin, vaikutuksiin. Jos Eystrasaltin tuulivoimapuisto ei valmistu ennen Sigman rakentamisen aloittamista, se tarkoittaa, että sedimentin suspendoituminen ja sedimentaatio sekä vedenalainen melu menevät ajallisesti päällekkäin. Koska vaikutusalueet ovat suhteellisen pieniä, vaikka ne käsittävätkin kaksi tuulipuistoa, vaikutusten arvioidaan ilmenevän vain yksilötasolla eikä väestötasolla. Tämä tarkoittaa, että kumulatiivisen vaikutuksen arvioidaan olevan **olematon tai vähäinen**.

9.1.3 Suojatoimenpiteet

Perustuksia rakennettaessa on käytettävä tarvittavia äänenvaimennustoimenpiteitä, jotta vedenalainen melu ei ylitä silakan tai hylkeen TTS-tasoa 1000 metrin etäisyydellä äänilähteestä. Tämä vastaa vaimennusvaikutusta, joka saavutetaan käyttämällä kaksoiskuplaverhoja (DBBC) paalutettaessa monopileja. Lisäksi paalutus aloitetaan pehmeällä käynnistyksellä ja ramppausjaksolla, jolloin iskuvoima on aluksi pienempi ja kasvaa vähitellen täyteen voimakkuuteen vähintään 30 minuutin ajan. Vedenalaisen melun vaikutusten arvioinnissa on otettu huomioon lieventämistoimenpiteet.

9.1.4 Seuraukset

Hankealueen arvo pohjaeläimistön kannalta on arvioitu **vähäiseksi**.

Luontotyyppimuutos ja riuttoihin vaikutus on arvioitu **myönteiseksi**, mikä yhdessä **alhaisen** arvon kanssa tarkoittaa, että seuraukset arvioidaan **myönteisiksi**. Arvioinnin varmuus on **kohtalainen tai korkea**.

Riippuvan kiintoaineen ja sedimentaation, mukaan lukien ympäristömyrkyt, vaikutukset on arvioitu sekä rakennus- että käytöstäpoistovaiheessa **olemattomiksi tai merkityksettömiksi**. Pienen arvon perusteella tällä **ei** arvioida **olevan mitään/vähäisiä** seurauksia. Arvioinnin varmuus on **kohtalainen tai suuri**.

Vedenalaisen melun vaikutukset arvioidaan kaikissa vaiheissa **olemattomiksi/välttämättömiksi**, joten vaikutuksia **ei ole/välttämättömiä**. Arvioinnin varmuus on **vähäinen**, koska tieteellinen perusta on niukka.

Sähkömagneettisten kenttien vaikutus arvioidaan **olemattomaksi/niukaksi**, jolloin seurauksia **ei ole/niukasti**. Arvioinnin varmuus on **suuri**.

Sikä Eystrasaltin että Sigman rakentamisen kumulatiivisen vaikutuksen arvioidaan olevan **nolla/merkityksetön**, minkä odotetaan johtavan **nollaan/merkittävään** vaikutukseen alueen pohjaeläimistöön.

9.2 Kala

Pelagia on tehnyt meribiologisen tutkimuksen, johon tämä osa perustuu. Tutkimus löytyy kokonaisuudessaan liitteestä 7. Taustaselvityksen tekemisen jälkeen Statkraft on ottanut käyttöön uuden biologista monimuotoisuutta koskevan strategian, minkä vuoksi suojelutoimenpiteitä koskevia tavoitteita on nostettu. Jäljempänä esitettyjä arvioita on mukautettu vedenalaisen melun lisääntyneiden suojatoimenpiteiden perusteella, eivätkä ne siksi ole täysin yhdenmukaisia liitteessä 7 esitettyjen arvioiden kanssa.

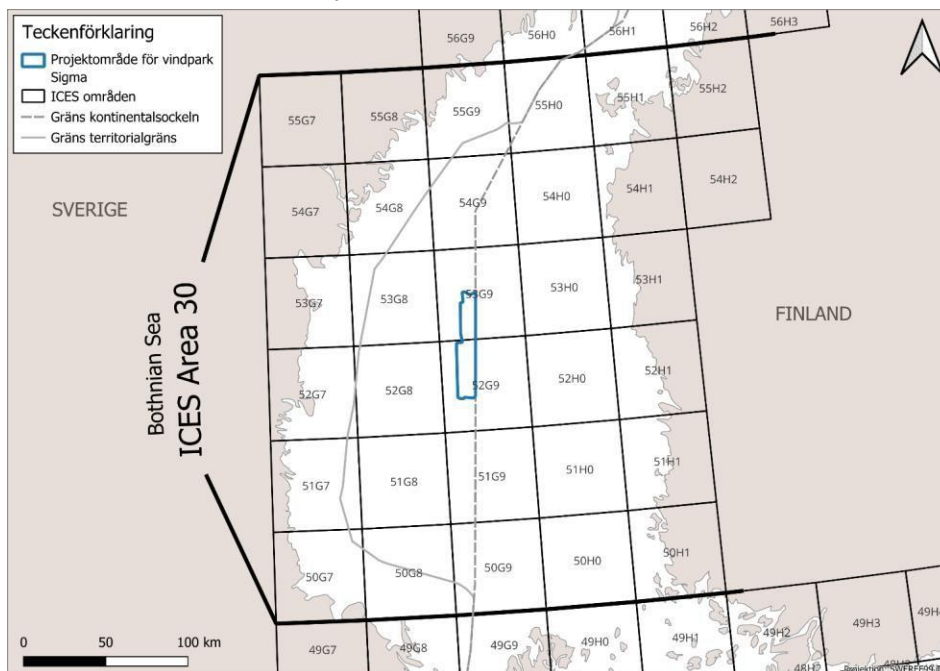
9.2.1 Nykytilanteen kuvaus

Itämeri on sisävesimeri, jonka vesi on murtovettä. Suolapitoisuus vähenee, mitä pohjoisemmaksi mennään, mikä johtuu jokien makean veden tulosta.

Sigman hankealueen suolapitoisuus on viidestä kuuteen tuhannesosaa. Hankealueen syvyys vaihtelee 30 ja 80 metrin välillä. Luontotyyppi luokitellaan avomerialueeksi. Nämä olosuhteet vaikuttavat suuresti alueen kalakoostumukseen. Alueella esiintyy useita makean veden lajeja, kun taas monien merilajien esiintyminen on vähentynyt. Perämerellä on yhteensä noin 40 kalalajia, joista suurin osa on makean veden lajeja, vaikka ne elävätkin pääasiassa rannikkovesissä. Merivesilajeja esiintyy enemmän syvemmällä alueella.

9.2.1.1 Kalasto hankealueella

Tiedot kalojen esiintymisestä Sigman hankealueella on saatu eri lähteistä, kuten lähialueella tehdyistä koekalastuksista ja kaupallisen kalastuksen saaliista. Lähialueella suoritettu koekalastus rajoittuu pääasiassa rannikkovesiin tai rannikon edustalla oleviin rantoihin, kuten Västran ja Östra Finngrundenin rannikolla. Näistä saadut tulokset muodostavat osan perustan arvioinnille siitä, mitä lajeja Sigman alueella odotetaan esiintyvän. Lähimpänä hankealuetta suoritettu näytekalastus on Eystrasalt Bankilla aivan Sigman länsipuolella (Skyborn Renewables, 2023). Tämä näytekalastus on toteutettu verkkonäytteenotolla ja eDNA-näytteenotolla, ja tuloksen katsotaan olevan edustava myös Sigman osalta. Lisätietoa, joka edisti tiedonhankintaa, on peräisin Kansainväliseltä merentutkimusneuvostolta ICES:ltä, joka raportoi kaupallisista kalansaaliista. Tiedot on saatu tilastollisesta verkosta, jossa verkot 53G9 ja 52G9 ovat päällekkäin Sigman tuulipuiston hankealueen kanssa, ks. kuva 9-2 ja taulukko 9-2.



Kuva 9-2. Sigman tuulipuiston hankealue (sininen monikulmio) suhteessa ICES-alueisiin ja Ruotsin talousvyöhykkeen rajaan.

Taulukko 9-2. Yhteenveto lajeista, joiden esiintyminen on havaittu ja joiden odotetaan olevan yleisiä hankealueella ja joiden odotetaan kutevan siellä. Tiedot on saatu lähialueen koekalastuksista ja Kansainvälisen merentutkimusneuvoston (ICES) saalistiedoista. Luokitus Ruotsin punaisen listan mukaan; (LC)= elinkelpoinen, (VU)= haavoittuva.

Tyyppi	Eystrasalt	Finngrund	ICES-alueet 52G9 ja 53G9	Arvioitu yleisesti Sigmassa	Arvioitu kutemaan Sigmaan
Ahven (LC)			X	Ei ole.	Ei ole.
Ahven (LC)			X	Ei ole.	Ei ole.
Hauki (LC)			X	Ei ole.	Ei ole.
Hauki ahven (LC)			X	Ei ole.	Ei ole.
Sarvipäinen miekkakala (LC)	X	X		Kyllä	Ei ole.
Lax (LC)	X		X	Ei ole.	Ei ole.
Pieni simpukka (LC)	X			Ei ole.	Ei ole.
Särki (LC)	X			Ei ole.	Ei ole.
Leijonan silmä (LC)	X			Ei ole.	Ei ole.
Nors (LC)		X		Ei ole.	Ei ole.
Punasimppu	X	X		Kyllä	Kyllä, mahdollisesti
Iso hevosenkenkälepa kko (LC)	X			Kyllä	Kyllä, luultavasti
Siika (LC/uhanalainen)	X	X	X	Kyllä	Ei ole.
Skarpsill (LC)	X		X	Kyllä	Kyllä, luultavasti
Kampela (LC)	X	X		Kyllä	Kyllä, mahdollisesti
Lacy-lapsenlapset (LC)	X			Kyllä	Kyllä, luultavasti
Spiggar (LC)	X		X	Kyllä	Ei ole.
Silakka (LC)	X	X	X	Kyllä	Kyllä, luultavasti
tuulenkala (rannikotuulenkala ja kuningas- tuulenkala) (LC)	X			Kyllä	Kyllä, luultavasti
Turska (VU)	X	X	X	Ei ole.	Ei ole.
Merileväsuolaliuos (LC)	X	X		Kyllä	Kyllä, luultavasti
Taimen (LC)	X		X	Ei ole.	Ei ole.

Yleisiksi lajeiksi katsotaan siika, silakka, kilohaili, kilohaili, kampela, kampela, kilohaili, merikrotti, rannikon tuulenkala, tuulenkala, punasimppu ja piikkikala.

Näistä lajeista kilohailin, pitkäkurku-uikun, silakan, rannikon tuulen kalan, tobiskungin ja merilevän kutijoiden odotetaan myös mahdollisesti käyttävän hankealuetta kutemiseen. Itämeren silakkapopulaatioita on kaksi geneettisesti erilaista, joista toinen kutee keväällä ja toinen syksyllä (Wennerström, et al., 2022;

Selkämereillä vallitsevat keväällä kutevat silakat, jotka kutevat matalissa rannikkovesissä noin 15 metrin syvyyteen asti. Syksyllä kutevat silakat kutevat syvemmissä vesissä ulkosaaristossa ja rannikon edustalla, yleensä 20 ja mahdollisesti jopa 40 metrin syvyyteen asti.

Hankealueella ei kuitenkaan ole tunnettuja kutupaikkoja. Eystrasalt Bankilla on pieni alue, joka on tunnistettu potentiaalisesti kutualueeksi ja joka on myös lähin potentiaalinen kutupaikka (HELCOM, 2024). Tämä alue sijaitsee noin kolmen kilometrin päässä hankealueesta.

Vain satunnaisesti esiintyviä lajeja ovat ahven, lahna, hauki, särki ja lahna, jotka ovat tyypillisiä makean veden lajeja, joille hankealue ei ole luontainen elinympäristö. Myös turskan katsotaan esiintyvän vain satunnaisesti, sillä sitä on havaittu vain hyvin harvoin Eystrasalt Bankin eDNA-näytteenotossa eikä sitä ole havaittu missään koekalastuksissa (Skyborn Renewables, 2023). Lisäksi turska vaatii veden korkeampaa suolapitoisuutta lisääntymisen onnistumiseksi (Heimbrand, Larsson, Landfors, & Bergström, 2023). Turskan tavoin myös ankeriaan katsotaan esiintyvän satunnaisesti Perämeren keskiosissa, sillä sieltä ei ole dokumentoitu löytöjä. Muita lajeja, joita on löydetty Eystrasalt Bankilta, mutta joiden katsotaan esiintyvän satunnaisesti Sigman tuulivoimapuiston hankealueella, ovat tavallinen muikku, merineula ja jokihermisimpukka. Arviointi perustuu pääasiassa lajien biologiaan ja elinympäristöpreferensseihin.

9.2.1.2 Ympäristönäkökohtien arvo

Sigman tuulivoimapuiston hankealueella on todennäköisesti lajistoltaan köyhä kalalajisto, joka koostuu merialueelle tyypillisistä lajeista. Hankealueella ei ole uhanalaisten lajien kutualueita tai elinympäristöjä. Kaiken kaikkiaan hankealueen kalataloudellinen arvo arvioidaan **vähäiseksi**.

Itämeren silakan lähin mahdollinen kutualue on Eystrasalt Bank, joka sijaitsee noin 20 kilometrin päässä Sigman hankealueesta. Alue on kuitenkin suhteellisen pieni, ja sen arvo on arvioitu **kohtalaiseksi**.

9.2.2 Vaikutukset

Tuulivoimapuiston perustamisella voi olla useita vaikutuksia alueen kaloihin. Taulukossa 9-3 on yhteenveto vaikutuksista ja niiden ilmenemisajankohdista

Taulukko 9-3. Taulukossa esitetään yhteenveto odotettavissa olevista ympäristövaikutuksista ja niiden esiintymisvaiheista.

Ympäristövaikutukset	Kasvi	Drift	Käytöstäpoisto
Elinympäristön muutos ja riuttoihin vaikutus		x	
Kiintoaine- ja sedimentaatiokertymät, mukaan lukien ympäristömyrkyt.	x		x
Vedenalainen melu	x	x	x
Sähkömagneettiset kentät		x	

Sekä rakennus- että käytöstäpoistovaiheessa ympäristöä vähitellen muuttavat toiminnot ja alueella liikkuvat häiriötekijät. Tuulivoimapuiston perustamisesta johtuva elinympäristön muutos alkaa rakennusvaiheessa, mutta se vaikuttaa täysimääräisesti vasta tuulivoimapuiston valmistuttua. Vaikutukset arvioidaan sen vuoksi vain toimintavaiheen osalta.

Suspendoitunutta ainesta ja sedimentaatiota esiintyy eniten rakennusvaiheessa, kun tehdään pohjatöitä, kuten paalutusta ja kaapeleiden asentamista. Toimintavaiheessa tällaisia vaikutuksia ei odoteta esiintyvän, minkä vuoksi toimintavaihetta ei käsitellä tarkemmin.

9.2.2.1 Elinympäristön muutos ja riuttoihin vaikutus

Uusien kovien rakenteiden käyttöönotosta koko vesipatsaaseen johtuvaa riuttavaikutusta on tutkittu hyvin erilaisissa meriympäristöissä (Andersson & Öhman, 2010; Isæus, Beltran, Stensland Isæus, Öhman & Andersson-Li, 2022; Langhamer, 2012). Rakenteet houkuttelevat ja suosivat kaloja, jotka löytävät tällaisilta alueilta sekä ravintoa että suojaa. On myös osoitettu, että riuttavaikutus on suurempi, jos alueella on jo alun perin suurempi lajisto.

Tietämys elinympäristömuutoksista ja riuttoihin vaikutuksista Itämerellä on vähäistä, mutta riuttoihin vaikutuksen odotetaan olevan täällä vähäisempi kuin etelämpänä sijaitsevilla alueilla, joilla suolapitoisuus ja lajisto ovat suurempia.

Arvioitu kokonaisalue, johon luontotyyppimuutoksen arvioidaan vaikuttavan, käsittää kaikki perustukset, mukaan lukien eroosiosuojaukset ja kaikki kaapelikäytävät. Näiden pinta-ala on enintään 1,93 neliökilometriä, mikä vastaa vain 0,3 prosenttia hankealueesta. Tämä tarkoittaa sitä, että elinympäristön muutoksen vaikutus arvioidaan olemattomaksi / merkityksettömäksi. Riuttoihin vaikutus merkitsee jonkin verran myönteistä vaikutusta kaloihin.

Kaiken kaikkiaan elinympäristön muutoksen ja riuttoihin vaikutuksen arvioidaan olevan seuraava.
ei mitään/negatiivisesta positiiviseen.

9.2.2.2 Kiintoaine- ja sedimentaatiokertymät, mukaan lukien ympäristömyrkyt.

Kiintoaineen ja sedimentaation vaikutukset kaloihin voivat olla sekä suoria että epäsuoria. Suoria vaikutuksia voivat olla kuolleisuus, sedimenttihiukkasten aiheuttamat fyysiset vauriot kiduksissa ja munakalvoissa sekä psykologinen stressi ja käyttäytymisen muutokset. Välilliset vaikutukset voivat olla yhtä vakavia kuin suorat vaikutukset. Niihin voi kuulua saaliin saatavuuden väheneminen, kasvien vähenemisestä johtuva elinympäristön häviäminen, mikä johtaa petoeläimiltä suojautumisen vähenemiseen. Sedimentaatio voi myös johtaa kutualueita tarjoavien kovien pohjien heikkenemiseen sekä mätimunien ja toukkien peittymiseen sedimentillä, mikä johtaa niiden kuolemaan hapenpuutteen vuoksi. Sameuden ja sedimentaation vaikutus riippuu altistumisen voimakkuudesta ja kestosta. Eri kalalajien stressinsietokyvyllä on kuitenkin merkitystä, samoin kuin sedimentin tyypillä ja luonnollisella taustatasolla.

Pohjakalat kestävät yleensä paremmin sameutta ja sedimentaatiota. Nuoret ja aikuiset kalat ovat myös sietokykyisempiä, koska ne voivat välttää alueita, joilla on suuria kiintoainepitoisuuksia. Kalat sietävät yleensä hyvin sameutta, ja jos ne altistuvat 100 milligrammaa suspendoitunutta kiintoainetta litrassa vettä kahden viikon ajan tai 1000 milligrammaa suspendoitunutta kiintoainetta litrassa vettä enintään 24 tunnin ajan, sillä ei ole juurikaan suoraa vaikutusta elioihin. Sameudelle herkimpiä ovat mätimunat ja toukat, ja kutuaika on siksi kalojen elinkaaren herkin aika. Sameus voi olla sekä tappavaa että haitallista mätimunille, ja se voi johtaa viivästyneeseen tai heikentyneeseen kuoriutumiseen, epämuodostumien yleistymiseen ja kasvun vähenemiseen.

On olemassa jonkinlainen riski, että sedimentissä olevat ympäristömyrkyt leviävät sameuden vaikutuksesta. Sedimentistä mitattujen ympäristömyrkkyjen pitoisuuksien on kuitenkin todettu olevan alhaisia eivätkä ne aiheuta riskiä vaikutuksista pohjakaloihin.

Kasvi

Sigman tuulivoimapuiston rakennusvaiheen aikana sedimenttipitoisuuden arvioidaan olevan yli 1000 milligrammaa litrassa vettä yhteensä yhden tunnin ajan vajaan 22 neliökilometrin alueella, mikä vastaa 3,4 prosenttia koko hankealueesta. Yli kymmenen millimetriä paksun sedimentin laskeuman on laskettu tapahtuvan rakennusaikana yhteensä hieman yli 14 neliökilometrin alueella, mikä vastaa noin kahta prosenttia koko alueesta. Vaikutusalue on suhteellisen pieni, ja kalalajeilla, joiden odotetaan pystyvän kutemaan tällä alueella, on laaja maantieteellinen levinneisyys, mikä tarkoittaa, että vastaavia elinympäristöjä on saatavilla alueen ulkopuolella. Nämä kalalajit on myös luokiteltu elinvoimaisiksi (LC) Ruotsin punaisessa luettelossa. Sedimenttisuspension kautta leviävillä ympäristömyrkyillä ei odoteta olevan merkittävää vaikutusta, koska alueen sedimentissä olevien ympäristömyrkyjen pitoisuudet ovat alhaiset.

Kiintoaineen ja sedimentaation vaikutuksen arvioidaan näin ollen olevan seuraava
ei mitään / vähäinen.

Käytöstäpoisto

Sigman tuulivoimapuiston purkaminen aiheuttaa tietyn määrän suspendoitunutta ainesta ja sedimentaatiota riippuen siitä, kuinka suuri osa tuulivoimapuistosta poistetaan. Jos merikaapelit poistetaan käytöstäpoiston aikana, voidaan olettaa, että sedimentin suspendoituminen ja sedimentaatio saavuttavat samanlaiset tasot kuin rakentamisen aikana, ja vaikutuksen voidaan arvioida olevan rakentamisvaiheen tapaan **olematon tai vähäinen.**

9.2.2.3 Vedenalainen melu

Vedessä ääni etenee kahdella tavalla, hiukkasliikkeenä (m^{-s-2}) ja paineaaltoina (dB). Hiukkasliike heikkenee nopeasti etäisyyden kasvaessa äänilähteestä, kun taas paine-/ääniaallot etenevät pitkiä matkoja ja kalat voivat havaita ne hyvin kaukaa. Kaloilla on yleensä hyvä kyky havaita matalataajuisia ääntä (alle 100 Hz). Ääni voi aiheuttaa kaloille vammoja, ja se vaikuttaa pääasiassa kaasua sisältäviin elimiin, kuten uimarakkoon ja ruoansulatuskanavaan. Herkkyys koville äänille on kuitenkin hyvin lajiriippuvainen ja liittyy kalojen elintapoihin. Esimerkiksi useilla pohjakaloilla, kuten kampelalla, ei ole uimarakkoa, minkä vuoksi ne eivät ole yhtä herkkiä koville äänille. Myös matalat äänet voivat vaikuttaa kaloihin, ja matalien äänien vaikutus on riippumaton siitä, onko lajilla uimarakkoa vai ei.

Vedenalainen melu voi aiheuttaa käyttäytymismuutoksia ja tilapäistä kuulon heikkenemistä, mikä puolestaan voi johtaa kielteisiin vaikutuksiin sekä yksilö- että populaatiotasolla. Ihmisen aiheuttaman melun vaikutuksesta kalayhteisöihin ei kuitenkaan tiedetä paljon, sillä suurin osa tutkimuksista on tehty vankeudessa elävillä kaloilla laboratorio-olosuhteissa.

Kun tutkittiin Sigman tuulivoimapuiston meluvaikutuksia kaloihin, on käytetty silakan kynnysarvoja. Itämeren silakkaa pidetään kuuloasiantuntijana, mikä tarkoittaa, että sen kuulokynnys on matala ja se on siksi herkkä vedenalaiselle melulle. Lisäksi silakka on kaupallisesti tärkeä laji Itämeren kalastukselle, mikä tarkoittaa, että laji on erityisen kiinnostava. Siksi on yleinen käytäntö käyttää Itämeren silakkaa kohdelajina kehitettäessä pahimman tapauksen skenaarioita vedenalaisen melun vaikutusten arvioimiseksi. Ruotsalaisia ohjeita ja kynnysarvoja ei kuitenkaan ole, minkä vuoksi on käytetty Poppersin ja muiden tutkimusraportista (Popper, et al., 2014) saatuja kynnysarvoja PTS:lle (pysyvä kynnys siirtymä) ja TTS:lle (väliaikainen kynnys siirtymä). Myös Ruotsin ympäristöviraston raportissa 6723 ehdotetaan, että haitallisia äänitasoja (PTS) voidaan käyttää meluvaikutusten arvioinnissa (Andersson, et al., 2016). TTS:ää, johon voi liittyä tilapäistä kuulon heikkenemistä ja käyttäytymismuutoksia, kuten pakenemiskäyttäytymistä, ei kuitenkaan käytetä vuonna

Ruotsin ympäristönsuojeluviraston raportti, koska vaikutukset riippuvat eri lajien erityisestä herkkyydestä taajuudelle ja äänen voimakkuudelle. Eri kynnysarvot on esitetty taulukossa 9-4.

Turskaa ja kilohailia, joiden kuulo on samankaltainen kuin silakan, koskevat tutkimukset osoittavat, että ne reagoivat paalutusmeluun ja siirtyvät pois melulähteestä. On myös tutkimuksia, jotka osoittavat, että kalat eivät poistu korkealle melutasolle altistuvilta alueilta, jos alue on arvokas niiden selviytymisen tai lisääntymisen kannalta. Lisäksi mätimunilla ja toukilla ei ole lainkaan tai on hyvin rajallinen kyky paeta korkeilta melutasoilta, mikä tekee niistä erityisen haavoittuvia (Andersson, et al., 2016).

Taulukko 9-4. Taulukossa esitetään lajikohtaiset kynnysarvot hetkellisille ja kumulatiivisille äänille indikaattorilajeille silakka/karppi.

Laji	TTS	TTS kumulatiivinen	PTS	PTS kumulatiivinen
Silli ja kilohaili	Lpeak 206 dB re 1 uPa	SELcum 186 dB re 1 uPa ²	Lpeak 207 dB re 1 uPa ² s	SELcum 203 dB re 1 uPa ² s

Kasvi

Meluarviointi osoittaa, että ilman melun lieventämistoimenpiteitä silakoille pysyviä vaurioita aiheuttavat äänitasot ulottuvat 3-4,9 kilometrin päähän melulähteestä. Samassa skenaariossa tilapäistä vahinkoa aiheuttavat äänitasot ulottuvat 90-103 kilometrin päähän lähteestä. Yhtiö sitoutuu toteuttamaan meluntorjuntatoimenpiteitä, jotka vastaavat kaksoiskuplaverhon (DBBC) tarjoamaa melunvaimennusta monopile-paalujen lyönnin aikana. Toinen suojatoimenpide on paalujen lyönnin aloittaminen pehmeästi, niin sanottu pehmeä käynnistys, ja sen lisääminen asteittain *rampausvaiheessa*, jolloin lähellä olevat kalat pääsevät pakenemaan melua. Jos pakonopeus on 1,5 m/s, kalat voivat uida 2,7 kilometriä 30 minuutissa.

Taulukossa 9-5 esitetään tulokset kalojen osalta kahdessa tapauksessa: ilman lieventämistoimenpidettä ja lieventämistoimenpiteen kanssa, joka vastaa lähteen melun vähentämistä kaksinkertaisen kuplaverkon avulla.

Taulukko 9-5. Kaloja koskevien laskelmien tulokset Sigma North- ja Sigma South -pisteiden osalta ilman vaimennusta ja kaksinkertaista kuplaverkkoverhoa (DBBC) vastaavan vaimennuksen kanssa.

Vertailuarvo	Vaikutuksen tyyppi	Pisin etäisyys (kilometreinä), jolla ohjearvo ylittyy.	
		Vaimentamaton	DBBC
Sigma North			
SELcum186	TTS	90,4	<1
SELcum 203	PTS	4,9	<1
Lpeak 206	TTS	1,2	<1
Lpeak 207	PTS	<1	<1
Sigma South			
SELcum 186	TTS	103,2	<1
SELcum 203	PTS	3,0	<1
Lpeak 206	TTS	1,1	<1

Lpeak 207	PTS	<1	<1
-----------	-----	----	----

Vaikutusten arvioinnissa keskitytään pääasiassa silakkaan ja sen kutuun, koska sitä esiintyy yleisesti hankealueella ja sillä on suuri merkitys kaupalliselle kalastukselle. Tutkimukset osoittavat, että lajin reaktiokynnys on korkeampi kutuaikana ja että se ei käyttydy alusten melusta pakenevasti samalla tavalla kuin tavallisesti (Skaret, Axelsen, Nøttestad, & Fernö, 2005). On päätelty, että silakan lisääntymisvaisto on tärkeämpi kuin vaaraa välttävä pakokäyttäytyminen.

Jos melunvaimennustoimenpide vastaa kaksinkertaisen kuplaverkon tarjoamaa äänenvaimennusta, kynnysarvo ei ylitä yli kilometrin päässä paalusta. Näin ollen kynnysarvot eivät ylitä Eyrstrasalt Bankin mahdollisella kutualueella, joka sijaitsee 20 kilometrin päässä.

Kun käytetään pehmeää käynnistystä ja ramppia ja kaloilla on aikaa siirtyä pois paalutusalueelta, kalat eivät altistu kynnysarvot ylittävälle melutasoille.

Vaikutuksen arvioidaan näin ollen **olevan olematon tai vähäinen**.

Drift

Suoritetut vedenalaiset akustiset laskelmat osoittavat, että Sigman tuulipuiston äänipäästöt eivät ylitä erityisesti aaltoliikkeen aiheuttamaa taustamelua. Aallokkoääni voidaan mahdollisesti havaita vedenpinnan alapuolella matalalla tai tavanomaisella tuulella, jolloin äänitasot ovat alhaisia tai tuskin havaittavissa. Tämän perusteella ajalehtimismelun ympäristövaikutukset arvioidaan **olemattomiksi tai merkityksettömiksi**.

Käytöstäpoisto

Tuulipuiston käytöstä poistamisen aiheuttamia melutasoja ei tässä vaiheessa tiedetä. Syntyvä vaikutus riippuu menetelmän ja teknologian valinnasta sekä laajuudesta. On todennäköistä, että rakennusvaiheen pahinta mahdollista tilannetta (monopileiden paalutus) vastaavia melutasoja ei saavuteta. Jos vastaavanlaisia melutasoja esiintyy, ryhdytään vastaaviin meluntorjuntatoimenpiteisiin. Ympäristövaikutusten arvioidaan näin ollen olevan samat kuin rakennusvaiheen osalta, eli **vähäiset**.

9.2.2.4 Sähkömagneettiset kentät

Sähkömagneettiset kentät voivat vaikuttaa esimerkiksi kalojen ravinnonhankintaan, orientoitumiseen ja ympäristön havainnointiin, kuten petojen havaitsemisen peittämiseen (Tricas & Gill, 2011).

Kolme tekijää määrittää, missä määrin jännitteisten kaapeleiden sähkömagneettisille kentille altistuminen vaikuttaa kaloihin. Nämä tekijät ovat kaapelissa kulkeva virta, kaapelin rakenne ja kalan ja kaapelin välinen etäisyys. Sähkömagneettinen kenttä pienenee nopeasti etäisyyden kasvaessa, mutta myös kaapelin eristys vähentää sitä. Tämä tarkoittaa, että kaapelin sijoittaminen merenpohjaan toimii suojaavana toimenpiteenä vesieliöille. Yhden metrin etäisyydellä kentän voimakkuus on noin 15 µT, ja se laskee lähes nollaan kymmenen metrin etäisyydellä (tekninen kuvaus, hakemuksen liite 2b).

Kalat, jotka ovat evolutiivisesti sopeutuneet havaitsemaan maapallon staattisen magneettikentän, eivät pysty havaitsemaan sähkömagneettisia kenttiä, joiden taajuudet ovat tyypillisiä vaihtovirtakaapeleissa (50 Hz). Tämä tarkoittaa, että vaihtovirtakaapeleilla on vain vähän tai ei lainkaan vaikutusta kalojen käyttäytymiseen. Kuitenkin

tasavirtakaapeleiden sähkömagneettiset kentät muistuttavat enemmän maan staattisia sähkömagneettisia kenttiä, mikä tarkoittaa, että kalat, joilla on magneettisesti herkäät aistielimet, voivat havaita kentät, mutta ne eivät vaikuta niihin merkittävästi (Snyder, Bailey, Palmquist, Cotts, & Olsen, 2019).

Niistä kaloista, joilla on magneettikenttiä aistivia elimiä, on tutkittu lähinnä vaelluskaloja. Useita lohikalalajeja on tutkittu poikasvaiheesta aikuisvaiheeseen, eikä sähkömagneettisten kenttien vaikutuksia ole havaittu (Kavet, Wyman, & Klimley, 2016; Snyder, Bailey, Palmquist, Cotts, & Olsen, 2019; Wyman, ym., 2018). Joitakin vaikutuksia varhaisiin kehitysvaiheisiin, kuten mätimuniin ja toukkiin, on osoitettu, mutta Perämerellä tavataan kuitenkin vain aikuisia lohikaloja, joten nämä tulokset eivät ole merkityksellisiä tässä yhteydessä (Fey, ym., 2019).

Pelagisten lajien, kuten silakan, kilohailin, siian tai tuulen kalan, ei odoteta kärsivän sähkömagneettisista kentistä, olivatpa ne sitten vaihto- tai tasavirtaa. Vaikutuksen arvioidaan sen vuoksi olevan **olematon tai vähäinen**.

Pohjaeläinlajeista ei ole riittävästi tietoa, varsinkaan niistä, joilla ei ole kaupallista arvoa. Tämä tarkoittaa, että kampelaa, pitkävarista piikkikampelaa, miekkakalaa ja merilevää koskevien lajien arviointi on hieman epävarmempi. Sähkömagneettisten kenttien vaikutusta näihin lajeihin pidetään kuitenkin **vähäisenä**.

9.2.2.5 Kumulatiiviset vaikutukset

Kumulatiivisten vaikutusten arvioinnissa oletetaan, että lähialueelle suunnitellut tuulipuistot rakennetaan taulukossa 6-5 . esitettyjen aikataulujen mukaisesti. Jos kaikki nämä tuulipuistot perustetaan suunnitelmien mukaisesti, tämä tarkoittaa, että rakennustöitä tehdään suhteellisen rajatulla Perämeren alueella kahdeksan tai yhdeksän vuoden ajan.

Luontotyyppien muuttumisen ja riuttoihiin vaikutusten on arvioitu **olevan vähäisiä tai olemattomia** kaikkien alueen puistojen osalta, eikä kumulatiivisia vaikutuksia odoteta esiintyvän. Tämä koskee myös kalastuspaineen vähenemistä, joka johtaa eloonjäämisen lisääntymiseen alueella. Kalastuksen pienen mittakaavan vuoksi eloonjäämisen ei odoteta lisääntyvän merkittävästi.

Sigman voimalan aiheuttama sameusvaikutus ei ulotu Itämeren silakan potentiaaliselle kutualueelle Eysrasalt Bankissa, joten kumulatiivista vaikutusta ei odoteta.

Vedenalaisen melun osalta on todettu, että Sigman melu saattaa päästä kutualueelle Eysrasalt Bankissa, mutta vaikutus arvioidaan **vähäiseksi**. Päällekkäisyys lyhentää vaikutusten esiintymisaikaa, mikä on myönteistä.

Sähkömagneettisilla kentillä ei odoteta olevan kumulatiivisia vaikutuksia kaloihin.

9.2.3 Suojatoimenpiteet

Perustuksia rakennettaessa on käytettävä tarvittavia äänenvaimennustoimenpiteitä, jotta vedenalainen melu ei ylitä silakan tai hylkeen TTS-tasoa 1000 metrin etäisyydellä äänilähteestä. Tämä vastaa vaimennusvaikutusta, joka saavutetaan käyttämällä kaksoiskuplaverhoja (DBBC) paalutettaessa monopileja. Lisäksi paalutus aloitetaan pehmeällä käynnistyksellä ja rampausjaksolla, jolloin iskuvoima on aluksi pienempi ja kasvaa vähitellen täyteen voimakkuuteen vähintään 30 minuutin ajan. Vedenalaisen melun vaikutusten arvioinnissa on otettu huomioon nämä lieventämistoimenpiteet.

9.2.4 Seuraukset

Elinympäristön muutoksella ja riuttoihiin vaikutuksella **ei ole / merkityksetön, positiivisiin**. Hankealueella on alhainen lajistollinen monimuotoisuus ja siten **alhainen arvo**, mikä tarkoittaa, että elinympäristömuutoksen ja riuttavaikutuksen kokonaisvaikutukset on arvioitu **Ei ole / merkityksetön, positiivisiin**. Arvioinnin varmuus on **kohtalainen**, koska on epävarmaa, kuinka suuri riuttovaikutus on.

Sedimentin suspendoitumisella ja sedimentaatiolla, mukaan lukien ympäristömyrkyt, **ei ole** arvioitu **olevan mitään tai vähäistä** vaikutusta alueen kaloihin sekä rakennus- että käytöstäpoistovaiheessa. Yhdessä sen kanssa, että ympäristönäkökulman on arvioitu olevan alueella **vähäinen**, tämä merkitsee, että kaloihin **ei kohdistu mitään/merkittäviä** seurauksia. Arvioinnissa on **suuri** varmuus tieteellisten tutkimusten ja paikkakohtaisen mallintamisen ansiosta.

Rakennus- ja käytöstäpoistovaiheen aikana vedenalaisen melun vaikutuksen arvioidaan olevan **olematon tai vähäinen**. Hankealueella arvioidaan olevan **vain vähän arvoa** kaloille. Tämä yhdessä tarkoittaa sitä, että vedenalaisella melulla **ei** arvioida **olevan mitään/niukkaa** vaikutusta. Vedenalainen melu ei vaikuta silakan kutualueeseen Eystrasalt Bankissa, jossa ympäristönäkökulman arvo arvioidaan **kohtalaiseksi**.

Vedenalaisella melulla silakan kutuun tällä alueella **ei** näin ollen arvioida **olevan lainkaan tai olevan vähäinen** vaikutus. Toimintavaiheen aikana melulla **ei** arvioida olevan **mitään/niukkaa** vaikutusta, joten vaikutukset ovat **vähäisiä/ei lainkaan**.

Näiden arvioiden varmuus on **suuri**, koska ne perustuvat paikkakohtaisiin laskelmiin.

Sähkömagneettisilla kentillä **ei arvioida olevan lainkaan/vain vähäistä** vaikutusta pelagisiin kaloihin, mikä yhdessä **pienen** arvon kanssa johtaa siihen, **että** seurauksia **ei ole/vain vähäisiä**. Pohjakalojen osalta vaikutus arvioidaan **pieneksi**, mikä puolestaan johtaa **merkityksettömiin** seurauksiin. Arvioinnin varmuutta pidetään **kohtalaisena**, koska pohjakaloihin kohdistuviin vaikutuksiin liittyy epävarmuustekijöitä.

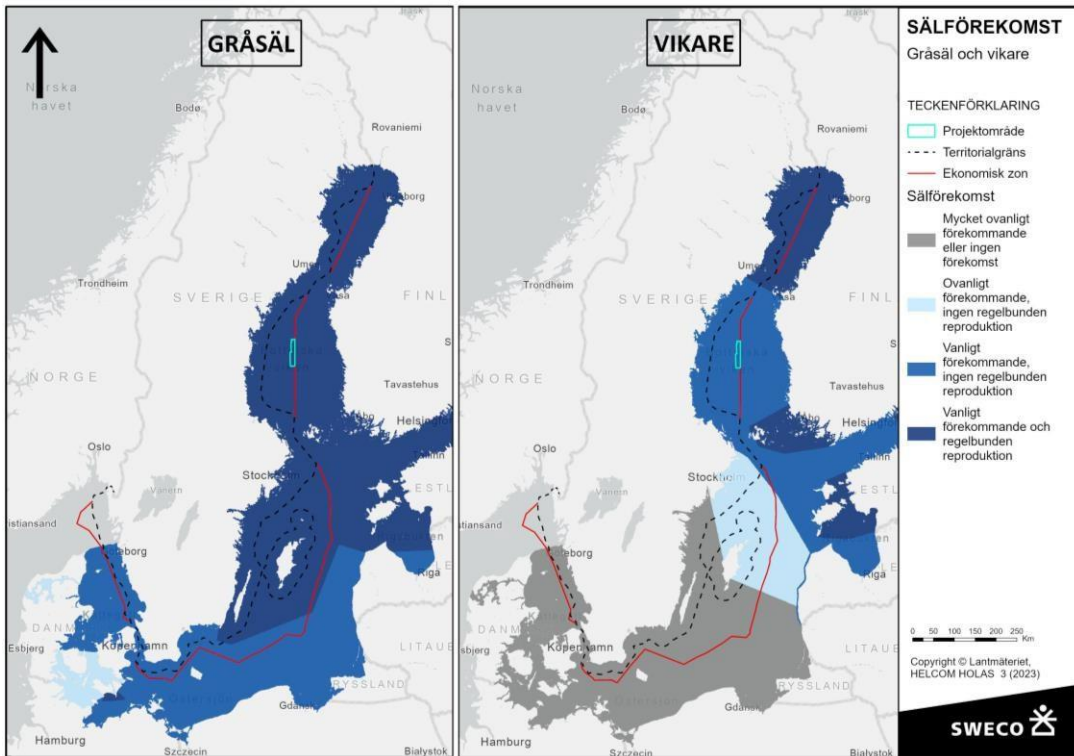
Kun otetaan huomioon kaikki Sigman lähialueelle suunnitellut tuulivoimalat, kumulatiivisia vaikutuksia **ei** odoteta syntyvän **lainkaan tai ne ovat merkityksettömiä**, joten vaikutukset **ovat merkityksettömiä tai merkityksettömiä**.

9.3 Merinisäkkäät

Pelagia on tehnyt meribiologisen tutkimuksen, johon tämä osa perustuu. Tutkimus löytyy kokonaisuudessaan liitteestä 7. Taustaselvityksen tekemisen jälkeen Statkraft on hyväksynyt uuden biologista monimuotoisuutta koskevan strategian, minkä vuoksi suojelutoimenpiteiden kunnianhimoa on nostettu. Jäljempänä esitetyjä arvioita on mukautettu vedenalaisen melun lisääntyneiden suojelutoimenpiteiden perusteella, eivätkä ne siksi ole täysin yhdenmukaisia liitteessä 7 esitettyjen arvioiden kanssa.

9.3.1 Nykytilanteen kuvaus

Hankealueella esiintyy sekä harmaahylkeitä (*Halichoerus grypus*) että rengashylkeitä (*Pusa hispida*), jotka ovat kaksi neljästä Itämeren merinisäkkäästä. Molemmat lajit on luokiteltu vuoden 2020 punaisella listalla elinvoimaisiksi (LC) (SLU Artdatabanken, 2020), ja harmaahylkeen populaatiokehitys on myös positiivinen Perämerellä, Perämerenlahdella ja Norra Kvarkenissa (SwAM, 2019). HELCOMin viimeisimmän merinisäkkäiden levinneisyyttä koskevan koosteen mukaan sekä harmaahylkeitä että rengasmerkkihylkeitä esiintyy Perämerellä (HELCOM, 2023), ks. kuva 9-3, minkä vuoksi suunnitellut toiminnot voivat mahdollisesti vaikuttaa niihin.

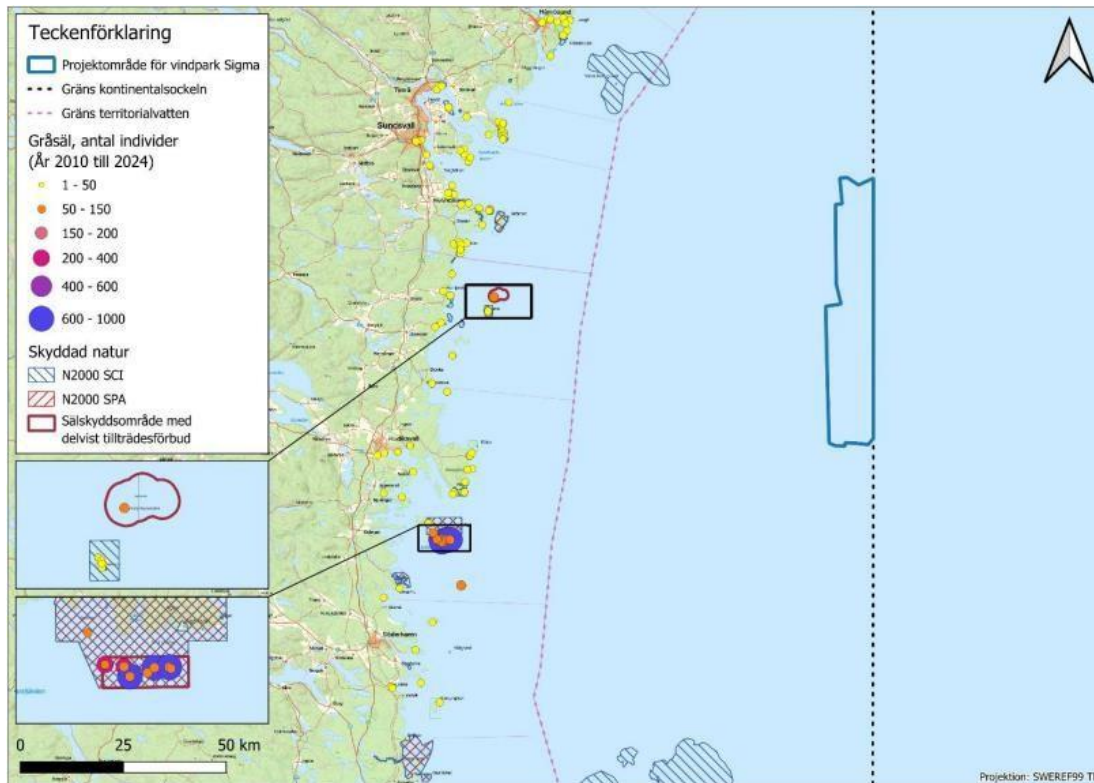


Kuva 9-3. Harmaaahylkeiden ja rengastiivisten hylkeiden levinneisyys HELCOMin viimeisimmän arvioinnin mukaan. Siniset sävyt osoittavat vaaleasta tummiin sävyihin lisääntyvää runsautta, ja jos tummat alueet osoittavat myös lisääntymisaluetta (HELCOM, 2023).

Artportalenissa ja Suomen Artdatcenterissä on kirjattu useita havaintoja harmaaahylkeistä vuosien 2010 ja 2024 välillä Ruotsin ja Suomen rannikolla useimpina kuukausina vuodesta (Artportalen, 2024); (Artdatcenter, 2024), ks. kuva 9-4.

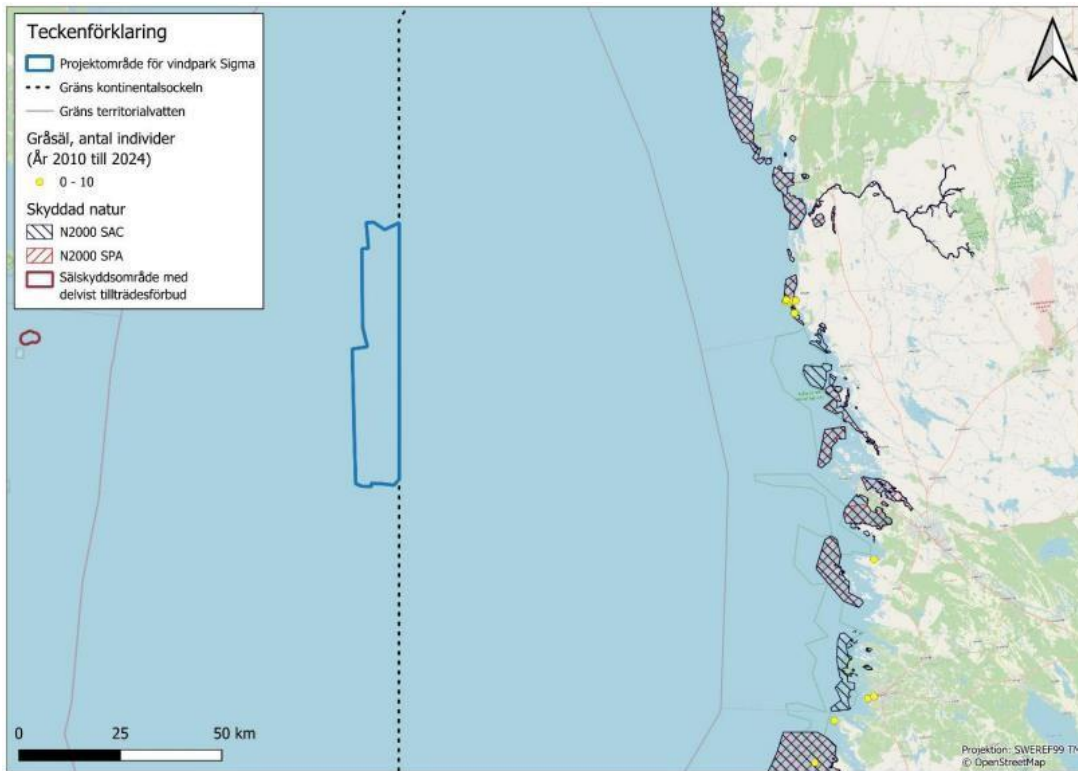
Ruotsin kansallisen ympäristöseurannan mukaan Ruotsin rannikolla hankealueen korkeudella on kolme aluetta, jotka on nimetty harmaaahylkekannan kannalta tärkeiksi ja arvokkaiksi elinympäristöiksi; *Lillgrundin hylkeensuojelualue* noin 80 kilometriä hankealueesta länteen, *Agön-Kråkönin luonnonsuojelualue* ja siihen liittyvä *Tihällanin hylkeensuojelualue* noin 90 kilometriä hankealueesta länteen.

Gävlen ulkopuolella, noin 130 kilometriä hankealueesta länteen sijaitseva *Lövgrunds rabbarin* hylkeidensuojelualue on myös tunnetusti tärkeä harmaaahylkeiden esiintymisalue (SMHI, 2024).



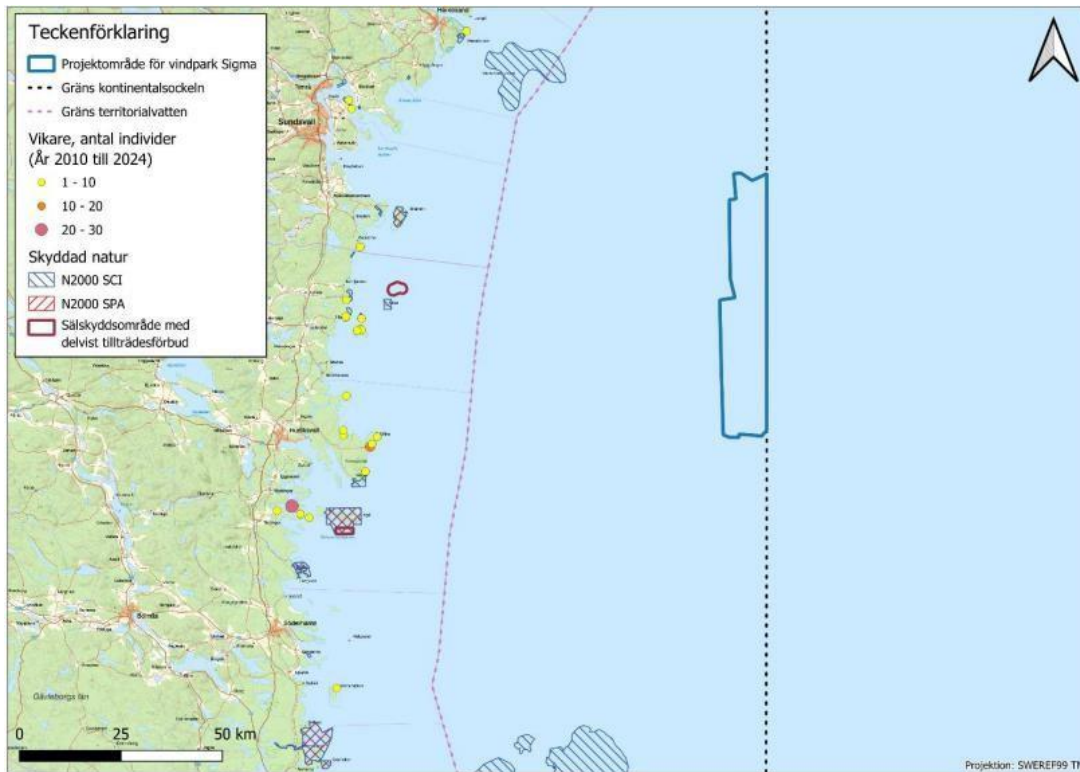
Kuva 9-4. Harmaaahylkeiden rekisteröidyt havainnot Artportalenin mukaan vuosina 2010-2024 ja Ruotsin kansallisen ympäristöseurannan tiedot, joissa havaittujen yksilöiden kokonaismäärä ajanjaksolla on esitetty kartalla koon ja värin avulla. Punaisella kehyksellä merkityt hylkeiden suojelualueet ovat harmaaahylkeille tärkeiksi määritettyjä alueita Sigman tuulipuiston hankealueen korkeudella sijaitsevalla rannikkoalueella. Kuvalähde: Liite 7 Meribiologiset tiedot ja vaikutusten arviointi.

Vastaavana ajanjaksona Artportalenille vuosina 2010-2024 raportoitujen havaintojen osalta harmaaahylkeiden havainnot Suomessa on kirjattu Kristiinankaupungin ja Uudenkaupungin saaristossa, jotka sijaitsevat noin 95 kilometriä hankealueesta itään ja 130 kilometriä hankealueesta kaakkoon. Uudenkaupungin saaristossa sijaitseva kohde Södra Sandbäck on nimetty hylkeille tärkeäksi kohteeksi ja myös kannan kannalta arvokkaaksi hylkeiden suojelualueeksi (LUKE, 2024), ks. kuva 9-5.



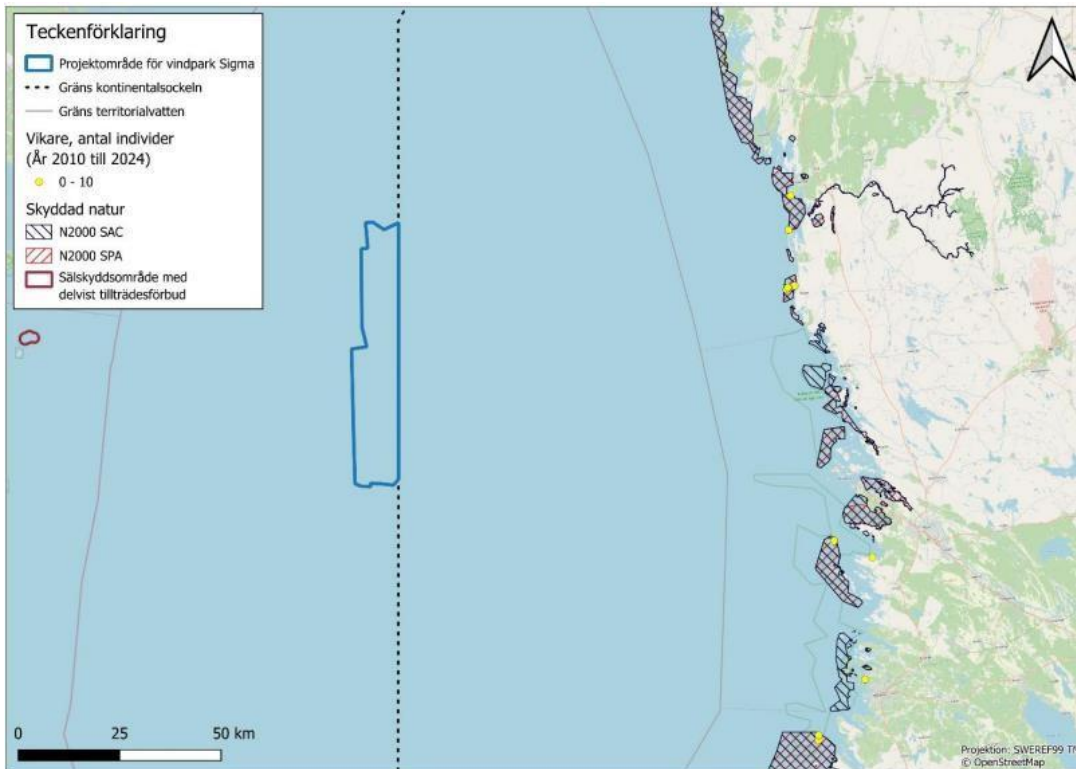
Kuva 9-5. Lajitietokeskuksen rekisteröimät harmaahylkeiden havainnot vuosina 2010-2024, joissa ajanjaksolla havaittujen yksilöiden kokonaismäärä on esitetty kartalla koon ja värin avulla. Kuvalähde: Liite 7 Meribiologiset tiedot ja vaikutusten arviointi.

Artportalenille on raportoitu havaintoja saimaannorpista vuosittain vuosina 2010-2024 (Artportalen, 2024), ks. kuva 9-6. Havainnot jakautuvat pitkin Ruotsin rannikkoa hankealueen korkeudella, ja niitä raportoidaan ympäri vuoden.



Kuva 9-6. Artportalenin raporttien havaintojen mukaiset rekisteröidyt saimaannorppahavainnot vuosina 2010-2024 Ruotsin rannikon rannikkoalueilla hankealueen korkeudella, suojelualueet merkitty karttaan.

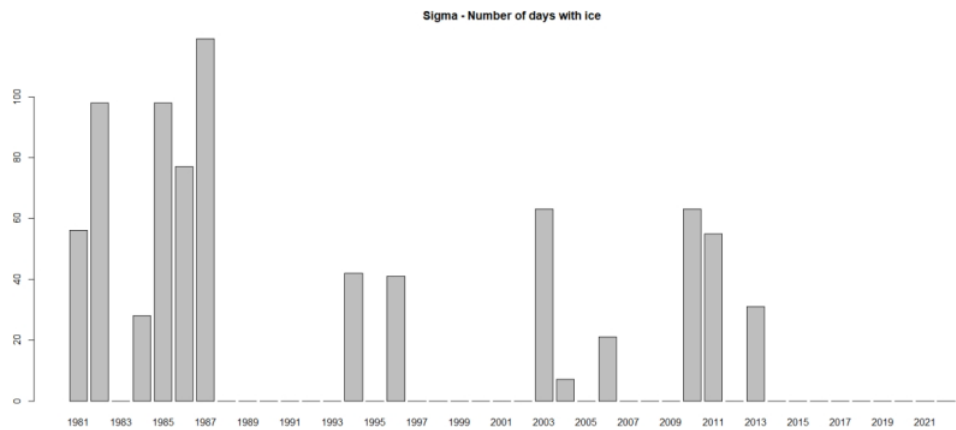
Suomen Lajitietokeskuksen raporttien mukaan yksittäisistä rengasmerihylkeistä on samalta ajanjaksolta muutamia havaintoja Kristiinankaupungin saariston ja Uudenkaupungin saariston alueilta, ja kaikki havainnot on kirjattu Suomen rannikolla hankealueen kohdalla tai sen eteläpuolella (Lajitietokeskus, 2024), ks. kuva 9-7.



Kuva 9-7. Lajitietokeskukselta raportoitujen havaintojen mukaiset kirjatut saimaannorppahavainnot vuosina 2010-2024 Suomen rannikon rannikkoalueilla Sigman tuulivoimapuiston hankealueen korkeudella, suojelualueet merkitty karttaan.

Sigman tuulivoimapuiston länsirajan läheisyyteen suunnitellun Eystrasaltin tuulivoimapuiston alueella tehdyssä eDNA-tutkimuksessa on havaittu sekä harmaahylkeitä että rengashylkeitä. Harmaahylkeitä havaittiin molemmilla näytteenotto-kerroilla (kesäkuussa ja syyskuussa) sekä matalammilla että syvemmillä alueilla. Merihylkeitä havaittiin vain yhdellä näytteenottokerralla (syyskuussa), mutta se vahvistaa kuitenkin, että Eystrasaltin hankealueen läheisyydessä on ollut merihylkeitä (Skyborn Renewables, 2023). Nämä havainnot yhdessä viittaavat siihen, että molemmat lajit esiintyvät Sigman tuulipuiston hankealueella.

Sekä harmaahylkeet että merihylkeet käyttävät talvella merijäätä, ja merihylkeet ovat erityisen riippuvaisia vakaasta merijäädästä lisääntymisen ja karvanvaihdon onnistumiseksi (Swedish EPA, 2011). Sigman tuulivoimapuiston hankealueella dokumentoitujen merijään esiintymisen ja keston mukaan merijään kesto on vähentynyt 1980-luvulta lähtien (Sondell, 2024), ks. kuva 9-8. Vakaan merijään puuttuminen hankealueelta vähentää todennäköisyyttä, että hylkeet käyttävät aluetta talvella lisääntymiseen.



Kuva 9-8. Jääpäivien määrä Sigman tuulipuistossa vuosina 1981-2022 (Sondell, 2024). Kuvalähde: Liite 7 Meribiologiset tiedot ja vaikutusten arviointi.

Edellä esitetyn perusteella voidaan arvioida, että Sigman tuulipuiston hankealue ei ole hyljekannalle erityisen tärkeä alue. Kun otetaan huomioon, että sekä harmaahylkeet että saimaannorpat käyttävät usein matalampia alueita ja lähempänä rannikkoa sijaitsevia alueita sekä ravinnonhankintaan että uloskasvattamiseen, arvio siitä, että hankealue ei ole hylkeille tärkeä alue, vahvistuu. Eysstrasalt Bankin matalien alueiden läheisyys lisää kuitenkin todennäköisyyttä, että hylkeet etsivät ruokaa ja liikkuvat Sigman tuulipuiston hankealueella.

Yksittäiset yksilöt voivat siis käyttää hankealuetta, mutta sillä ei katsota olevan juurikaan arvoa harmaahylje- ja rengasrannikkopopulaatioille.

Edellä mainittuja rannikolla sijaitsevia suojeltuja haulontapaikkoja ja hylkeiden suojelualueita pidetään harmaahyljekannan kannalta **erittäin arvokkaina**. Kaikki nämä alueet sijaitsevat 80-130 kilometrin päässä hankealueesta sekä Suomen että Ruotsin rannikolla.

9.3.2 Vaikutukset

Tuulivoimapuiston perustamisella voi olla erilaisia vaikutuksia alueen merinisäkkäisiin. Taulukossa 9-6 on yhteenveto vaikutuksista ja niiden esiintymisajankohdista

Taulukko 9-6. Taulukossa esitetään yhteenveto odotettavissa olevista ympäristövaikutuksista ja niiden esiintymisvaiheista.

Ympäristövaikutukset	Rakentaminen	Drift	Käytöstäpoisto
Elinympäristön muutos ja riuttoihin vaikutus		x	
Kiintoaineepitoisuus ja sedimentaatio	x		x
Vedenalainen melu	x	x	x

9.3.2.1 Elinympäristön muutos ja riuttoihin vaikutus

Tutkimukset osoittavat, että hylkeet käyttävät tuulipuistoja toiminnan aikana ruokailualueina (Russell, ym., 2014; Russell, ym., 2016). Koska hylkeiden on havaittu esiintyvän viereisellä Eysstrasin suolapenkereellä, ei ole epätodennäköistä, että ne käyvät ruokailemassa myös Sigman tuulipuiston alueella. Koska Sigman tuulivoimapuiston hankealueella on riuttavaikutuksia, jotka voivat mahdollisesti johtaa siihen, että

hieman myönteinen vaikutus kalakantojen kehitykseen, mikä saattaa houkutella hylkeitä seuraamaan saalista. Elinympäristön muutoksilla ja riuttoiin vaikutuksilla ei arvioida olevan hylkeiden populaatiotasolla mitään tai vähäistä vaikutusta.

9.3.2.2 Kiintoainepitoisuus ja sedimentaatio

Rakentaminen ja käytöstä poistaminen

Hylkeet ovat kehittyneet käyttämään näköä, kosketusta ja kuuloa ravinnonhankinnassaan. Tämä tarkoittaa sitä, että kun hylkeet etsivät ravintoa vesillä, joilla on huono näkyvyys, ne kompensoivat heikentynyttä näkökykyä kuulolla ja tuntoaistilla, mikä on hyödyllistä, kun ne etsivät ravintoa sameissa rannikkovesissä. Lisäksi ne voivat siirtyä vesialueille, joilla on vähemmän sameutta. Hylkeiden ei odoteta käyttävän aluetta usein, ja sameuden vaikutus on lyhytaikainen. Sen vuoksi suspendoituneen kiintoaineen ja sedimentaation vaikutus hyljekantoihin arvioidaan olemattomaksi/merkityksettömäksi.

9.3.2.3 Vedenalainen melu

Rakentaminen

Paalutus tuottaa kovia impulssiääniä, jotka voivat vaikuttaa alueen merinisäkkäisiin. Eri lajeilla on erityyppiset kuuloelimet ja erilainen herkkyys. Merinisäkkäiden indikaattorilajeina on käytetty rengashylkeitä ja harmaahylkeitä. Laskelmat on tehty hylkeiden osalta taajuuspainotettuna (SELcum,pcw), ja ne on tehty olettaen, että paalutusta edeltää pehmeä käynnistys ja 30 minuutin ramppi ennen kuin täysi iskuvoimakkuus saavutetaan. Hylkeiden oletetaan pystyvän uimaan 1,5 metrin sekuntinopeudella, mikä tarkoittaa, että välittömässä läheisyydessä olevat hylkeet voivat uida 2,7 kilometriä 30 minuutissa, joka kuluu täyden iskuvoiman saavuttamiseen.

Korkea melutaso voi aiheuttaa eläimissä käyttäytymismuutoksia, kuten välttämiskäyttäytymistä, mutta myös tilapäistä (TTS) tai pysyvää (PTS) kuulon heikkenemistä. Näitä käsitteitä on käytetty kynnystasoina paalutuksen vaikutuksia arvioitaessa. Käyttäytymiseen kohdistuville vaikutuksille ei kuitenkaan ole olemassa kynnysarvoja. Se voi vaihdella yksilötasolla, ja siihen vaikuttavat myös muut tekijät, minkä vuoksi vaikutusten arviointi väestötasolla on vaikeaa. Harmaa- ja satamahylkeillä tehdyt tutkimukset, jotka liittyvät vaimentamattomiin paalutuksiin, osoittavat alueen välttelyä jopa 25 kilometrin etäisyydellä (Russel, et al., 2016) sekä muuttunutta käyttäytymistä toiminnan keskeyttämisen muodossa jopa 36 kilometrin etäisyydellä äänilähteestä (Aarts, Brasseur, & Kirkwood, 2018). Tougaard on analysoinut näitä tutkimuksia ja laskenut äänitasot, joilla käyttäytymismuutoksia havaittiin (Tougaard, 2021). Nämä äänitasot (painottamaton SELss) olivat 133 dB harmaahylkeillä ja 142-151 dB satamahylkeillä.

Taulukossa 9-7 esitetään yhteenveto eri indikaattorilajien kynnystasoista. Huomattakoon, että hylkeiden kohdalla ekvivalentteihin äänitasoihin sovelletaan painotusta, jolla otetaan huomioon hylkeiden kuulo; tätä painotusta kutsutaan PCW:ksi (phocid carnivores in water).

Taulukko 9-7. Taulukossa esitetään lajikohtaiset kynnysarvot hetkellisille ja kumulatiivisille äänille indikaattorilajeille harmaahylkeelle ja norpalle.

Laji	TTS	TTS kumulatiivinen	PTS	PTS kumulatiivinen
Harmaahylkeet ja rengashylkeet	Lpeak 212 dB re 1 uPa	SELcum,pcw 170 dB re 1 uPa²	Lpeak 218 dB re 1 uPa²s	SELcum,pcw 185 dB re 1 uPa²s

Laskennan tulos osoittaa enimmäisetäisyydet paalusta, joilla kynnysarvot ylittyvät. Tämä tarkoittaa, että jos merinisäkkäitä on näiden etäisyyksien sisällä, kuulovaikutuksia voi esiintyä.

Taulukossa 9-8 esitetään tulokset merinisäkkäiden (harmaahylkeet ja rengashylkeet) osalta kahdessa tapauksessa: ilman vaimennusta ja vaimennustoimenpiteellä, joka vastaa lähdeäänien vähentämistä kaksinkertaisella kuplaverkolla.

Taulukko 9-8. Merinisäkkäitä koskevien laskelmien tulokset Sigma North- ja Sigma South -pisteiden osalta. Jos ohjearvo alittuu jo lähteellä, se on merkitty -merkillä.

Vertailuarvo	Vaikutuksen tyyppi	Pisin etäisyys (kilometreinä), jolla ohjearvo ylittyy.	
		Vaimentamaton	DBBC
Sigma North			
SELcum,PCW 170	TTS	43,9	<1
Lpeak 212	TTS	<1	<1
SELcum,PCW 185	PTS	3,0	<1
Lpeak 218	PTS	<1	-
Sigma South			
SELcum,PCW 170	TTS	51,0	<1
Lpeak 212	TTS	<1	<1
SELcum,PCW 185	PTS	3,0	-
Lpeak 218	PTS	<1	-

Tehtyjen laskelmien mukaan paalutustyöt ilman meluntorjuntatoimenpiteitä aiheuttavat melutasoja, jotka voivat aiheuttaa PTS:ää kolmen kilometrin etäisyydellä ja TTS:ää 44-51 kilometrin etäisyydellä. Yhtiö sitoutuu toteuttamaan melunvaimennustoimenpiteitä, jotka vastaavat kaksoiskuplaverhon (DBBC) tarjoamaa melunvaimennusta paalutettaessa monopaalipaaluja. Tällä toimenpiteellä raja-arvot ylittyvät enintään kilometrin säteellä paalutuksesta.

Toinen suojatoimenpide, joka toteutetaan, on paalutustyön aloittaminen pehmeästi, niin sanottu pehmeä käynnistys, ja sen lisääminen vähitellen ramp-upin aikana, jolloin läheisyydessä olevat tiivisteet voivat välttyä melulta. Paalutustyön alkaessa lähistöllä olevat hylkeet ehtivät uida 2,7 kilometrin matkan ylöspäin, joten hylkeet eivät altistu raja-arvot ylittävälle melutasolle.

Paalutustyöt kestävät enintään viisi tuntia paalua kohti, mikä on suhteellisen lyhyt aika. Vedenalaisen melun vaikutus merinisäkkäisiin arvioidaan sen vuoksi vähäiseksi tai olemattomaksi hankealueella.

Laskelmat on tehty myös hylkeille tärkeillä alueilla, Agön-Kråkönin ja Granin Natura 2000 -alueilla esiintyville äänitasoille. TTS- ja PTS-kynnysarvojen ei ennusteta ylittyvän näillä alueilla ilman lieventäviä toimenpiteitä. Kaksinkertaista kuplaverhoa vastaavan vaimennuksen ansiosta melutasot ovat huomattavasti alhaisemmat. Agön-Kråkönille on laskettu 122 dB:n ja Granille 127 dB:n äänitasot (SELss), jotka ovat huomattavasti alhaisempia kuin Tougaardin laskemat äänitasot käyttäytymismuutoksia varten. Näiden äänitasojen vaikutusta yksilöihin ja populaatioihin on kuitenkin vaikea arvioida ilman käyttäytymiseen kohdistuvien vaikutusten vahvistettuja kynnysarvoja. Kynnysarvojen puuttuessa

ylittyy, käyttäytymiseen kohdistuvia vaikutuksia ei odoteta esiintyvän ja paalutus tapahtuu suhteellisen lyhyen ajan kuluessa, vaikutukset tärkeillä hyljealueilla arvioidaan **olemattomiksi tai merkityksettömiksi**.

Drift

Sigman tuulivoimapuiston toimintavaiheessa aiheuttamien äänien arvioidaan olevan niin vähäisiä, että niitä voi olla vaikea erottaa olemassa olevista taustäänistä. Turbiinien äänet ovat suurimmillaan niiden välittömässä läheisyydessä, ja hylkeet pystyvät välttämään niitä häiritseviksi kokemiaan ääniä. Tutkimukset (Russell, et al., 2014) osoittavat, että hylkeet pysyttelevät usein tuulivoimaloiden läheisyydessä, mikä osoittaa, että ne eivät koe ääntä häiritseväksi. Toimintäänien vaikutusta ei siis pidetä **lainkaan/ole vähäistä**.

Käytöstäpoisto

Koska tällä hetkellä ei tiedetä, mitä menetelmää Sigman tuulipuiston käytöstä poistamiseen käytetään, on vaikea ennustaa vaikutuksia ja seurauksia. On todennäköistä, että rakennusvaiheen (monopiilien paalutus) pahimpia mahdollisia melutasoja ei saavuteta. Jos samanlaisia melutasoja esiintyy, ryhdytään vastaaviin meluntorjuntatoimenpiteisiin. Vaikutuksen arvioidaan näin ollen olevan **olematon tai vähäinen** hankealueella.

9.3.2.4 Kumulatiivinen vaikutus

Alueella on useita suunniteltuja tuulivoimapuistoja, joiden rakentamisajat ovat nykyisin tiedossa olevan suunnittelun mukaan päällekkäiset: Lambda North, Sigma, Eysrasalt ja Sylen. Rakennusmelu voi jatkua pitkään samalla merialueella, mikä osaltaan aiheuttaa kumulatiivista vaikutusta. Ehdotettujen suojatoimenpiteiden myötä Sigman osuus vedenalaisesta melusta arvioidaan **vähäiseksi**.

Useiden tuulipuistojen kumulatiivisen vaikutuksen arvioidaan olevan elinympäristön muutoksen, kiintoaineen ja sedimentaation osalta **olematon tai vähäinen**, kun taas riuttoihin vaikutus on **positiivinen**.

9.3.3 Suojatoimenpiteet

Perustuksia rakennettaessa on käytettävä tarvittavia äänenvaimennustoimenpiteitä, jotta vedenalainen melu ei ylitä silakan tai hylkeen TTS-tasoja 1000 metrin etäisyydellä äänilähteestä. Tämä vastaa vaimennusvaikutusta, joka saavutetaan käyttämällä kaksoiskuplaverhoja (DBBC) paalutettaessa monopileja. Lisäksi paalutus aloitetaan pehmeällä käynnistyksellä ja ramppausjaksolla, jolloin iskuvoima on aluksi pienempi ja kasvaa vähitellen täyteen voimakkuuteen noin kolmenkymmenen minuutin kuluessa. Vedenalaisen melun vaikutusten arvioinnissa on otettu huomioon nämä suojatoimenpiteet.

9.3.4 Seuraukset

Elinympäristön muutoksen ja ketun vaikutuksen hyljekantaan toimintavaiheessa arvioidaan olevan **olematon/merkityksetön**. Koska hankealueella arvioidaan olevan **alhainen** arvo hyljekannalle, vaikutuksia **ei ole/ole vähäisiä**. Arvioinnin varmuus on **suuri**.

Rakentamisen ja käytöstä poistamisen aikana suspendoituneella materiaalilla ja sedimentaatiolla **ei** arvioida olevan **mitään/merkittävää** vaikutusta hyljekantaan. Koska arvo on **pieni**, tämä tarkoittaa, että seurauksia **ei** pidetä **vähäisinä**. Turvallisuus

Rakennusvaiheen osalta arvio on **korkea** ja käytöstäpoistovaiheen osalta **kohtalainen**, koska käytöstäpoistomenetelmästä ei ole vielä päätetty.

Rakennusvaiheen aikaisen vedenalaisen melun vaikutuksen arvioidaan olevan **olematon tai vähäinen** Sigman hankealueella, joka on hylkeille vähäinen, mikä tarkoittaa kaiken kaikkiaan, **että** vaikutuksia **ei ole tai ne ovat vähäisiä**. Arvioinnin varmuus on **suuri**, koska se perustuu paikkakohtaiseen tutkimukseen.

Hylkeille tärkeillä alueilla, kuten Agön-Kråkönin, Granin ja Lillgrundin alueilla, vedenalaisen melun vaikutus on myös arvioitu **olemattomaksi tai merkityksettömäksi**, mikä yhdistettynä alueiden **korkeaan** arvoon merkitsee, että seurauksia **ei ole tai ne ovat merkityksettömiä**.

Vedenalaisen melun vaikutuksen toimintavaiheessa arvioidaan olevan **olematon/vähäinen**, mikä yhdessä **pienen** arvon kanssa johtaa siihen, että vaikutuksia **ei ole tai ne ovat merkityksettömiä**.

Vedenalaisella melulla **ei** myöskään arvioida olevan käytöstäpoistovaiheen aikana **mitään tai vähäistä** vaikutusta, joten sillä **ei ole** hankealueella **mitään tai vähäisiä** vaikutuksia.

Vedenalaisen melun kumulatiivinen vaikutus on arvioitu **vähäiseksi**. Rakennusmelun kokonaisalue, johon melu vaikuttaa, osuu suurelta osin Perämeren hyljekantojen levinneisyysalueelle, ja sen vuoksi sen arvo voidaan arvioida **kohtalaiseksi**. Tämä tarkoittaa, että vedenalaisella melulla **on vähäiseksi** vaikutus hyljekantaan, minkä voidaan sanoa vastaavan kannan kasvun tilapäistä vähenemistä. Tämän arvion varmuus on **vähäinen**, koska suunniteltujen hankkeiden aikatauluja, menetelmiä ja suojelutoimenpiteitä ei ole vielä vahvistettu.

9.4 Linnut

Sigman tuulipuiston hankealueella ja sen läheisyydessä olevien lintujen esiintymisen selvittämiseksi on tehty useita tutkimuksia. Ottvall Consulting AB on yhtiön toimeksiannosta tehnyt Sigman tuulipuiston hankealueella kevätkuuton tutkainventoinnin yhteensä yhdentoista päivän aikana huhti- ja toukokuussa 2024. Tutkainventoinnin ja alueella aiemmin kertyneen tiedon perusteella Pelagia on tehnyt ornitologisen tausta- ja vaikutusarvion, johon tämä jakso perustuu. Selvitys on kokonaisuudessaan luettavissa liitteestä 9. Syysmuuttoa varten vuonna 2024 on tehty toinen tutkaselvitys, jonka tulokset täydennetään lupahakemukseen.

9.4.1 Nykytilanteen kuvaus

Suoritetun tutkakartoituksen mukaan Sigman hankealueella havaittiin kevätkuuton aikana seuraavia lintulajeja, taulukko 9-9.

Taulukko 9-9. Sigman tuulivoimapuistossa havaitut lajit ja lajin luokka kansallisella punaisella listalla luokkien LC (Least Concern), NT (Near Threatened), VU (Vulnerable) tai EN (Endangered) mukaan. NA tarkoittaa, että lajia ei voida arvioida. Taulukosta käy ilmi, kuinka monta tutkajälkeä lajista tehtiin kevään 2024 selvitysten aikana, sekä tutkajälkien aikana havaittujen yksilöiden kokonaismäärä.

Taulukko liitteestä 9, Ornitologiset tiedot ja vaikutusten arviointi.

Lajin nimi	Punainen lista	Seuraajien määrä	Henkilöiden kokonaismäärä	Lajin nimi	Punainen lista	Seuraajien määrä	Henkilöiden kokonaismäärä
Lohihanhi	LC	1	20	Curlew	FI	15	105

Lajin nimi	Punainen lista	Seuraajien määrä	Henkilöiden kokonaismäärä	Lajin nimi	Punainen lista	Seuraajien määrä	Henkilöiden kokonaismäärä
Harmaahanhi	LC	5	30	Isokoskelo	VU	4	16
Tajga hanhi	VU	7	39	Rannikkolintu	LC	2	2
Valkoposkihanhi	NA	1	16	Kottarainen	LC	1	70
Tottele. hanhi		4	52	Obes. Waders	LC	7	1720
mykkä joutsen	LC	1	3	Labradorin rannikko	NT	3	3
Laulujoutsen	LC	6	30	pyöriäinen	LC	1	1
Obest. joutsen		1	2	Razorbill	LC	6	12
Spoonbill	NT	1	2	Sorsalintu	NT	6	9
Hiekan puhaltaminen	VU	2	10	Naurulokki	NT	1	4
sinisorsa	LC	1	2	Lokki	NT	1	1
Teal	VU	1	2	Harmaa sauikko	VU	3	3
Vigg	LC	2	5	Itämeren lokki	VU	9	10
Haahka	FI	10	33	Hopeatähti	LC	19	25
Mustuus	VU	4	10	Kalat/hopeatylli		7	19
Meriahven	LC	22	169	Pikkutylli	NT	5	8
Meribassi/mustakala		1	1	Suuri kuikka	LC	57	108
Knipa	LC	5	9	Obes. lohko		15	26
Suuri aukko	LC	18	37	Merimetso	LC	1	3
Pikku varis	LC	38	91	Harmaahaikara	LC	1	3
Pieni/suuri varis	LC	7	15	Stenfalcon	NT	1	1
Obes. ja		8	49	Quayside	LC	1	1
Nightjar	LC	1	1	Harmaa varis	NT	1	2
Kestrel	FI	3	5	Ladusin valas	LC	2	2
nosturi	LC	1	5	Harmaa kärpässiipi	LC	1	1
Rannikkopiippi	NA	3	226	Stonechat	LC	1	1
Hiekkasärkkä	LC	1	24	Vihertävä	LC	1	5

SLU Artportal -portaalista on myös etsitty ilmoituksia linnuista Sigman tuulipuiston korkeudella sijaitsevalla rannikkoalueella viimeisten seitsemän vuoden ajalta. Näin saatiin kuva siitä, mitä rannikkolajeja alueella esiintyy, jotka voivat joko muuttaa hankealueen kautta tai jotka oleskelevat rannikkoalueella ja joilla on mahdollisia ruokailualueita kauempana merellä. Haku tuotti seuraavat tulokset, taulukko 9-10.

Taulukko 9-10. Ilmoitetut lintuhavainnot rannikolla vuosina 2017-2023.

Lajin nimi	Punainen luettelo/Liite 1	Havaintojen lukumäärä
Laulujoutsen	LC/B1	1
Laulujoutsen	LC/B1	132
Lohihanhi	LC	17
Tajga hanhi	VU	5
Vigg	LC	122
Haahka	FI	310
Meriahven	LC	200

Lajin nimi	Punainen luettelo/Liite 1	Havaintojen lukumäärä
Mustuus	VU	294
Tonttu lintu	NT	102
Knipa	LC	295
Suuri aukko	LC	361
Pikku varis	LC	222
Labradorin rannikko	NT	71
Razorbill	LC	84
Sorsalintu	NT	181
Naurulokki	NT	144
Kolmihaaralokki	FI	4
Pikkulokki	LC/B1	9
Lokki	NT	299
Harmaa saukko	VU	216
Merikotka	NT	134
Itämeren lokki	VU	20
Tardigrade	NT/B1	3
Tylli	LC/B1	71
Hopeatähti	LC/B1	98
Pikkutylli	NT/B1	77
Suuri kuikka	LC/B1	97
Merimetso	LC	142

Useimmat lintulajit muuttavat mieluiten rannikkoa pitkin, mutta jotkut lajit voivat muuton aikana ylittää Perämeren. Sigman tuulivoimapuiston alueen kautta voi kulkea myös merilintulajeja, kuten kuikkia, laulujoutsenia, valkoposkiahnia, sukeltajasorsia ja kahlaajia. Ruokailulintuina alueella voi esiintyä lokkeja, loppilintuja ja aukkeja. Tuulivoimapuiston perustamisen seurausten arvioinnin kannalta merkityksellisimpinä on pidetty muuttolintuja, joiden reitit kulkevat Sigman ohi, sekä lajeja, jotka käyttävät aluetta ravinnonhankintaan. Nämä on lueteltu taulukossa 9-11 ja taulukossa 9-12.

Taulukko 9-11. Sigman hankealueella mahdollisesti esiintyvät muuttolinnut.

Lintulajit	Ohjelman kuvaus
Taigahanhi	Taigapapuhanhet pesivät Suomen ja Venäjän harvapuustoisilla soilla ja ylittävät syysmuutolla laajalti Perämeren. Niiden muuttoreitit kulkevat Sigman alueen kautta, ja niitä on havaittu myös tutkimuslaskelmien aikana.
Laulujoutsen	Laji, jonka määrä on lisääntynyt viimeisten sadan vuoden aikana eikä sitä uhkaa väheneminen. Laji on kuitenkin mainittu lintudirektiivin liitteessä 1. Lajin lentoreitti Perämeren yli on samanlainen kuin taigahanhella ja ylittää Sigman alueen.
Suuri kuikka	Tukkasotka kulkee Norra Merenkurkun ohi keväisin hyvin suurina määrinä matkalla talvehtimisalueiltaan Mustaltamereltä arktisille pesimäalueilleen. Tukkasotkan reitti kulkee Sigman ohi, ja laji nähtiin myös tutkimuslaskelmien aikana.
Kotkat ja mustat	Haahka ja mustasorsa ovat simpukoita syöviä sukeltajasorsia, joita voi esiintyä Sigman alueella, ja ne havaittiin tutkimuslaskelmien aikana.

Curllew ja Eurasian Curllew	Perämeren yli matkailevat kahlaajalinnut, jotka havaittiin tutkatutkimuksen aikana.
-----------------------------	---

Taulukko 9-12. Lintulajit, joilla on pelagisia ruokailualueita ja joiden odotetaan esiintyvän Sigman tuulipuiston hankealueella.

Lintulajit	Ohjelman kuvaus
Silakkalokki ja mustapäälokki	Kaksi lokkilajia, joiden määrä on vähentynyt ja jotka on tällä hetkellä merkitty punaisella listalla lähes uhanalaisiksi. Vaikka näitä havaittiin tutkainventoinnin aikana vain muutamia kertoja, ne ovat todennäköisesti lajeja, jotka ruokailevat alueella suurimman osan vuodesta.
Harmaalokki, Itämeren lokki ja merilokki.	Kaikki kolme lokkilajia kuuluvat punaisen listan uhanalaisuusluokkaan, koska niiden kannat ovat selvästi pienentyneet. Kaikkien kolmen lajin katsotaan kykenevän ruokailemaan pitkiä matkoja ja esiintyvän Sigman alueella.
Hopeatähti	Itämeren rannikolla on pesiviä populaatioita, ja hankealue on potentiaalinen ruokailualue. Laji havaittiin myös tutkatutkimuksen aikana.
Sorsalintu	Tukkasotka on sukeltava kalansyöjä, joka pesii saarilla ja luodoilla pesivissä yhdyskunnissa. Se on luokiteltu erittäin uhanalaiseksi, ja sitä on havaittu tutkatutkimuksissa.
Razorbill	Rautiainen on myös sukelluskaloja syövä särkikala, joka saattaa käyttää Sigman tuulivoimapuiston aluetta ruokailualueena. Sitä pidetään Ruotsin punaisen listan mukaan elinvoimaisena, ja se on havaittu tutkainventoinnin aikana.

Hankealue sijaitsee suhteellisen kaukana rannikosta, alueella, jossa Perämeri on leveimmillään Ruotsin ja Suomen välillä. Tämä tarkoittaa, että se on yleisimpien muuttoreittien ulkopuolella, jotka kulkevat rannikoita pitkin ja lyhimmän matkan Ruotsin ja Suomen välillä. Täällä ei esiinny pesintää.

Hankealueella vesi on syvemmällä kuin mitä pohjaeläimiä syövä sukeltajasorsat suosivat. Alueen kautta saattaa kuitenkin kulkea muuttoa, ja pelagiset kalanpyytäjät saattavat käyttää aluetta ravinnonhankintaan.

Kaiken kaikkiaan hankealueella ei siis katsota olevan juurikaan arvoa linnuille.

9.4.2 Vaikutukset

Todennäköisinä vaikutuksina pidetään syrjäytymistä, estevaikutusta ja törmäysriskiä (mukaan lukien vetovoimavaikutus). Kaikki nämä ovat täysin merkityksellisiä vasta sen jälkeen, kun tuulipuisto on rakennettu ja toiminnassa, minkä vuoksi kaikki vaikutukset arvioidaan vasta toimintavaiheessa, taulukko 9-13.

Eri lintulajeihin voi kohdistua erilaisia vaikutuksia, joten vaikutusten arviointi voi vaihdella lajiryhmän mukaan.

Taulukko 9-13. Tuulivoimapuiston perustamisen yhteydessä syntyvät ympäristövaikutukset ja niiden vaiheet.

Ympäristövaikutukset	Kasvi	Drift	Käytöstäpoisto
Poissulkeminen		x	
Törmäysriski		x	
Esteen vaikutus		x	

9.4.2.1 Poissulkeminen

Linnut, jotka haluavat välttää tuulivoimaloita, ovat vaarassa menettää elinympäristönsä tai ruokailualueensa.

Alkor

Turskakoskeloita ja lokkilintuja koskevat tutkimukset ovat antaneet vaihtelevia tuloksia siirtymisen suhteen. Suuntaus on se, että tuulivoimaloiden kohdalla kuikkien määrä vähenee ensimmäisinä vuosina, mutta syrjäyttämisaikutus ei ole johdonmukainen ja vaihtelee suuresti eri alueiden välillä. Joissakin tuulivoimaloissa kuikkien määrässä ei ole havaittu muutosta, ja toisissa tapauksissa kuikkien määrä on sen sijaan kasvanut. Tukkasotkasta ei ole olemassa asiaa koskevia tutkimuksia, mutta sen oletetaan käyttäytyvän samalla tavalla kuin lähisukulainen sorsalintu. Koska tukkasotkat eivät todennäköisesti käytä hankealuetta, niihin kohdistuvaa siirtymävaikutusta **ei pidetä vähäisenä**.

Lokit

Lokkien on todettu olevan suhteellisen epäherkkiä tuulivoimalle, eivätkä ne näytä välttelevän sitä. Lisäksi niiden on osoitettu olevan taitavia välttämään roottorin lapoja, ja tutkimukset osoittavat, että näiden lajien kuolleisuus on hyvin vähäistä. Lokkien välttämisaikutuksen arvioidaan siksi olevan **pieni**.

Muut linnut

Sigman tuulivoimapuiston aiheuttama siirtyminen ei yleensä vaikuta hanhiin, joutseniin, kuikkalintuihin ja kahlaajiin, koska ne ruokailevat lähellä rannikkoa eivätkä pelagisilla alueilla. Simpukoita syövät sukeltajasorsat ruokailevat matalammilla alueilla, eikä tämä myöskään vaikuta niihin. Näiden lajien osalta siirtymävaikutusta **ei** näin ollen pidetä **lainkaan tai sen katsotaan olevan vähäinen**.

9.4.2.2 Törmäysriski

Lokit

Lokit eivät selvästi välttele tuulivoimaloita, ja koska ne saattavat olla tuulipuiston alueella, ne törmäävät todennäköisemmin tuulivoimaloihin. Lisäksi ne lentävät roottorin lapojen korkeudella, mikä lisää törmäysriskiä entisestään. Kahden vuoden aikana tehty skotlantilainen tutkimus on kuitenkin osoittanut, että ne osaavat hyvin välttää roottorin lapoja ja niiden kuolleisuus on alhainen. Tutkimusten tulokset vaihtelevat, eikä niistä voida tehdä selkeitä johtopäätöksiä. Sigman tuulivoimapuiston lokkien pienen tiheyden perusteella törmäysriskiä pidetään **pienenä**.

Muuttolinnut ja kahlaajat

Kahlaajat ja muuttavat merilinnut, kuten hanhet, joutsenet, kuikat ja sukeltajasorsat, välttelevät tuulipuistoja hyvin usein, minkä vuoksi näiden lajien törmäysriski arvioidaan **olemattomaksi tai merkityksettömäksi**.

9.4.2.3 Estevaikutus Muuttolinnut

ja kahlaajalinnut

Jotkin merilintulajit kulkevat Sigman kautta kevät- ja syysmuuton aikana. Valkoposkianhella ja laulujoutsenella on tunnetut muuttoreitit hankealueen läpi ja myös merijoutsenella.

täällä esiintyy sukeltajasorsia ja kahlaajia. Muutokset reiteissä voivat lisätä energiankulutusta vain vähän, koska Sigman alue on hyvin pieni osa muuttoreittiä. Sen vuoksi estevaikutuksen katsotaan olevan **pieni** näiden lajien osalta.

Lokit ja auksit

Koska nämä lajiryhmät vaeltavat hankealueen läpi vain hyvin pienessä määrin, estevaikutusta niihin **ei** katsota **olevan lainkaan tai sen katsotaan olevan vähäinen**.

9.4.2.4 Kumulatiiviset vaikutukset

Kumulatiivisia vaikutuksia arvioidaan skenaariossa, jossa kaikki viisi kuvassa 6-1 esitettyä tuulipuistoa perustetaan haetussa laajuudessa. Alueella saattaa esiintyä ruokailevia merilintuja, mutta suhteellisen pieniä määriä, koska rannikkoalueiden pesimäalueet ovat kaukana. Tämä tarkoittaa, että Sigman osuus pesivien merilintujen kumulatiivisesta siirtymisvaikutuksesta arvioidaan **olemattomaksi/välttämättömäksi**.

Itämeren lokki on laji, joka tekee pitkiä lentoja ruokailun aikana ja saattaa lentää tuulipuistojen alueelle. Yhtään tuulivoimapuistoa ei kuitenkaan ole suunnitteilla erityisen tärkeille kaakkurien ruokailualueille, mikä vähentää törmäysriskiä. Muutaman yksilön törmäämisen tuulivoimaloihin vuosittain ei katsota aiheuttavan riskiä populaatiotason vaikutuksille, ja tämän kumulatiivisen vaikutuksen arvioidaan **olevan olematon tai vähäinen**.

Muuttolinnut voivat joutua pidentämään muuttoreittiään, jos kaikki tuulipuistot perustetaan niiden muuttoreille. Sigman aiheuttama reitin pidentyminen on kuitenkin vain pieni osa kokonaisuuttomatkasta, minkä vuoksi muuttaviin merilintuihin kohdistuvan kumulatiivisen vaikutuksen arvioidaan **olevan pieni**.

9.4.3 Suojatoimenpiteet

Koska kaikki vaikutukset on arvioitu merkityksettömiksi, suojatoimenpiteitä ei tarvita.

9.4.4 Seuraukset

Sigman tuulivoimapuiston alueella arvioidaan olevan **vain vähän arvoa** linnuille.

Lokkien osalta siirtymisvaikutus on arvioitu **vähäiseksi**, mikä yhdessä **alhaisen** arvon kanssa johtaa siihen, että vaikutukset näihin lajeihin **ovat merkityksettömiä**. Muiden lajien osalta siirtymävaikutuksen on arvioitu **olevan olematon/merkityksetön**, mikä johtaa siihen, että vaikutuksia **ei ole/merkittäviä**.

Lokkien törmäysriski on **vähäinen**, joten vaikutukset näihin lajeihin **ovat vähäiset**. Muiden lintulajien osalta törmäysriski on **olematon/välttämätön**, minkä seurauksena vaikutukset ovat **olemattomat/välttämättömät**.

Estevaikutuksen on arvioitu **olevan vähäinen** muuttavien vesilintujen ja kahlaajien osalta, joten vaikutukset näihin lajeihin **ovat vähäisiä**. Lokkien ja aukkojen osalta estevaikutuksen on arvioitu **olevan olematon/vähäinen**, mikä johtaa vaikutusten **olemattomuuteen/vähäiseen määrään**.

Kumulatiivisen vaikutuksen arvioidaan olevan **vähäinen tai vähäinen** siirtymä- ja törmäysriskin osalta ja **pieni** esteiden vaikutuksen osalta, joten vaikutukset ovat kaiken kaikkiaan **merkityksettömiä**.

Kaikkien arvioiden varmuus on **kohtalainen**, sillä arvioiden perustana olevat tutkimukset eivät anna selviä tuloksia.

9.5 Natura 2000

9.5.1 Nykytilanteen kuvaus

Hankealue ei ole päällekkäinen minkään Natura 2000 -alueen kanssa, mutta Ruotsin rannikolla on useita Natura 2000 -alueita vähintään 47 kilometrin etäisyydellä hankealueesta. Taulukossa 9-14 on yhteenvedo lähimmistä Natura 2000 -alueista

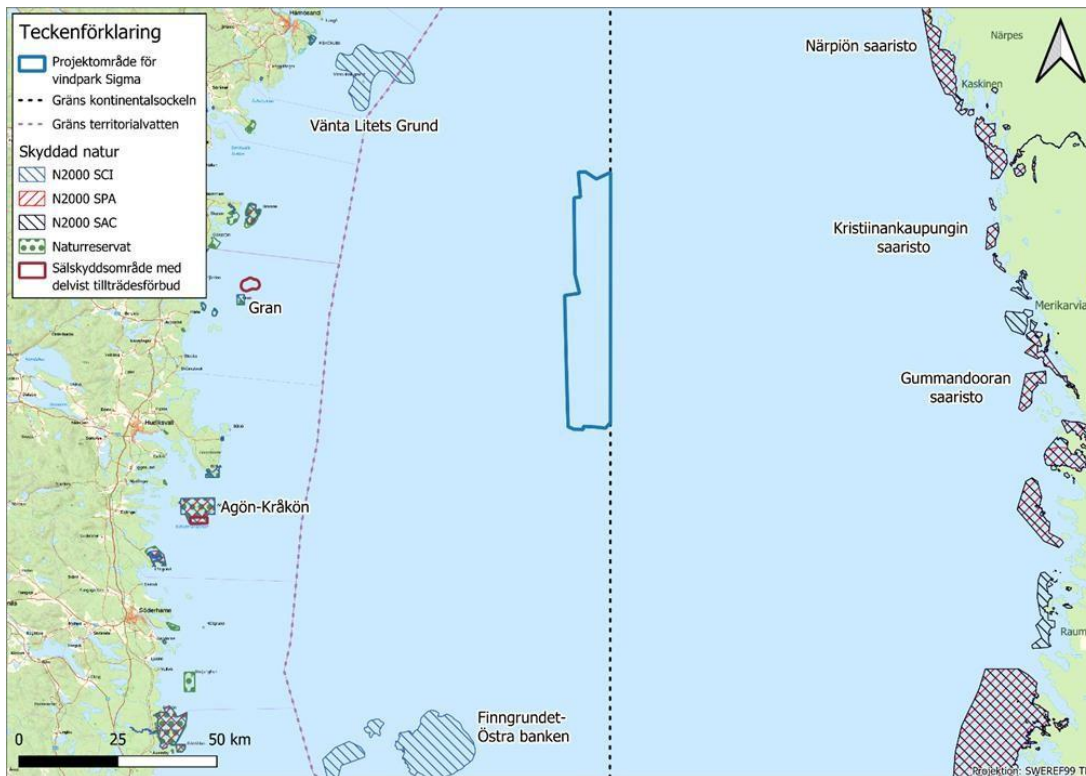
Suomen rannikolla sijaitsevat Natura 2000 -alueet on kuvattu kohdassa 11.1.

Taulukko 9-14. Sigman tuulivoimapuiston etäisyys lähimpiin Natura 2000 -alueisiin, joilla on nimettyjä merellisiä luontotyyppisiä lajeja.

Natura 2000 -alue	Etäisyys, ulkoreuna (km)	Nimetyt meren elinympäristöt ja lajit* (koodi ja ruotsinkieliset lyhennetyt nimet seuraavien asiakirjojen mukaan lajeja ja luontotyyppisiä koskeva direktiivi)
Odota Litets Grund	47	1110 hiekkarantoja, 1170 riuttoja.
Kuusi	81	1620 saarta ja luotoa, 1364 harmaahyljettä.
Höllick	92	1150 laguunia, 1620 saarta ja luotoa.
Agön-Crow Island	101	1620 saarta ja luotoa, 1364 harmaahyljettä.
Finngrundet - East Bank	79	1110 hiekkarantoja, 1170 riuttoja.
Osa Bremönin saarta	80	1230 Kasvipeitteiset merijyrkänteet

*Kohtaisessa suojelusuunnitelmassa luetellut nimetyt meren elinympäristöt ja lajit.

Kuvassa 9-9 esitetään lähimmät Natura 2000 -alueet. Natura 2000 -alueita kuvataan tarkemmin kohdassa 4.3.1.



Kuva 9-9. Luontodirektiivin ja lintudirektiivin mukaiset suojelualueet, luonnonsuojelualueet ja hylkeidensuojelualueet Ruotsin rannikolla suhteessa Sigman tuulipuiston hankealueeseen.

9.5.2 Vaikutus Natura 2000 -alueiden suojeluasemaan

Toiminnasta rannikon Natura 2000 -alueisiin kohdistuvien vaikutusten arvioidaan mahdollisesti aiheutuvan vedenalaisesta melusta mahdollisten paalujen paalutuksen aikana (hylkeet ja silakka) ja toiminnan aikana siirtymisvaikutusten kautta (linnut).

Yrityksen arvio perustuu oletukseen, että vedenalainen melu ei saisi ylittää Natura 2000 -alueella mitään haitallisia tasoja nimetyille lajeille. Tämä tarkoittaa, että melumallinnus Natura 2000 -alueilla on tehty siten, että lentonopeudeksi on asetettu 0 m/s.

Kaikki Natura 2000 -alueet sijaitsevat niin kaukana Sigman tuulivoimapuistosta, että laitoksen ei katsota vaikuttavan niihin suoraan nimettyjen luontotyyppien suojelun kannalta. Luontotyyppien suojeluvarvoin voi kuitenkin vaikuttaa välillisesti, jos tyypillisiä lajeja tai rakenteita häviää tai heikentyy. Ainoastaan hiekkarantoja ja riuttoja sisältäviin ulkoalueisiin liittyviin lajeihin katsotaan voivan vaikuttaa vedenalainen melu, minkä vuoksi sellaisia luontotyyppejä kuin laguunit, jokisuistot, merijyrkänteet ja luodot sekä pienet saaret ei käsitellä tarkemmin.

9.5.2.1 Odota Litets Grund

Natura 2000 -alue Vänta Litets Grund sijaitsee noin 45 kilometrin päässä hankealueesta. Silakka on tyypillinen laji alueen nimetyille luontotyypeille hiekkarannat (1110) ja riutat (1170).

Vedenalainen akustinen tutkimus osoittaa, että Vänta Litets Grundin alueella ei ylitetä haitallisen melutason raja-arvoja. Pidetään epätodennäköisenä, että yhtiön toiminta voisi vaikuttaa merkittävästi ympäristöön Natura 2000 -alueella.

9.5.2.2 Kuusi

Natura 2000 -alue *Spruce* sijaitsee noin 80 kilometrin päässä hankealueesta. Harmaahylkeet ovat alueella nimetty laji.

Vedenalainen akustinen tutkimus osoittaa, että haitallisen melutason raja-arvot eivät ylitä Granin alueella. Pidetään epätodennäköisenä, että yhtiön toiminta voisi vaikuttaa merkittävästi Natura 2000 -alueen ympäristöön.

9.5.2.3 Agön-Crow Island

Natura 2000 -alue *Agön-Kråkön* sijaitsee noin 100 kilometrin päässä hankealueesta. Harmaahylje (1364) on alueella määritelty laji. Alue on myös nimetty useiden lintulajien suojelualueeksi.

Kuusen osalta vedenalaisen akustiikkatutkimuksen tulokset osoittavat, että syntyvien äänitasojen ei odoteta aiheuttavan haittaa tai estävän hylkeitä pysymästä Natura 2000 -alueella. Näin ollen laituksella ei odoteta olevan merkittäviä vaikutuksia hylkeisiin Natura 2000 -alueella.

Natura 2000 -alueilla, jotka ovat tärkeitä levähdys- tai pesimäpaikkoja merilinnuille, vaikutuksia voi aiheutua, jos tuulipuiston perustaminen vaikuttaa lintujen ravinnonhankintaan. *Agön-Kråkön* Natura 2000 -alue on monien merilintulajien pesimäalue. Sigman tuulivoimapuiston perustamisesta saattaa aiheutua ornitologisia vaikutuksia, jotka liittyvät Natura 2000 -alueella pesivien tai levähtävien lintujen ruokailuun. Koska Sigman hankealue ei ole merkittävä ruokailualue, vaikutuksia Natura 2000 -alueeseen liittyviin lintuihin ei pidetä merkittävänä.

Pidetään epätodennäköisenä, että yhtiön toiminta voisi vaikuttaa merkittävästi Natura 2000 -alueen ympäristöön.

9.5.2.4 Finngrundet East Bank

Natura 2000 -alue *Finngrundet Östra banken* sijaitsee noin 80 kilometrin päässä hankealueesta. Alueella on määritelty luontotyytit hiekkarannat (1110) ja riutat (1170), ja silakka on näille ympäristöille tyypillinen laji.

Vedenalainen akustinen tutkimus osoittaa, että Finngrundet Östra bankenin alueella ei ylitetä haitallisen melutason raja-arvoja. Pidetään epätodennäköisenä, että yhtiön toiminta voisi vaikuttaa merkittävästi ympäristöön Natura 2000 -alueella.

9.5.2.5 Osa Bremönin saarta

Alue sijaitsee noin 80 kilometrin päässä hankealueesta, ja se on nimetty useiden lintulajien suojelemiseksi.

Koska Sigman hankealue ei ole merkittävä ruokailualue, pidetään epätodennäköisenä, että yhtiön toiminta voisi vaikuttaa merkittävästi Natura 2000 -alueen ympäristöön.

9.5.3 Yleisarviointi

Sigman tuulipuiston ei katsota vaikuttavan luontotyypeihin eikä aiheuttavan merkittävää häiriötä läheisten Natura 2000 -alueiden luontotyypeille tyypillisille lajeille. Tuulivoimapuiston ei myöskään arvioida aiheuttavan hylkeille tai linnuille sellaista häiriötä, joka voisi merkittävästi haitata lajien suojelua Natura 2000 -alueilla.

sivustot. Yhtiön toiminnalla ei todennäköisesti ole merkittävää vaikutusta Natura 2000 -alueiden ympäristöön.

9.6 Lepakot

Niras on tehnyt lepakoita koskevan vaikutustenarvioinnin, johon tämä jakso perustuu. Tutkimus on kokonaisuudessaan liitteessä 8.

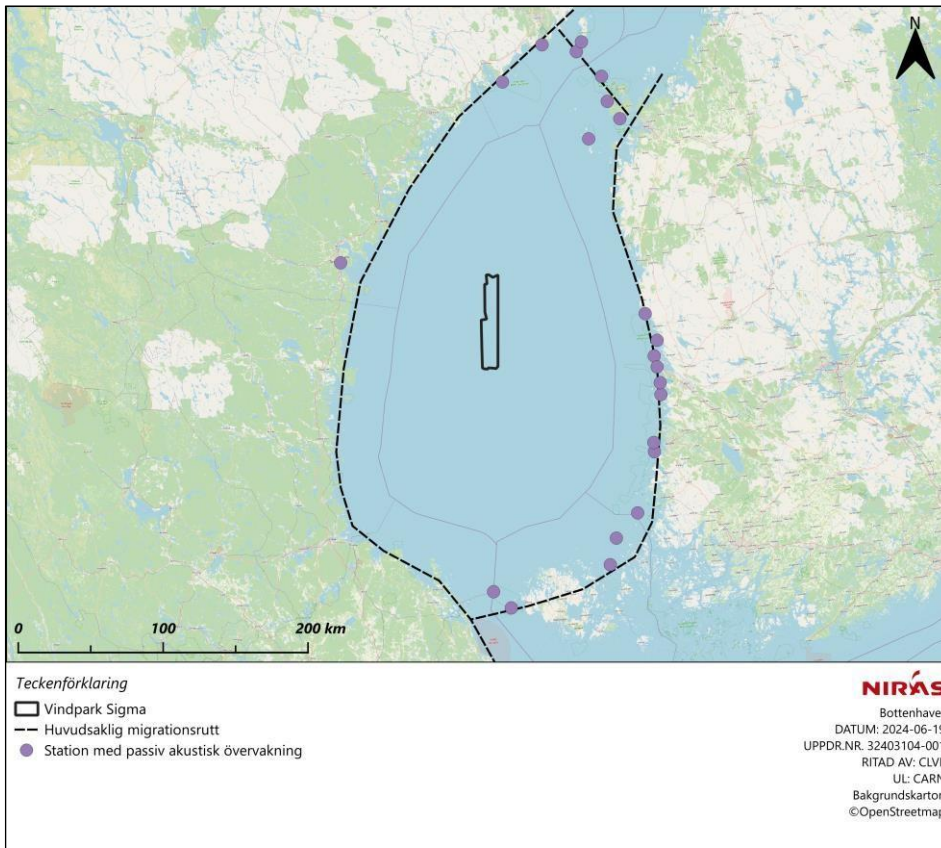
9.6.1 Nykytilanteen kuvaus

Ruotsin lepakkoeläimistöön kuuluu 19 lajia. Useiden näistä lajeista levinneisyysalue pienenee, mitä ylemmäs maata mennään, ja Sigman hankealueen korkeudella on havaittu 13 lajia. Kaikki Ruotsin lepakkolajit ovat suojeltuja, mikä tarkoittaa, että yksilöitä ei saa tahallaan tappaa tai vahingoittaa, tuhota lisääntymis- tai levähdyspaikkoja tai häiritä eläimiä etenkin niiden parittelu-, lisääntymis-, talvehtimis- ja muuttoaikoina.

Tällä hetkellä hankealueen lepakoiden esiintymisestä ei ole riittävästi tietoa. Tehdyt tutkimukset rajoittuvat käytännön syistä suurelta osin Ruotsin ja Suomen rannikoille. Myös Artportalenissa Gävlen ja Uumajan välisellä osuudella tehtyjä selvityksiä on vähän.

Lepakoiden on havaittu ruokailevan merellä noin 30 kilometrin päässä rannikosta. Niin kaukana rannikosta kuin hankealueella lepakoiden toiminnan uskotaan kuitenkin rajoittuvan muuttoon. Lepakoiden muutttoa Ruotsin ja Suomen välillä tutkitaan parhaillaan. Tutkimusalue on Merenkurkussa, joka sijaitsee noin 150 kilometriä Sigman hankealueesta koilliseen. Vuodesta 2014 lähtien käynnissä olleessa tutkimuksessa on todettu, että alueella esiintyy putkilokas (*Pipistrellus nathusii*) ja harmaaalkaväylälepakko (*Vespertilio murinus*). Jälkimmäinen löydettiin voimakkaiden länsituulten jälkeen, joten yksilöiden oletetaan olevan peräisin Ruotsista, ja voidaan olettaa, että lepakoita voi löytyä avomeren yli samantlaisissa olosuhteissa.

Noin 150 kilometriä hankealueesta etelään on käynnissä lisätutkimus, jossa selvitetään, mihin aikaan vuodesta pipistrelle muuttaa Ruotsin ja Suomen välillä. Tutkimuksen tulokset on tarkoitus julkaista vuoden 2024 tai 2025 lopulla. Tutkimus voi antaa vastauksia myös siihen, esiintyykö Ruotsin ja Suomen välisen meren yli kulkevan meren alueella esimerkiksi isoruskolepakon, piippulepakon, harmaaleppäkorennon ja pohjanlepakon kaltaisia lajeja. Todennäköiset muuttoreitit Perämeren yli on esitetty kuvassa 9-10.



Kuva 9-10. Kuvassa näkyvät lepakoiden varmistetut tai erittäin todennäköiset muuttoreitit pohjoisella Perämerellä ja lepakoiden passiiviset akustiset seuranta-asemat (Vasko & Loisa, 2024). Kuva liitteestä 8 Arviointi ja vaikutukset - lepakot.

Taulukossa 9-15 on esitetty Sigman tuulipuiston hankealueen korkeudella havaitut 13 lajia. Näistä seitsemällä katsotaan olevan suuri tai kohtalainen todennäköisyys esiintyä avomerellä (Vasko & Loisa, 2024). Koska hankealue on yli kahdeksan meripeninkulman päässä mantereesta, on epätodennäköistä, että aluetta käytettäisiin ruokailuun. Meren yli tapahtuvan vaelluksen oletetaan tapahtuvan pääasiassa siellä, missä on saaria tai missä etäisyys on lyhyt.

Hankealue sijaitsee siellä, missä Ruotsin ja Suomen rannikoiden välinen etäisyys on pisin. Lepakoiden ei odoteta lentävän tätä matkaa yhdessä yössä. Koska avomeren yli lentävistä lepakoista ei kuitenkaan ole riittävästi tietoa, lepakoiden esiintymistä alueella ei voida täysin sulkea pois.

Etäisyyden lisäksi asiaan vaikuttavat muut tekijät, kuten lämpötila ja sääolosuhteet. Tutkimuksissa on havaittu, että yli 15 °C:n lämpötilat lisäävät lepakoiden aktiivisuutta, mutta on epävarmaa, onko tämä ratkaiseva tekijä muuton kannalta. Myös sateet ja sumu vaikuttavat siihen, milloin muutto tapahtuu ja tapahtuuko se, vaikka sateet olisivat useiden kilometrien päässä. Tuulen nopeudella on myös suuri vaikutus lepakoiden vaellukseen, ja useimmat lepakolajit eivät vaelle, jos tuulen nopeus on yli viisi metriä sekunnissa. Kun lepakot muuttavat meren yli, se tapahtuu pääasiassa alle kymmenen metrin korkeudella merenpinnasta. Suuremmat lajit, kuten ruskealeppä *Nyctalus noctula*, voivat lentää hieman korkeammalla. Kun lepakot kohtaavat ruokaa, laivoja tai tuulivoimaloita, ne voivat lentää korkeammalla.

Taulukko 9-15. Taulukossa esitetään lajit, joita on havaittu Sigman hankealueen korkeudella, kuinka yleisiä ne ovat, miten ne on luokiteltu Ruotsin punaisessa luettelossa ja mihin muuttoryhmään ne kuuluvat (Daton, Millon, & de Jong, 2023). Paikallaan talvehtivat lajit talvehtivat Ruotsissa, alueellisesti muuttavat lajit muuttavat muutaman sadan kilometrin päähän, kaukomuuttavat lajit muuttavat keskimäärin 1000 kilometrin päähän, kun taas fakultatiivisesti muuttavilla lajeilla on vaihteleva muuttorytmi, jossa osa populaatiosta talvehtii paikan päällä, osa lähtee maasta talven aikana.

Tyyppi	Tieteellinen nimi	Esiintyminen Perämeren rannikolla.	Luokitus punaisessa luettelossa	Muuttoliike	Mahdollinen esiintyminen Sigmassa
Barbastelle	<i>Barbastella barbastellus</i>	1 kommentti	Lähes uhanalainen (NT)	Vapaaehtoinen maahanmuuttaja	Matala
Pohjanlepakko	<i>Eptesicus nilsonii</i>	Yhteinen	Lähes uhanalainen (NT)	Vapaaehtoinen maahanmuuttaja	Matala
Eteläinen lepakko	<i>Eptesicus serotinus</i>	1 kommentti	Lähes uhanalainen (NT)	Vapaaehtoinen maahanmuuttaja	Matala
Tajga bat	<i>Myotis brandtii</i>	Yhteinen	Elinkelpoinen (LC)	Vapaaehtoinen maahanmuuttaja	Matala
Vesilepakot	<i>Myotis daubentonii</i>	Yhteinen	Elinkelpoinen (LC)	Vapaaehtoinen maahanmuuttaja	Matala
Viikset maila	<i>Myotis mystacinus</i>	Yhteinen	Elinkelpoinen (LC)	Vapaaehtoinen maahanmuuttaja	Matala
Lammikkolepakko	<i>Myotis dasycneme</i>	Poikkeuksellisen harvinainen	Lähes uhanalainen (NT)	Vapaaehtoinen maahanmuuttaja	Matala
Ranskalainen lepakko	<i>Myotis nattereri</i>	Epätavallinen	Lähes uhanalainen (NT)	Vapaaehtoinen maahanmuuttaja	Matala
Iso ruskea-leppä	<i>Nyctalus noctula</i>	Epätavallinen	Elinkelpoinen (LC)	Kaukomuuttaja	Matala
Ruskea lyhtykorva	<i>Plecotus auritus</i>	Yhteinen	Lähes uhanalainen (NT)	Paikallaan	Matala
Mustapäpiippo	<i>Pipistrellus nathussi</i>	Suhteellisen yleinen	Elinkelpoinen (LC)	Kaukomuuttaja	Matala
Kääpiöpipristelle	<i>Pipistrellus pygmeus</i>	Epätavallinen	Elinkelpoinen (LC)	Alueellinen maahanmuuttaja	Matala
Harmaajalkavyölepakko	<i>Vespertilio murinus</i>	Epätavallinen	Elinkelpoinen (LC)	Kaukomuuttaja	Matala

Sigman hankealue ei sijaitse millään lepakoiden todennäköisellä tai todennäköisellä siirtymisalueella, eikä aluetta pidetä todennäköisenä lepakoiden ruokailualueena, koska se on kaukana mantereesta. Kaiken kaikkiaan Sigman hankealueen **arvoa pidetään vähäisenä** kaikkien tässä osassa maata esiintyvien lepakolajien kannalta.

9.6.2 Vaikutukset

Taulukossa 9-16 .on esitetty vaikutukset, joita lepakot voivat kärsiä ja milloin ne ilmenevät

Taulukko 9-16. Taulukossa esitetään yhteenveto odotettavissa olevista ympäristövaikutuksista ja niiden esiintymisvaiheista.

Ympäristövaikutukset	Rakentaminen	Drift	Käytöstäpoisto
----------------------	--------------	-------	----------------

Törmäysriski		x	
--------------	--	---	--

Merituulipuiston vaikutukset lepakoihin koostuvat osittain törmäysvaarasta roottorin lapoihin ja osittain barotraumasta, joka johtuu tuulivoimaloiden roottorin lapojen aiheuttamista paineenmuutoksista. Näin ollen tuulivoiman vaikutuksia voi esiintyä vain toimintavaiheessa.

Törmäys roottorin lapoihin voi johtaa kuolemaan tai vakavaan loukkaantumiseen, koska roottorin lavat liikkuvat niin suurella nopeudella, etteivät lepakot voi väistää niitä. Tämän odotetaan tapahtuvan pääasiassa muuttoaikana, joka tapahtuu rajoitetun ajan keväällä ja syksyllä. Lepakot lentävät meren yli vain suotuisissa olosuhteissa. Tämä tarkoittaa, että törmäysriski on olemassa vain muutamana yönä vuodessa. Lisäksi useimmat lajit ja yksilöt lentävät alle 10 metrin korkeudessa, ja roottorin lapojen alapuolella on 20 metrin korkeus. Ei kuitenkaan voida sulkea pois sitä, että lepakot muuttavat lentokorkeuttaan tuulivoimaloiden läheisyydessä.

Barotrauma voi aiheutua ilmanpaineen muutoksista tuulivoimalan roottorin lapojen läheisyydessä, mikä voi aiheuttaa vammoja lähistöllä lentäville lepakoille. On kuitenkin hyvin epätodennäköistä, että merkittävää vaikutusta tapahtuisi, koska lepakoiden ei odoteta oleskelevan niin kaukana merellä ja niin korkealla merenpinnan yläpuolella. Sen vuoksi törmäysriskin mukaan luettuna barotrauma, vaikutus lepakoihin arvioidaan olevan **olematon tai vähäinen**.

Koska lepakoiden esiintymisriski hankealueella on vähäinen, myös Sigmalla ei arvioida olevan kumulatiivisia vaikutuksia lepakoihin.

9.6.3 Suojatoimenpiteet

Koska lepakoihin kohdistuvien vaikutusten arvioidaan olevan vähäisiä tai olemattomia, suojelutoimenpiteiden ei katsota olevan tarpeen.

9.6.4 Seuraukset

Hankealueella **ei ole juurikaan arvoa** lepakoille, **eikä** tuulipuiston odoteta aiheuttavan **mitään tai vähäisiä vaikutuksia**. Tämä tarkoittaa, että tuulipuistolla **ei** arvioida **olevan** lepakoiden kannalta **merkittäviä** vaikutuksia.

9.7 Maisemakuva

Sweco on tehnyt yhtiön puolesta Sigman tuulipuiston maisema-analyysin, ks. liite 10.

9.7.1 Nykytilanteen kuvaus

Maisemakuva-analyysin analyysialue käsittää rannikon ja saariston Höga Kustenista pohjoisessa Långvindiin etelässä. Se sisältää Västernorrlandin rannikon eteläosan ja Hälsinglandin rannikon pohjois- ja keskiosat, ks. kuva 9-11.

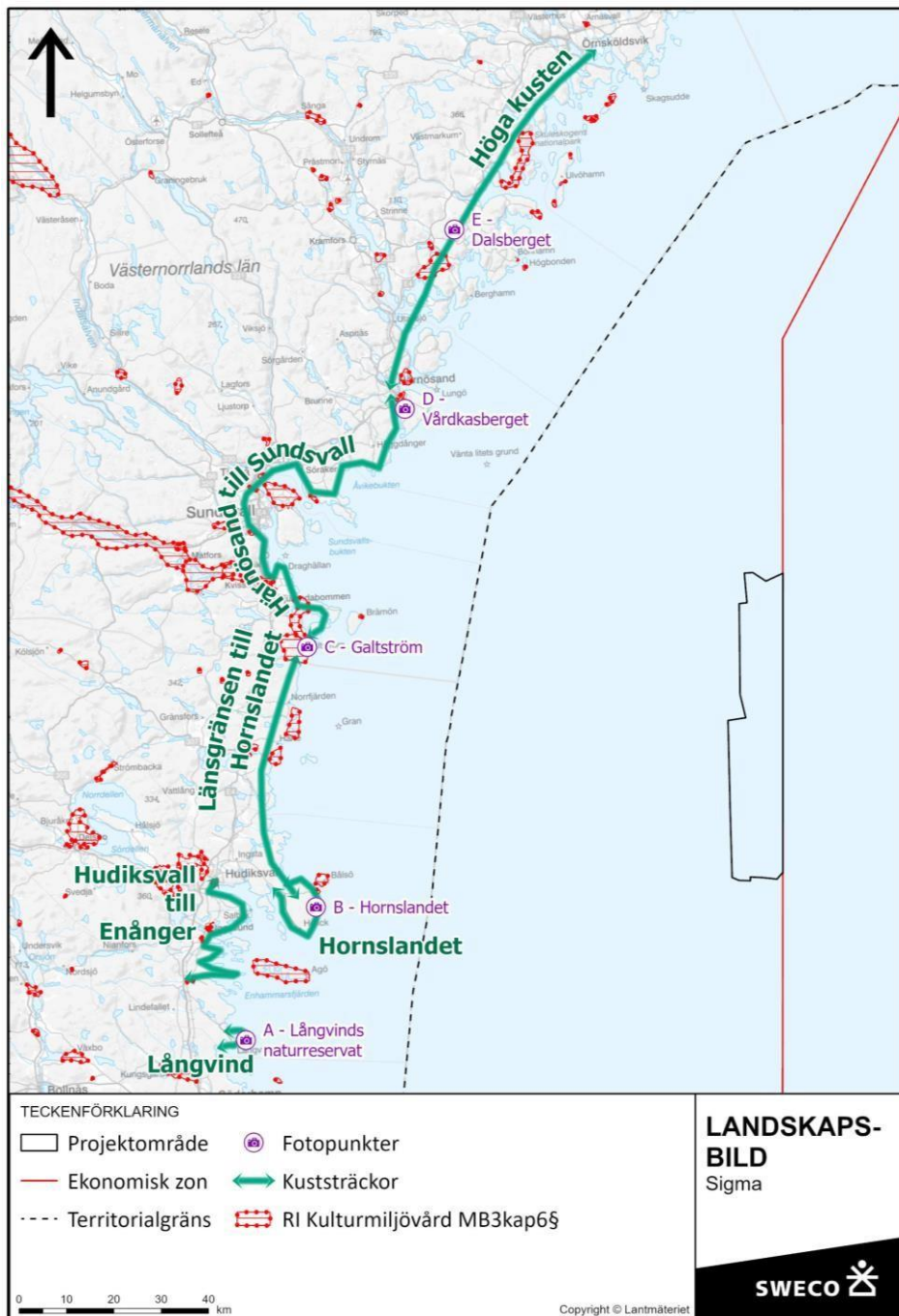
Västernorrlandin rannikko koostuu laajasta mäkisestä mosaiikkimaisemasta (Korkean rannikon alue) ja kumpuilevasta mosaiikkimaisemasta (rannikon pohjois- ja länsiosat). Sundsvallin eteläpuolella). Näillä maisematyypeillä ei ole selkeää suuntaa, ja ne antavat mosaiikkimaisen vaikutelman. Pohjoisessa sijaitseva High Coast -alue on ainutlaatuinen ja sisältää seuraavat alueet

suuret kontrastit paljaiden kukkuloiden, metsäisten rinteiden ja viljeltyjen lahtien välillä.

Etelämpänä Hälsinglandissa reitti koostuu rannikkomaisemasta, pienipiirteisestä maisemasta, jolla on historiallinen ulottuvuus ja jota käytetään matkailuun, ulkoiluun ja virkistyskalastukseen.

Rannikolla on useita kansallisesti arvokkaiksi nimettyjä alueita, joilla on hyvät mahdollisuudet kulttuuri- ja luontokokemuksiin ja ulkoiluun. Kaikilla rannikolla sijaitsevilla kansallisesti arvokkailla alueilla, joilta on näymät merelle, maisema on tärkeä osa kansallista arvoa.

High Coastin alue ja Hornslandet ovat erityisen kiinnostavia. Korkealla rannikolla on useita luonnonsuojelualueita, Skuleskogenin kansallispuisto ja kansallinen kiinnostavuus ulkoilun, luonnonsuojelun ja kulttuuriympäristön kannalta. Hornslandetissa, joka on määritelty mahdolliseksi tulevaksi kansallispuistoksi, on useita vierailukeskuksia ja luonnonsuojelualueita sekä kulttuuriympäristöjä.

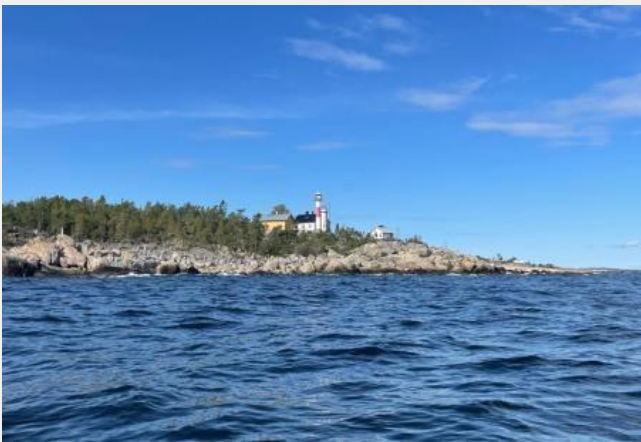


Kuva 9-11. Hankealueen länsipuolella olevat rannikkolinjat.

Koko rannikko on pitkä ja vaihteleva. Taulukossa 9-17 .on yhteenveto eri rantaosuuksien arvosta ja herkkyydestä

Taulukko 9-17. Vaikutuksen kohteena olevat rannikkoalueet, joiden arviointi perustuu maisema-arvoihin.

Rannikkoalue	Ohjelman kuvaus	Arvo/herkkyys
Korkea rannikko (Ömsköldsvikistä Härnösandiin)	Ainutlaatuinen ja omaleimainen maisema, joka todistaa viimeisen jääkauden jälkeisestä maankohoamisesta. Hyvin vierailtu alue, jolla on maisemaan liittyviä suuria elämysarvoja. 	Suuri arvo ja herkkyys laajamittaisille lisäyksille.
Härnösandista Sundsvalliin	Monimutkainen rantaviiva, jossa on sekä luonnonsuojelualueita että virkistyskohteita ja useita teollistuneita alueita. 	Kohtalainen maisema-arvo ja kohtalainen herkkyys laajamittaisille lisäyksille.
Hornslandetin läänin raja	Monimuotoinen maisema, joka on luonteeltaan pienipiirteinen. Siellä on joitakin kalastajakyläjä ja sekä luonto- että kulttuuriarvoja. 	Kohtalainen maisema-arvo ja kohtalainen herkkyys laajamittaisille lisäyksille.
Afrikan sarvi	Niemi on suojeltu useilla suojelualueilla, ja sen kävijäarvot ovat korkeat sekä luonnon- ja kulttuuriympäristön että ulkoilun kannalta.	Korkea maisema-arvo ja herkkyys laajamittaisille lisäyksille.

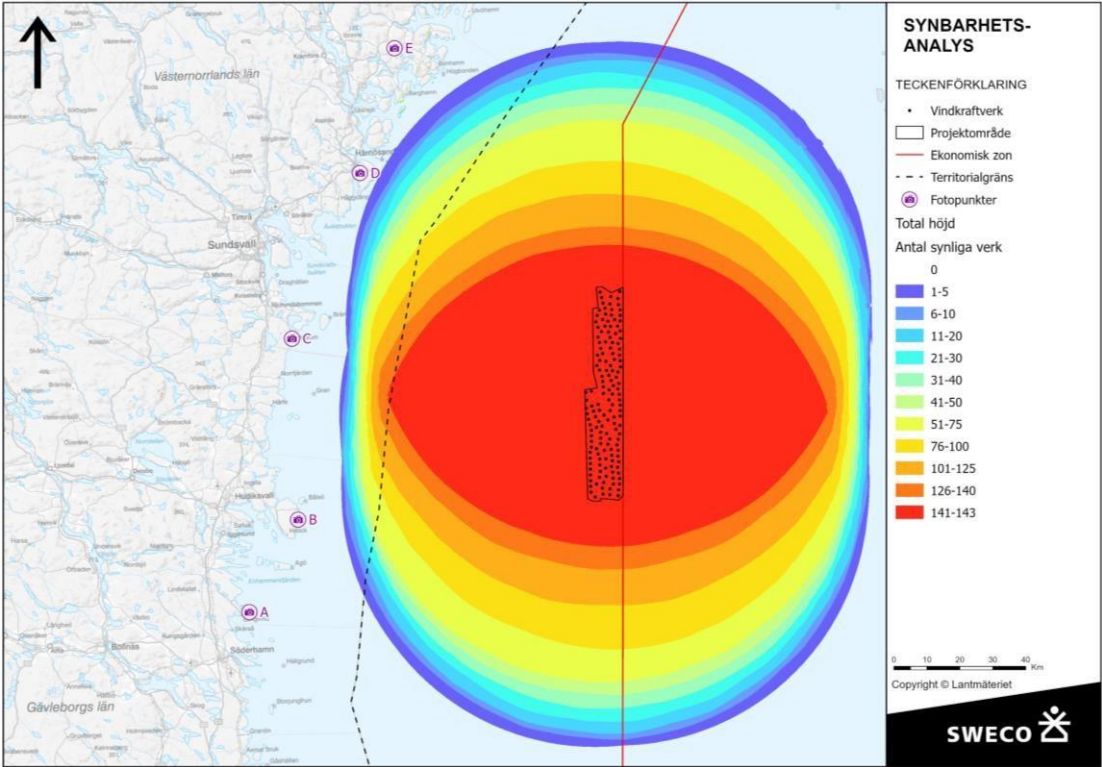
		
Hudiksvall - Enånger	Jylhä ja vaihteleva rannikko, jolla on arvoja ulkoilun, kulttuuri- ja luontoympäristön kannalta.	Korkea maisema-arvo ja herkkyys laajamittaisille lisäyksille.
		
Pitkä tuuli	Alueella on hyvin vierailtu luonnonsuojelualue ja kulttuuriperinnön säilyttämisen kannalta kansallisesti kiinnostavia alueita.	Kohtalainen maisema-arvo ja kohtalainen herkkyys laajamittaisille lisäyksille.
		

9.7.2 Vaikutukset

Sigman tuulivoimapuiston visuaalinen vaikutus voi ilmetä, kun tuulivoimapuisto on perustettu, eli toimintavaiheessa. Siksi tässä jaksossa käsitellään vain tätä vaihetta.

Ympäristövaikutukset	Kasvi	Drift	Käytöstäpoisto
Visuaalinen vaikutus		x	

Visuaalisia vaikutuksia on analysoitu näkvyysanalyysin ja viidestä paikasta otettujen valokuvamosaiikkien avulla, ks. kuva 9-12 ja yhteenveto taulukossa 9-18.



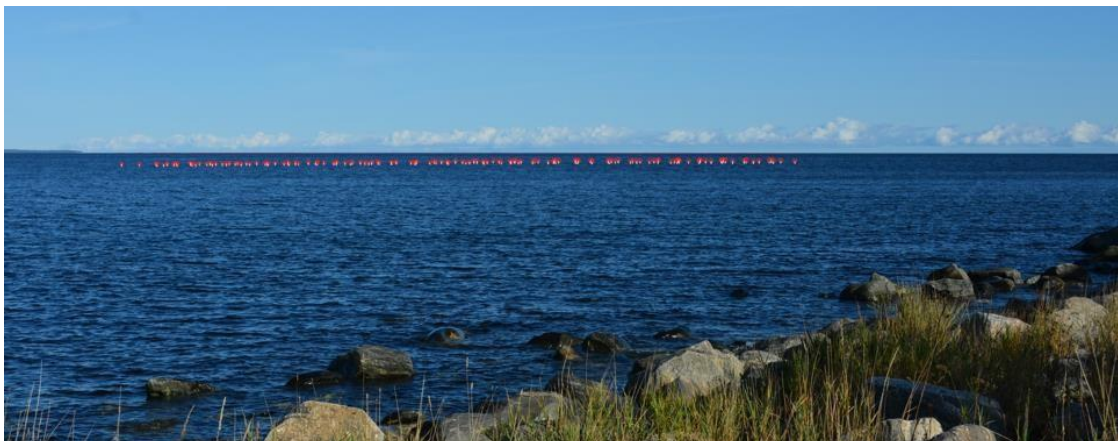
Kuva 9-12. Kuvassa on näkvyysanalyysi kokonaiskorkeuden (370 metriä) ja valokuvapisteidien osalta valokuvamontagea varten.

Taulukko 9-18. Yhteenveto valokuvauspisteistä, joissa tehtiin valokuvamontageja.

Kuvapiste	Sijainti	Etäisyys lähimpään tuulivoimalaan (kilometreinä)
A	Pitkä tuuli Söderhamnin pohjoispuolella.	110
B	Hornlandet Hudiksvallin itäpuolella.	90
C	Galtströmin satama	90
D	Vårdkasberget, näkötorni, 185 metriä merenpinnan yläpuolella.	80
E	Dalsberget, 250 metriä merenpinnan yläpuolella.	100

Näkvyysanalyysi osoittaa, että koska Sigman tuulivoimapuisto on hyvin kaukana maasta, se näkyy hyvin harvoista paikoista. Yksityiskohtaisempi näkvyysanalyysi ja suurennut kartat löytyvät liitteestä 10.

Alla on kaksi esimerkkiä valokuvamontageista. Kuvassa 9-13 on montage, jossa tuulipuisto kokonaisuudessaan on horisonttirajan alapuolella suuren etäisyyden vuoksi, kuvapiste A. Långvindin luonnonsuojelualue.



Kuva 9-13. Valokuvamontaasi valokuvapistestä A. Långvindin luonnonsuojelualue, joka sisältää teoreettisen näkvyysanalyysin, jossa tuulivoimalat on esitetty piirtämällä ääriverivat kokonaisuudessaan, vaikka tuulivoimalat ovat todellisuudessa kokonaisuudessaan horisontin takana.

Kuvauspisteestä E, Dalsbergetistä, tuulipuisto voi teoriassa näkyä, koska vuorelta on selkeä näkymä merelle. Etäisyys on kuitenkin niin suuri, 100 kilometriä, että todellisuudessa tuulipuistoa on vaikea nähdä paljain silmin, ks. kuva 9-14.



Kuva 9-14. Valokuvamosaiikki kuvauspisteestä E, Dalsberget.

Tuulipuisto ei todennäköisesti näy mihinkään mantereella sijaitsevaan paikkaan. Niistä pisteistä, jotka ovat korkealla ja joista on selkeä näkyvyys, eli pisteistä D ja E, tuulivoimalat voivat teoriassa näkyä selkeällä säällä. On kuitenkin epätodennäköistä, että tuulivoimalat näkyisivät paljaalla silmällä, koska etäisyys lähimpään tuulivoimalaan on kahdeksan ja kymmenen mailia. Näillä etäisyyksillä vain roottorin lavat saattavat näkyä horisontin yläpuolella. Estevalot eivät näy mantereelta, koska napa ei näy näillä etäisyyksillä maan kaarevuuden vuoksi.

Alueella olevat saaret ovat suhteellisen lähellä rannikkoa, ja ne ovat myös näkvyysanalyysin mukaan tuulivoimaloiden näkvyysalueen ulkopuolella.

Kaiken kaikkiaan voidaan päätellä, että koska etäisyys tuulipuistoon on suuri, maisemavaikutuksia **ei katsota olevan lainkaan tai vain vähäisiä**.

Kumulatiivinen vaikutus

Sigman läheisyydessä on useita suunniteltuja tuulipuistoja (kuva 6-1), ja kaikki neljä arvioinnissa mukana ollutta puistoa sijaitsevat lähempänä rannikkoa kuin Sigma. Jos kaikki nämä tuulivoimalat rakennettaisiin eri etäisyyksille mantereesta ja siten vaihtelevalle näkyvyydelle, Sigman perustaminen ei lisäisi maisemaan mitään uutta elementtiä. Sen vuoksi Sigman kumulatiivinen lisävaikutus maisemaan arvioidaan **merkityksettömäksi**.

9.7.3 Suojatoimenpiteet

Tuulivoimapuiston vaikutuksia maisemaan pidetään vähäisinä, joten suojelutoimenpiteitä ei tarvita.

9.7.4 Seuraukset

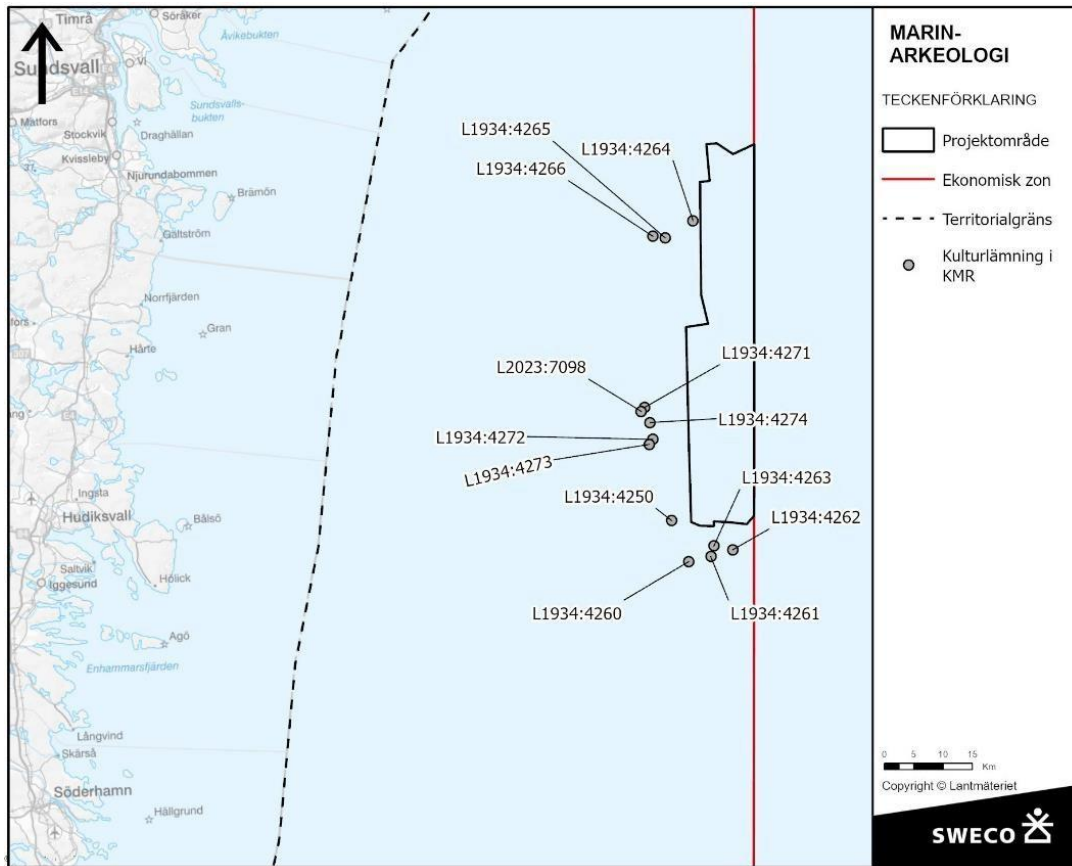
Kyseisillä rannikkoalueilla on **kohtalainen** tai **korkea** maisema-arvo, ja tuulipuiston vaikutukset ovat **vähäisiä tai olemattomia**. Tämä tarkoittaa, että tuulivoimapuistolla **ei** arvioida olevan **merkittäviä** maisemavaikutuksia.

9.8 Meriarkeologia

Sweco on laatinut kulttuurihistoriallisen toteutettavuustutkimuksen, jonka tarkoituksena on selvittää, onko hankealueella mahdollisesti merellisiä muinaisjäännöksiä ja kulttuurijäännöksiä suunnitellun tuulipuiston alueella. Raportti on luettavissa kokonaisuudessaan liitteessä 11.

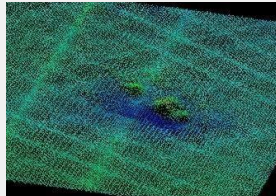
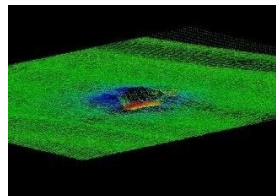
9.8.1 Nykytilanteen kuvaus

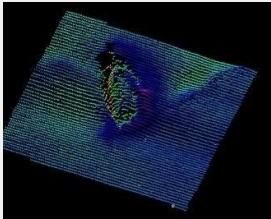
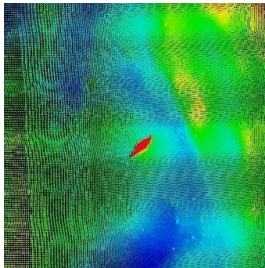
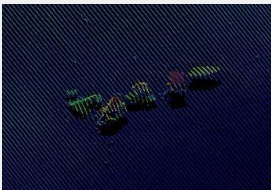
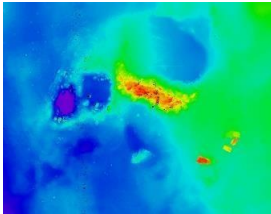
Toteutettavuustutkimuksen mukaan Ruotsin kansallisen rekisterin, kulttuuriympäristörekisterin, mukaan Sigman tuulipuiston hankealueella ei ole tunnettuja muinaisjäännöksiä. Hankealueelta ei myöskään ole tietoja haaksirikoista. Kymmenen kilometrin etäisyydellä hankealueen ulkorajasta on kuitenkin 13 muinaisjäännöstä, ks. kuva 9-15 ja taulukko 9-19. Näistä muinaisjäännöksistä kuusi on rekisteröity *laiva- tai venejäännöksi*, ja niitä pidetään todennäköisinä laivajäänteinä. Loput seitsemän merkintää on rekisteröity *muiksi* ja niistä on vain vähän tietoa. Yhtäkään näistä jäännöksistä ei ole varmistettu kentällä, ja niiden kulttuuriperintöpotentiaalia on tällä hetkellä vaikea arvioida.

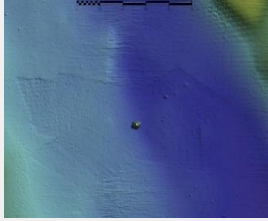
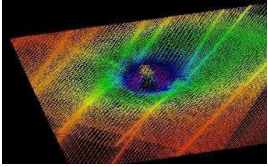
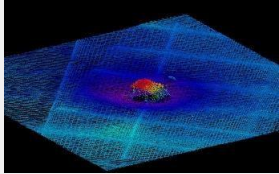
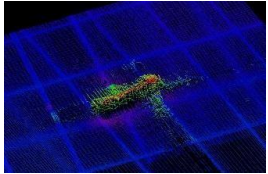
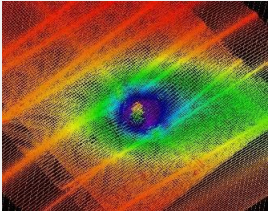


Kuva 9-15. Sigman tuulipuiston hankealueeseen liittyvät jäännökset.

Taulukko 9-19. Sigman tuulipuiston hankealueeseen liittyvät muinaisjäännökset.

KMR ID	Tyyppi	Kuvaus KMR:ssä	KMR:n syvyys- ja monikeilakuvat
L1934:4264	Alukset /venelaituri	Tiedot jäänteistä, joita ei ole vahvistettu kentällä. Mahdollinen noin 26 metriä pitkä ja kuusi metriä leveä hylky. Noin 1,5 metrin ulkonema. Kohde löydettiin 2013-11-30 Ruotsin merenkululaitoksen suorittamissa meritutkimuksissa.	
L1934:4265	Muut	Tiedot jäänteistä, joita ei ole vahvistettu kentällä. Noin yhdeksän metriä pitkä ja 7,5 metriä leveä esine. Yli ulottuu noin 1,7 metriä. Kohde löydettiin 2013-11-30 Ruotsin merenkululaitoksen suorittamissa meritutkimuksissa.	

L1934:4266	Alukset /venelaituri	Tiedot jäänteistä, joita ei ole vahvistettu kentällä. Todennäköisesti noin 29 metriä pitkä ja yhdeksän metriä leveä hylky. Noin 1,5 metrin ulkonema. Kohde löydettiin 2014-02-09 Ruotsin merenkululaitoksen suorittamissa meritutkimuksissa.	
L1934:4271	Alukset /venelaituri	Tiedot jäänteistä, joita ei ole vahvistettu kentällä. Mahdollinen hylky, noin yhdeksän metriä pitkä ja 2,9 metriä leveä. Noin 0,8 metriä ylöspäin. Kohde löydettiin 17. helmikuuta 2014 Ruotsin merenkululaitoksen suorittamien meritutkimusten yhteydessä.	
L2023:7098	Alukset /venelaituri	Tiedot jäänteistä, joita ei ole vahvistettu kentällä. 41 metriä pitkä ja 17 metriä leveä soikea muodostuma, luultavasti haaksirikko tai luonnollinen muodostuma. Syvyys: 35 metriä. Kohde paikallistettiin Nordic Maritime Groupin vuonna 2021 tekemän monikeilainaineiston analyysin yhteydessä.	Kuva puuttuu
L1934:4274	Alukset /venelaituri	Tiedot jäänteistä, joita ei ole vahvistettu kentällä. Mahdollinen hylky, noin 8,9 metriä pitkä ja 3,8 metriä leveä. Noin kolme metriä ulkoneva. Kohde löydettiin 17. helmikuuta 2014 Ruotsin merenkululaitoksen suorittamien meritutkimusten yhteydessä.	
L1934:4272	Muut	Tiedot jäänteistä, joita ei ole vahvistettu kentällä. Viisi esinettä eli rikkinäinen hylky, joka on noin 22 metriä pitkä ja 12 metriä leveä. Noin kolme metriä ylöspäin. Esine löytyi 17. helmikuuta 2014 Ruotsin merenkululaitoksen suorittamissa meritutkimuksissa.	
L1934:4273	Muut	Tiedot jäänteistä, joita ei ole vahvistettu kentällä. Useita erikokoisia ja -muotoisia esineitä, joista yksi on noin 15 metriä pitkä ja 7,5 metriä leveä. Pylväät ovat noin neljä metriä korkealla. Esine löydettiin 17. helmikuuta 2014 Ruotsin merenkululaitoksen suorittamissa meritutkimuksissa.	

L1934:4250	Muut	Tiedot jäänteistä, joita ei ole vahvistettu kentällä. Noin kuusi metriä pitkä, kuusi metriä leveä ja viisi metriä korkea tuntematon esine. Esiine löydettiin 30. toukokuuta 2011 meritutkimusten yhteydessä MonaLisa-hankkeessa, josta vastasi Ruotsin merenkululaitos.	
L1934:4263	Muut	Tiedot jäänteistä, joita ei ole vahvistettu kentällä. Noin seitsemän metriä pitkä ja 5,5 metriä leveä esine. Noin 1,5 metriä ylöspäin. Esiine löydettiin 2013-11-29 Ruotsin merenkululaitoksen suorittamissa meritutkimuksissa.	
L1934:4262	Muut	Tiedot jäänteistä, joita ei ole vahvistettu kentällä. Noin kuusi metriä pitkä ja kuusi metriä leveä esine. Noin kolme metriä korkea. Esiine löytyi 2013-11-28 Ruotsin merenkululaitoksen suorittamissa meritutkimuksissa.	
L1934:4261	Alukset /venelaituri	Tiedot jäänteistä, joita ei ole vahvistettu kentällä. Noin 30 metriä pitkä ja yksitoista metriä leveä esine. Noin 2,3 metriä korkea. Esiine löydettiin 2013-11-29 Ruotsin merenkululaitoksen suorittamissa meritutkimuksissa.	
L1934:4260	Muut	Tiedot jäänteistä, joita ei ole vahvistettu kentällä. Noin 3,3 metriä pitkä ja 3,5 metriä leveä esine. Nousee noin kolme metriä ylöspäin. Esiine löytyi 2013-11-29 Ruotsin merenkululaitoksen suorittamissa meritutkimuksissa.	

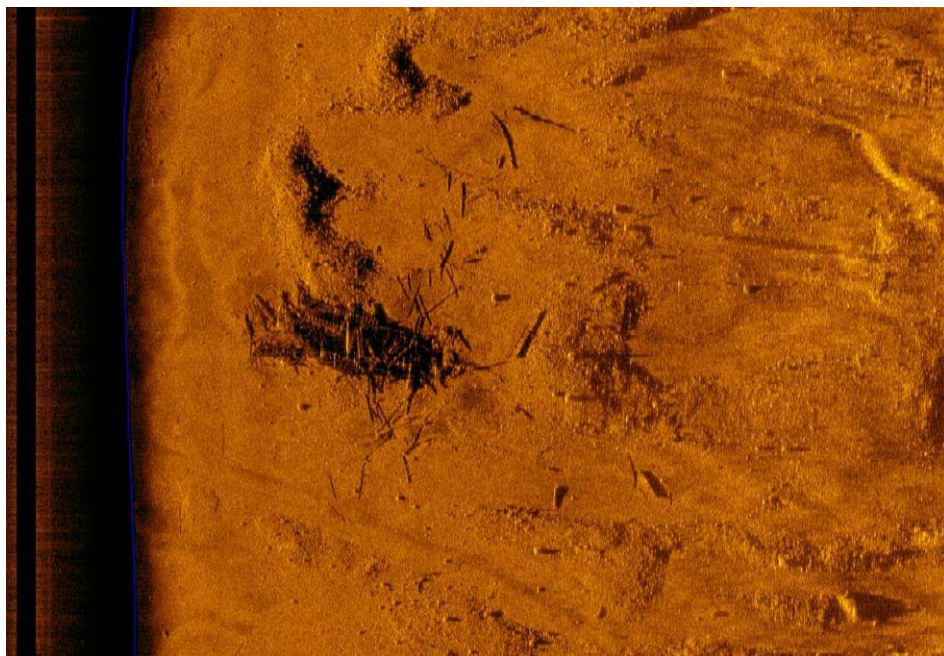
Yksityisen hylkyarkiston, Skandinaviskt vrakarkivin, mukaan on tietoja uponnun laivasta. Aluksen sanotaan haaksirikkoutuneen vuonna 1916, ja Skandinaviskt vrakarkivin tietojen mukaan hylky sijaitsee noin 20 kilometriä hankealueesta etelään. Sijainti on kuitenkin epävarma, eikä sitä ole vahvistettu kulttuuriperintörekisteristä tai muista digitaalisista hylky- tai hylkytietolähteistä.

Hankealueella suoritettiin merenpohjatutkimus *sivuttaisluotaimella* kesällä 2024. Luotaimen tietojen ensimmäisen yleisen tarkastelun aikana alueen pohjoisosassa havaittiin todennäköinen hylky, ks. kuva 9-16.

Yhtään lähialueen jäännöistä tai alueella sijaitsevaa todennäköistä hylkyä ei ole varmistettu maastossa, ja tässä vaiheessa on vaikea määrittää, millainen kulttuurihistoriallinen potentiaali niillä on. Meriarkeologi tutkii kaikuluotaustiedot vuoden 2025 ensimmäisellä vuosineljänneksellä mahdollisten tuntemattomien arkeologisten jäännösten tai

meriarkeologiset esineet. Jotta voidaan varmasti määrittää, onko näissä syvyyksissä löydetty esine laillisesti suojeltu hylky vai ei, jäänteet on tutkittava tarkemmin esimerkiksi kauko-ohjatulla vedenalaisella ajoneuvolla (ROV).

Mahdollisten meriarkeologisten jäännösten arvoa **pidetään kohtalaisena**.



Kuva 9-16. Sonarikuva alueen pohjoisosassa sijaitsevasta todennäköisestä hylystä.

9.8.2 Vaikutukset

Merenpohjaan kohdistuvia fyysisiä häiriöitä aiheutuu tuulipuiston rakentamisen aikana sekä toimintaan, ylläpitoon ja käytöstä poistamiseen liittyvien töiden aikana.

Ympäristövaikutukset	Rakentaminen	Drift	Käytöstäpoisto
Merenpohjan fyysinen häiriö	x	x	x

Kulttuuriperinnön jäännöksiä saatetaan häiritä rakennusvaiheen aikana, lähinnä sisäkaapeliin ja perustusten asentamisen sekä merenpohjan tasoittamisen aikana. Muinaisjäännöksiin voi vaikuttaa sekä suora fyysinen häiriö että peittyminen sedimenttiä levitettäessä. Merenpohjan tutkimuksista saatujen kaiku- ja taustatietojen jatkuva tarkastelu antaa tietoa hankealueella mahdollisesti olevista aiemmin tuntemattomista muinaisjäännöksistä. Muinaisjäännösten sijainnin tunteminen mahdollistaa tuulipuiston sijoittelun mukauttamisen siten, että muinaisjäännöksiin kohdistuvien vaikutusten riski minimoidaan. Ehdotettujen suojatoimenpiteiden avulla riski, että tuntemattomiin muinaisjäännöksiin kohdistuu vaikutuksia, arvioidaan pieneksi ja vaikutus **ei ole vähäinen tai vähäinen**.

Toimintavaiheessa merenpohjaan voi kohdistua fyysisiä häiriöitä huoltotöiden, kuten tuulivoimaloiden vaihteiston tai lapojen vaihdon yhteydessä. Nämä työt saatetaan joutua suorittamaan tukialuksia käyttäen. Kaikkien tuntemattomien kulttuuriperinnön jäännösten katsotaan tulleen esiin jo rakennusvaiheessa,

miksi merenpohjaan liittyvillä töillä toimintavaiheessa **ei** arvioida olevan **lainkaan tai olevan merkityksettömiä** vaikutuksia. vaikutus.

Käytöstäpoistovaiheessa merenpohjaan kohdistuvat fyysiset häiriöt ovat samankaltaisia kuin rakennusvaiheessa mahdollisesti aiheutuvat häiriöt. Vaikutuksen arvioidaan olevan **olematon/merkityksetön**, koska mahdolliset tuntemattomat jäännökset katsotaan löydetyn aikaisemmissa vaiheissa.

9.8.3 Suojatoimenpiteet

Rakennus-, käyttö- ja käytöstäpoistotyötä suunniteltaessa on merenpohjan töistä, jotka tehdään lähempänä kuin 50 metrin etäisyydellä meriarkeologisen jäännöksen tai merkinnän ulkoreunasta, neuvoteltava hyvissä ajoin lääninhallituksen kanssa.

9.8.4 Seuraukset

Mahdollisten meriarkeologisten muinaisjäännösten **arvoa** pidetään **kohtalaisena**, ja tuulipuiston **vaikutukset** ovat **ei ole / merkityksetön**. Tämä tarkoittaa, että tuulipuistolla **ei** katsota **ei ole / merkityksetön** tai **vähäisiksi** vaikutuksia meriarkeologisiin jäännöksiin tai muihin kulttuuriperintöarvoihin.

10 Meristrategiapuitedirektiivi ja Itämeren toimintasuunnitelma

10.1 Meristrategiapuitedirektiivi

Meristrategiapuitedirektiivi on EU:n yhteinen meriympäristöä koskeva kehys, joka kattaa merivedet rannikolta talousvyöhykkeen ulompaan rajaan asti ja on siten EU:n yhdenmukaisen meripolitiikan ympäristöpilari (SwAM, 2014a). Direktiivin tavoitteena on saavuttaa tai säilyttää Euroopan merien hyvä ympäristön tila vuoteen 2020 mennessä. Ruotsissa direktiivi on saatettu osaksi kansallista lainsäädäntöä meriympäristöasetuksella (2010:1341).

Ruotsin meri- ja vesihallintoviraston määräyksissä (HVMFS 2012:18) vahvistetaan Pohjanmeren ja Itämeren ympäristön hyvälle tilalle ominaiset olosuhteet sekä ympäristölaatuvaatimukset ja niihin liittyvät indikaattorit (SwAM, 2012). Sigman tuulivoimapuisto sijaitsee *Itämeren* vesienhoitoalueella, *Perämeren* merialueella ja *Perämeren edustan* merialueella.

Taulukossa 10-1 esitetään, missä määrin toiminta vaikuttaa edellytyksiin täyttää meristrategiapuitedirektiivin mukaiset ympäristön hyvän tilan kriteerit.

Meriympäristölle, niin sanotuille offshore-vesille, on vahvistettu yksitoista ympäristölaatuvaatimusta ja niihin liittyviä indikaattoreita (SwAM, 2012). Ympäristölaatuvaatimukset ja suunnitellun toiminnan arvioitavat vaikutukset mahdollisuuksiin saavuttaa ympäristölaatuvaatimukset on esitetty taulukossa 10-1.

Yleisarvioinnin mukaan Sigman tuulipuiston ei katsota vaikuttavan mahdollisuuteen saavuttaa ympäristön hyvä tila tai mahdollisuuteen säilyttää tai saavuttaa ympäristön laatuvaatimukset *Perämeren edustan vesillä*.

Taulukko 10-1. Ympäristön hyvän tilan kuvaajat HVMFS 2012:18:n (SwAM, 2012) mukaisesti, niihin liittyvät kriteerit ja sovellettavan toiminnan arvioitavat vaikutukset.

Kuvaajat	Kriteerit (yhteenveto)	Arvioitu vaikutus ympäristön tilaan
1. Biologinen monimuotoisuus	Luontotyyppien laatu ja runsaus sekä lajien levinneisyys ja runsaus osoittavat, että ihmistoiminta ei vaikuta niihin ja että ne vastaavat vallitsevia geomorfologisia, maantieteellisiä ja ilmastollisia olosuhteita.	Toiminnalla arvioidaan merkityksellömiin tai vähäisiksi vaikutuksia biologisiin arvoihin, ks. kohta 9.1. 9.6. Näin ollen toiminnan ei katsota vaikuttavan mahdollisuuteen säilyttää tai saavuttaa ympäristön hyvä tila niiden kriteerien mukaisesti, joihin kuvaajan 1 arviointi perustuu.
4. Merten ravintoverkot	Kaikki meren ravintoverkkojen osat esiintyvät seuraavissa paikoissa	Toiminnalla arvioidaan merkityksellömiin tai vähäisiksi vaikutuksia biologisiin arvoihin, ks. kohta 9.1.

Kuvaajat	Kriteerit (yhteenveto)	Arvioitu vaikutus ympäristön tilaan
	tavanomainen runsaus ja monimuotoisuus tasolla, joka riittää varmistamaan lajien pitkään aikaväliin eloonjäämisen ja säilyttämään niiden täyden lisääntymiskyvyn.	9.6. Näin ollen toiminnan ei katsota vaikuttavan mahdollisuuteen säilyttää tai saavuttaa ympäristön hyvä tila niiden kriteerien mukaisesti, joihin kuvaajan 4 arviointi perustuu.
6. Merenpohjan eheys	Merenpohjan eheys säilytetään tasolla, joka ei vaikuta haitallisesti ekosysteemeihin.	Toimien ansiosta enintään 0,001 prosenttia Perämeren merivedestä käytetään kaapeleihin, perustuksiin ja eroosiosuojaukseen. Merenpohjaan kohdistuvien fyysisten vaikutusten ja niistä johtuvien luontotyyppimuutosten katsotaan vaikuttavan luontotyypeihin ja lajeihin vain vähän, ks. kohdat 9.1 ja 9.2. Näin ollen toiminnan ei katsota vaikuttavan mahdollisuuteen säilyttää tai saavuttaa ympäristön hyvä tila niiden kriteerien mukaisesti, joihin kuvaajan 6 arviointi perustuu.
11. Vedenalaiset äänet	Vedenalainen melupäästö on tasolla, joka ei vaikuta haitallisesti merieläinpopulaatioihin.	Toiminnasta aiheutuu suhteellisen lyhytaikaista vedenalaista melua rakennusvaiheen aikana. Ehdotettujen lieventämistoimenpiteiden avulla kaloihin ja merinisäkkäisiin kohdistuvat vaikutukset arvioidaan vähäisiksi tai vähäisiksi. Vaikutukset toiminnan aikana arvioidaan vähäisiksi. Näin ollen toiminnan ei katsota vaikuttavan mahdollisuuteen säilyttää tai saavuttaa ympäristön hyvä tila niiden kriteerien mukaisesti, joihin kuvaajan 11 arviointi perustuu.

Taulukko 10-2. HVMFS 2012:18:n (SwAM, 2012) mukaiset merivesien ympäristölaatumormit ja sovellettavan toiminnan arvioidut vaikutukset niiden saavuttamismahdollisuuksiin.

Ympäristötaakka	Ympäristölaatumormi	Arvioitu vaikutus tavoitteiden saavuttamiseen
A. Ravinteiden ja orgaanisen aineksen syöttö	A.1 Ihmistoiminnasta peräisin olevia ravinnepäästöjä on vähennettävä, kunnes ne eivät aiheuta meriympäristössä sellaisia typpi- ja fosforipitoisuuksia, jotka estävät ympäristön hyvän tilan saavuttamisen.	Toiminnasta ei aiheudu suoria typpi- ja fosforipäästöjä mereen, lukuun ottamatta vähäisessä määrin rakennus- ja huoltoalusten päästöjä (typen oksidit). Näin ollen toiminnan ei katsota vaikuttavan mahdollisuuksiin saavuttaa ympäristölaatumormi A.1..
B. Vaarallisten aineiden käyttöönnotto	B.1 Ihmistoiminnasta peräisin olevien vaarallisten aineiden päästöjä on vähennettävä, kunnes ne eivät aiheuta sellaisia vaarallisten aineiden pitoisuuksia, jotka estävät ympäristön hyvän tilan saavuttamisen. B.2 Ihmistoiminnasta meriympäristöön joutuvat vaaralliset aineet eivät saa aiheuttaa haitallisia vaikutuksia biologiseen monimuotoisuuteen ja ekosysteemeihin.	Toimintaan ei liity vaarallisten aineiden suoria päästöjä mereen, ja toimenpiteet on toteutettu päästöjen estämiseksi onnettomuuden tai vuodon sattuessa, ks. kohta 12.2. Pohjasedimentissä olevat ympäristömyrkyt voivat mahdollisesti suspendoitua uudelleen toiminnan rakentamisen ja käytöstä poistamisen yhteydessä. Suoritettu sedimentinäytteenotto osoittaa, että sedimenttien haitta-ainepitoisuudet ovat alhaiset, ks. kohta 7.1.2.3. Lisäksi suoritettu sedimenttimallinnus osoittaa paikallista ja lyhytaikaista leviämistä, ks. kohta 7.1.2.1. Lisäksi suoritettu sedimenttimallinnus osoittaa paikallista ja lyhytaikaista leviämistä.

Ympäristötaakka	Ympäristönlautunormi	Arvioitu vaikutus tavoitteiden saavuttamiseen
C. Biologiset häiriöt	C.1 Meriympäristön on oltava vapaa tarkoituksellisesti tuotavista tai siirretyistä vieraslajeista ja -kannoista sekä ihmisen toiminnan muutoin levittämistä vieraslajeista, jotka voivat vaikuttaa haitallisesti geneettiseen tai biologiseen monimuotoisuuteen tai ekosysteemin toimintaan. C.3 Kaikkien kalastuksen vaikutuspiirissä olevien luontaisesti esiintyvien kala- ja äyriäislajien populaatioiden ikä- ja kokorakenne sekä kantojen runsaus takaavat niiden pitkän aikavälin kestävyys. C.4 Kalayhteisön runsauden, lajikoostumuksen ja kokojakauman on mahdollistettava ravintoverkon keskeisten toimintojen säilyminen.	Toiminnan ei katsota lisäävän uusien tai tulokaslajien leviämiskä. Toiminnan vaikutukset arvioidaan vähäisiksi, ks. kohta 7.2.6. Näin ollen toiminnan ei arvioida vaikuttavan mahdollisuuksiin saavuttaa ympäristönlautunormi C.1. Toiminnan vaikutukset ovat vähäiset. Toiminnan ei katsota vaikuttavan ympäristönlautunormien C.3 saavuttamiseen, koska siihen ei liity kalastusta. Toiminta voi vaikuttaa kaloihin esimerkiksi vedenalaisen melun ja elinympäristön muutosten kautta. Kokonaisvaikutukset kaloihin arvioidaan vähäisiksi, ks. kohta 9.2. Toiminnan arvioidaan edistävän tai heikentävän kalayhteisön runsautta, lajikoostumusta tai kokojakaamaa, mikä mahdollistaa tärkeiden toimintojen säilymisen ravintoverkossa. Mahdollinen riuttaan kohdistuva vaikutus voi johtaa pieneen myönteiseen vaikutukseen kalayhteisön runsauteen ja koostumukseen. Toiminnan ei yleisesti ottaen katsota vaikuttavan mahdollisuuksiin saavuttaa ympäristönlautunormi C.4. Toiminnan ei katsota vaikuttavan.
D. Fyysinen häiriö	D.1 Ihmistoiminnan vaikutuspiiriin kuulumattoman merenpohjan alueen on oltava niin suuri, että se tarjoaa edellytykset merenpohjan rakenteen ja toiminnan ylläpitämiseen kunkin luontotyypin osalta. D.2 Biogeenisten kasvualustojen pinta-ala on säilytettävä tai sitä on lisättävä. D.3 Laajamittaisista toimista johtuvat hydrografisten olosuhteiden pysyvät muutokset eivät saa vaikuttaa haitallisesti biologiseen monimuotoisuuteen ja ekosysteemeihin.	Toimien ansiosta enintään 0,001 prosenttia Perämeren merivedestä käytetään kaapeleihin, perustuksiin ja eroosiosuojaukseen. Merenpohjaan kohdistuvien fyysisten vaikutusten ja niistä johtuvien luontotyyppimuutosten katsotaan vaikuttavan luontotyyppeihin ja lajeihin vain vähän, ks. kohdat 9.1 ja 9.2. Toiminnan ei näin ollen katsota vaikuttavan mahdollisuuksiin saavuttaa ympäristön laatuvaatimus D.1. Tuulivoimaloiden perustukset muodostavat vesipatsaaseen uusia rakenteita, jotka luovat mahdollisuuden riutterakenteelle, joka voi tuottaa riuttavaikutuksen. Riuttoihin vaikutukset pohjelaajamittaan ja kaloihin arvioidaan vähäisiksi tai myönteisiksi. Kaiken kaikkiaan toiminnan ei katsota vaikuttavan mahdollisuuksiin saavuttaa ympäristönlautunormi D.2.. Toiminnan vaikutuksen hydrografisten olosuhteiden muuttamiseen katsotaan olevan luonnollisten vaihtelujen rajoissa ja siten vähäistä. Näin ollen toiminnan ei katsota vaikuttavan mahdollisuuksiin saavuttaa ympäristönlautunormi D.3.
E. Roskat ja melu	E.1 Meriympäristön tulisi olla mahdollisimman roskaton. E.2 Ihmisten toiminta ei saa aiheuttaa haitallista impulssimaista melua merinisäkkäiden vaikutusalueella aikana, jolloin eläimet ovat herkkiä häiriöille.	Toiminta ei lisää meriympäristön roskaantumista, joten sen ei katsota vaikuttavan mahdollisuuksiin saavuttaa ympäristönlautunormi E.1.. Toimintaan liittyy mahdollisia vaikutuksia merinisäkkäisiin (hylkeet) vedenalaisen melun kautta. Vedenalaisesta melusta merinisäkkäisiin kohdistuvat vaikutukset arvioidaan vähäisiksi. Näin ollen toiminnan ei katsota vaikuttavan mahdollisuuteen saavuttaa ympäristönlautunormi E.2.

10.2 Itämeren toimintasuunnitelma

HELCOM-maat ovat hyväksyneet Itämeren ympäristöä koskevan yhteisen toimintasuunnitelman, Itämeren toimintasuunnitelman (HELCOM, 2021). Suunnitelman tavoitteena on palauttaa Itämeren ympäristön hyvä tila. Suunnitelma päivitettiin vuonna 2021, ja se sisältää noin 200 toimenpidettä, jotka on jaettu neljälle painopistealueelle:

- Biologinen monimuotoisuus
- Rehevöityminen
- Vaaralliset aineet ja meren roskaantuminen
- Merellä tapahtuva toiminta

Taulukossa 10-3 esitetään painopistealueet ja niihin liittyvät tavoitteet sekä suunniteltujen toimien arvioitu vaikutus mahdollisuuksiin saavuttaa tavoitteet

Yleisarvion mukaan Sigman tulipuiston ei odoteta vaikuttavan mahdollisuuksiin saavuttaa Itämeren toimintasuunnitelman tavoitteet.

Taulukko 10-3. Yhteenveto Itämeren toimintasuunnitelman tavoitteisiin perustuvista vaikutuksista.

Painopistealueet ja niihin liittyvät tavoitteet	Arvioitu vaikutus tavoitteiden saavuttamiseen
Biologinen monimuotoisuus "Terve ja kestävä Itämeren ekosysteemi"	Toiminta voi vaikuttaa eri lajeihin esimerkiksi vedenalaisen melun, sedimenttien leviämisen ja törmäysriskin kautta. Pohjaeläimistöön, kaloihin, merinisäkkäisiin ja lepakoihin kohdistuvat ympäristövaikutukset esitetään kohdissa 9.1-9.6. Yhteenvetona voidaan todeta, että vaikutukset ovat merkityksettömiin tai vähäisiksi. Näin ollen toimien ei katsota vaikuttavan mahdollisuuksiin saavuttaa tavoite.
Rehevöityminen "Itämeren ei pitäisi olla rehevöitynyt"	Toiminnasta ei aiheudu suoria typpi- ja fosforipäästöjä mereen, lukuun ottamatta vähäisessä määrin rakennus- ja huoltoalusten päästöjä (typen oksidit). Näin ollen toiminnan ei katsota vaikuttavan mahdollisuuksiin saavuttaa tavoite.
Vaaralliset aineet ja meren roskaantuminen "Itämeren pitäisi olla vaarallisten aineiden ja roskien ulottumattomissa"	Toimintaan ei liity vaarallisten aineiden suoria päästöjä mereen, ja toimenpiteet on toteutettu päästöjen estämiseksi onnettomuuden tai vuodon sattuessa, ks. kohta 12.2. Pohjasedimentissä olevat ympäristömyrkyt voivat mahdollisesti suspendoitua uudelleen toiminnan rakentamisen ja käytöstä poistamisen yhteydessä. Sedimentinäytteiden ottaminen osoittaa, että sedimenttien haitta-ainepitoisuudet ovat alhaiset, ks. kohta 7.1.2.3. Lisäksi sedimenttimallinnus osoittaa paikallista ja lyhytaikaista leviämistä, ks. kohta 7.1.2.1. Lisäksi sedimenttimallinnus osoittaa paikallista ja lyhytaikaista leviämistä. Kaiken kaikkiaan toimien ei odoteta vaikuttavan tavoitteen saavuttamiseen.
Merellä tapahtuva toiminta "Ympäristön kannalta kestävä offshore-toiminta"	Toimenpiteen kokonaisvaikutusten arvioidaan olevan vähäiset tai lievästi kielteiset. Toiminnan vuoksi enintään 0,001 prosenttia Perämeren merivedestä käytetään kaapeleihin, perustuksiin ja eroosiosuojaukseen. Merenpohjaan kohdistuvien fyysisten vaikutusten ja niistä johtuvien luontotyyppimuutosten katsotaan vaikuttavan luontotyypeihin ja lajeihin vain vähän, ks. kohdat 9.1 92 ja .2. (). 9.2. Toimenpiteisiin on ryhdytty päästöjen estämiseksi onnettomuuden tai vuodon sattuessa, ks. kohta 12.2. Kaiken kaikkiaan toiminnan ei katsota vaikuttavan mahdollisuuksiin saavuttaa tavoite.

11 Valtioiden rajat ylittävät vaikutukset

Valtioiden rajat ylittävillä vaikutuksilla tarkoitetaan vaikutuksia, jotka ulottuvat kansallisten rajojen yli. Suomen kanssa on neuvoteltu valtioiden rajat ylittävien ympäristövaikutusten arvioinnista tehdyn yleissopimuksen eli Espoon yleissopimuksen mukaisesti.

Yhteenvedona voidaan todeta, että toiminnan rajatylittävien vaikutusten arvioidaan mahdollisesti johtuvan vedenalaisesta melusta, siirtymisvaikutuksista, esteisiin kohdistuvista vaikutuksista ja törmäysriskistä.

Koska hankealue sijaitsee noin 98 kilometrin päässä Suomen rannikolta, tuulivoimalat eivät näy maalta. Siksi rajat ylittäviä maisemavaikutuksia ei tarkastella tarkemmin.

11.1 Kalat, merinisäkkäät, linnut ja Natura 2000 -verkosto.

Toiminnalla voi olla vedenalaisen melun vuoksi rajat ylittäviä vaikutuksia Suomen länsirannikon kaloihin, merinisäkkäisiin (hylkeet) ja Natura 2000 -alueisiin. Toiminnalla on myös mahdollisia rajat ylittäviä vaikutuksia lintuihin estevaikutusten ja törmäysriskin vuoksi.

Vedenalainen melu voi väliaikaisesti vaikuttaa kaloihin ja hylkeisiin perustusten paalutuksen aikana. Ehdotetuilla suojelutoimenpiteillä etäisyys, jolla PTS tai TTS voi esiintyä, on sekä kalojen että hylkeiden osalta enintään yksi kilometri melun lähteestä, mikä tarkoittaa, että Suomen vesien eläimistöön kohdistuu vain hyvin vähäisiä vaikutuksia. Silakan kutualueet ja tärkeät hylkeiden poikaspaikat sijaitsevat Suomen länsirannikolla, yli 90 kilometrin päässä puistoalueesta. Koska etäisyys tärkeisiin alueisiin on pitkä, vedenalaisen melun vaikutusta Suomen vesien kaloihin ja hylkeisiin pidetään **vähäisenä**.

Hankealue sijaitsee lintujen yleisimpien muuttoreittien ulkopuolella, jotka kulkevat rannikoita pitkin ja lyhimmän matkan Ruotsin ja Suomen välillä. Lintujen muuttoa odotetaan näin ollen tapahtuvan vain vähäisessä määrin Sigman tuulipuiston hankealueen kautta. Hankealueen kiertäminen muodostaa hyvin pienen osan lintujen kokonaismuuttoreitistä, minkä vuoksi estevaikutusten katsotaan johtavan **vähäisiin** seurauksiin. Koska yksilötiheys alueilla on pieni, myös törmäysten seurauksia pidetään **vähäisinä**.

Lähimmät Suomen Natura 2000 -alueet sijaitsevat noin 86-103 kilometrin päässä Sigman tuulipuiston hankealueesta, ks. taulukko 11-1 ja kuva 9-9.
Alueilla havaittuja lajeja ovat harmaahylje (1364), rengasmainen hylje (6307) ja linnut sekä silakka, joka on tyypillinen laji luontotyypeille hiekkarannat (1110) ja riutat (1170).

Taulukko 11-1. Sigman tuulivoimapuiston etäisyys lähimmistä Natura 2000 -alueista, joilla on merellisiä luontotyyppejä ja lajeja.

Natura 2000 -alue	Etäisyys, ulkoreuna (km)	Nimetyt meren elinympäristöt ja lajit* (koodi ja ruotsinkieliset lyhennetyt nimitykset mukaan lajeja ja luontotyyppejä koskeva direktiivi)
Närpiön saaristo	86	1130 jokisuistot, 1150 laguunit, 1170 riutat.
Kristiinankaupungin saaristo	95	1110 hiekkarantaa, 1150 laguunia, 1170 riutaa, 1620 saarta ja pientä saarta. 1364 harmaahylje, 6307 rengashylje.
Kumiovi saaristo	103	1150 laguunia, 1170 riutaa, 1620 saarta ja luotoa.

Pitkän etäisyyden vuoksi vedenalaisen melun ei odoteta vaikuttavan hylkeisiin tai kaloihin Natura 2000 -alueilla. Natura 2000 -alueiden odotetaan myös pysyvän houkuttelevina linnuille, vaikka Sigman tuulipuisto olisi toiminnassa. Alueiden suojeluasemaan, mukaan lukien määritellyt lajit ja luontotypit, ei odoteta kohdistuvan vaikutuksia.

11.2 Kaupallinen kalastus

Näillä toimilla voi olla siirtymisen vuoksi rajat ylittäviä vaikutuksia Suomen kaupalliseen kalastukseen. Jos kalastusta rajoitetaan tai se joudutaan lopettamaan Sigman tuulivoimapuiston hankealueella, saaliit voivat pienentyä ja matkat hankealueen länsipuolella sijaitseville kalastuspaikoille pitenevät.

HELCOMin tietojen mukaan Suomen troolilaivasto käyttää periaatteessa samoja alueita kuin Ruotsin troolilaivasto (hankealueen länsi- ja eteläpuolella), ks. kuva 8-2. Tämä tarkoittaa, että suomalaiset kaupalliset kalastajat kulkevat hankealueen kautta suuremmassa määrin kuin ruotsalaiset kaupalliset kalastajat. Tuulivoimaloiden välinen etäisyys (vähintään 1470 metriä) mahdollistaa kulkemisen hankealueen läpi. Suurempi etäisyys hankealueen länsipuolella sijaitseville kalastusalueille, jos kalastajat päättävät välttää tuulipuiston, aiheuttaa hieman suuremman polttoaineen kulutuksen ja siten lisääntyneet päästöt. VMS-tietojen mukaan Suomen kalastus hankealueella on ollut hyvin vähäistä, minkä vuoksi Sigman tuulipuiston ei odoteta vaikuttavan saalismääriin. Suomalaisen kaupallisen kalastuksen katsotaan voivan jatkua normaalissa laajuudessa lähialueilla, hieman pidemmällä ajomatkalla, jos ne eivät halua kulkea hankealueen kautta. Kaiken kaikkiaan Sigman tuulivoimapuistolla katsotaan olevan **vähäisiä** vaikutuksia Suomen kaupalliseen kalastukseen.

12 Riski ja turvallisuus

12.1 Merenkulun riskit

RISE on tutkinut Sigman tuulipuiston merenkulkuriskejä, ja raportti on kokonaisuudessaan liitteessä 3.

12.1.1 Tausta

Tässä jaksossa käytettyjen termien määritelmät on esitetty taulukossa 12-1.

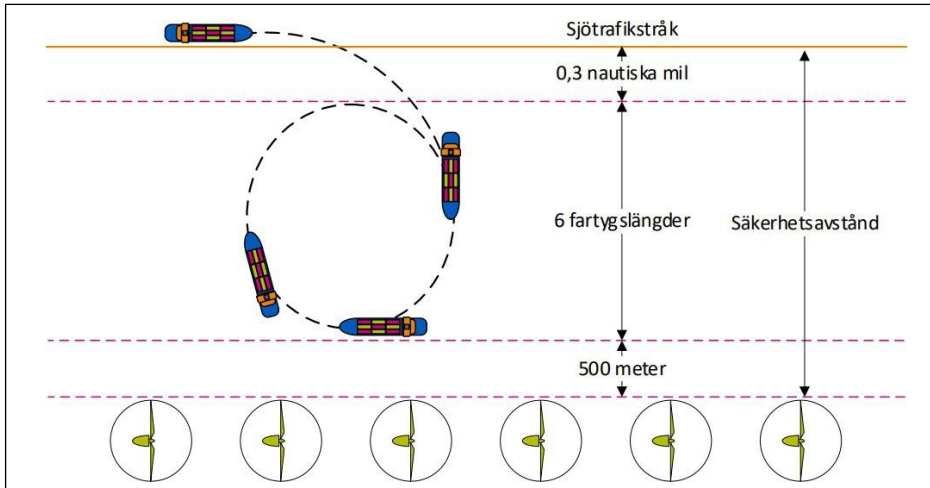
Taulukko 12-1. Joidenkin jaksossa käytettyjen termien määritelmät.

Konsepti		Selitys
Allision		Alukset, jotka purjehtivat tai ajautuvat kiinteään rakenteeseen tai alueelle, jossa on kiinteä rakenne, kuten tuulipuistot ja tuulivoimalat. Eroaa törmäyksestä, jolla tarkoitetaan kahden aluksen purjehtimista toisiinsa. <i>Moottorikäyttöinen törmäys:</i> alukset purjehtivat tuulipuistoon propulsiovoimalla. <i>Ajelehtiva törmäys:</i> alukset ajautuvat tuulipuistoon ilman, että niiden käyttövoimakoneisto on käynnissä.
Törmäystyytit	Head-on	Törmäys vastaantulevien alusten välillä.
	Ohittaminen	Törmäys ohitettaessa samalla ajokaistalla.
	Crossing	Törmäys laivaväylien ylityksessä.
	Yhdistäminen	Törmäys solmukohdissa, joissa laivaväylät kohtaavat.
	Bend	Törmäys solmukohdissa, joissa laivaväylät mutkittelevat.
M		Meripeninkulma (merimaili), merellä käytetty etäisyyden yksikkö. 1 M = 1,852 metriä.
PIANC		World Association for Waterborne Transport Infrastructure on kansainvälinen järjestö, joka antaa ohjeita ja suosituksia vesiliikenteen infrastruktuuriin liittyvistä teknisistä, taloudellisista ja ympäristökysymyksistä.
Riski		Epätoivotun tapahtuman todennäköisyyden ja sen mahdollisten seurausten punnitseminen.

Merenkulun riskianalyysin tekomenetelmä perustuu ISO-standardiin sekä Ruotsin merenkululaitoksen ja Ruotsin liikenneviraston suosituksiin (Sjöfartsverket, Transportstyrelsen, 2023). Suositusten mukaan tuulivoimaloiden ja väylien välillä on säilytettävä turvaetäisyys. Pienin hyväksyttävä turvaetäisyys on määritettävä suunnittelualukselle kolmen kriteerin perusteella: (1) manööveritila, (2) liikenteen intensiteetti ja monimutkaisuus ja (3)

navigointilaitteiden häiriöt. Valvonnassa käytetään kriteeriä, joka tarjoaa suurimman turvaetäisyyden.

Ohjaustila tarkoittaa, että aluksen on voitava tehdä 360 asteen käännös välttääkseen törmäyksen muiden alusten kanssa. Ohjeiden mukaan tämä etäisyys vastaa $0,3 \text{ meripeninkulmaa (M)} + 6 \text{ aluksen pituutta} + 500 \text{ metriä}$, ks. kuva 12-1.



Kuva 12-1. Tuulivoimaloiden ja laivaväylien välinen turvaetäisyys manööveritlakriteerin mukaan (Merenkulkulaitos, Liikennevirasto, 2023).

Liikenteen voimakkuus luokitellaan edellä esitettyjen suositusten mukaisesti asteikolla yhdestä (1) viiteen (5), kuten edellä merenkulkua koskevassa jaksossa (8.2.1) on kuvattu, ks. taulukko. 8-2. Liikenteen voimakkuuden perusteella kuvassa 12-2 esitetyllä matriisilla voidaan antaa ohjeita siitä, onko turvaetäisyys hyväksyttävä vai ei.

Trafikintensitet	5					
	4					
	3					
	2					
	1					
		Över 2	1,5-2	1-1,5	0,5-1	0-0,5
Säkerhetsavstånd (M)						

Kuva 12-2. Matriisi turvavälien (M = meripeninkulma) arvioimiseksi liikennemäärän perusteella (luokka 1).
 = 0-2 000 matkustajaa, luokka 2= 2 000-5 000 matkustajaa, luokka 3= 5 000-10 000 matkustajaa, luokka 4
 = 10 000 - 20 000 matkustajaa ja luokka 5= yli 20 000 matkustajaa).

Navigointilaitteet ovat laivojen kannalta kriittisiä, ja niiden häiritseminen on myös riski, joka on otettava huomioon. PIANC:n mukaan laivatutkien häiriöitä voi esiintyä jopa 1,5 meripeninkulman etäisyydellä tuulipuistoista.

12.1.2 Riskien tunnistaminen ja arviointi

Riskianalyysi alkaa riskien tunnistamisella niin sanotun HAZID-työpajan (*vaarojen tunnistaminen*) avulla. Merenkulun vaaratekijöihin kuuluvat erityisesti vaaratekijät, jotka voivat lisätä törmäys-, törmäys- tai karilleajoriskiä.

Sigman itäpuolella, Södran ja Norra Kvarkenin välisellä laivaväylällä oleva liikenne on riittävän kaukana (3-5 meripeninkulmaa) Sigman tuulivoimapuistosta, jotta väistöliikkeitä voidaan tarvittaessa tehdä.

Sigman länsipuolella, Husumin ja Södra Kvarkenin välisellä laivaväylällä, liikenne on enintään noin yhden meripeninkulman päässä Sigmasta. PIANC:n manööveritilakriteerin mukaan tämä tarkoittaa, että tilaa ja hyväksyttävää turvaetäisyyttä ei ole riittävästi. Kun kuitenkin otetaan huomioon, että liikennemäärät väylällä ovat hyvin alhaiset (266 ohitusta vuonna 2023), vähintään 0,5 meripeninkulman turvaetäisyyttä voidaan pitää hyväksyttävänä (kuva 12-2).

12.1.3 Rakennusvaihe

Rakennusvaiheen aikana, jonka odotetaan kestävän kolmesta neljään vuotta, liikenne hankealueelle, sieltä pois ja sen sisällä lisääntyy. Rakennusliikenne käsittää erityyppisiä ja -kokoisia aluksia, joilla on erilainen ohjattavuus. Rakentaminen tapahtuu vain kesäkuukausina, eikä se vaikuta talviseen meriliikenteeseen.

Rakennusvaiheen kriittisin vaara liittyy lisääntyneeseen liikenteen intensiteettiin ja laivaväylien ylittämiseen.

12.1.4 Toimintavaihe

Laskelmat törmäys- ja törmäystodennäköisyydestä sekä kaikenlaisten vaaratilanteiden todennäköisyydestä on tehty tapauksille, joissa on Sigma-tuulipuisto ja joissa ei ole Sigma-tuulipuistoa.

Tulokset osoittavat, että jonkinlainen törmäys, eli aluksen ajautuminen tai purjehtiminen tuulipuistoon, tapahtuu keskimäärin kerran 52 vuodessa. Tämä tulos perustuu todennäköisyyteen, että alus ajautuu tuulipuistoon.

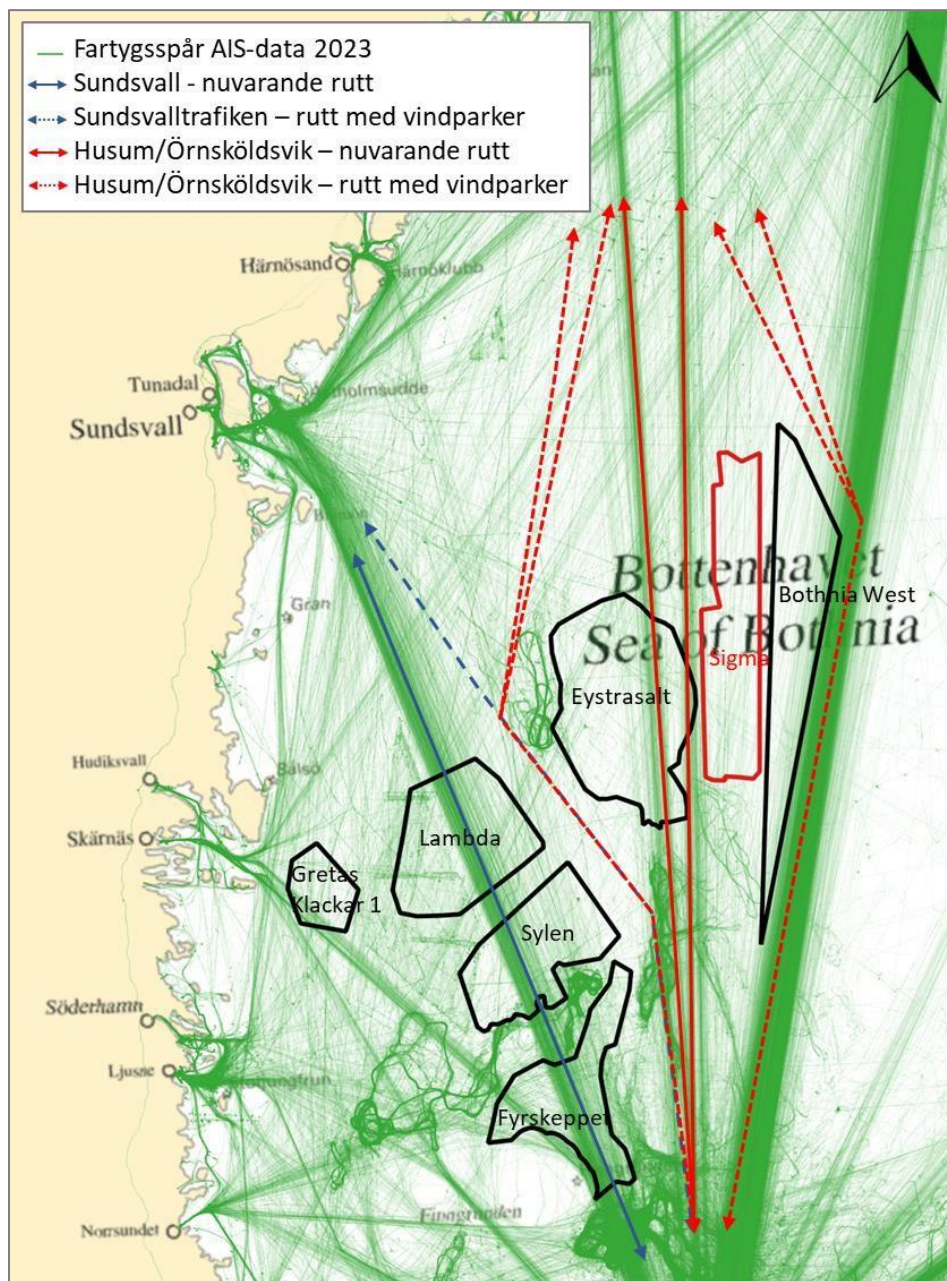
Todennäköisyys sille, että alus ajautuu tuulivoimalaan, on kuitenkin paljon pienempi, koska tuulivoimaloita on suhteellisen harvassa ja niiden välinen etäisyys on 1,5-2 kilometriä.

Tuulipuiston läheisyydessä kulkevat alukset voivat olla vaarassa joutua tutkahäirinnän kohteeksi. Käytössä on kaksi erityyppistä tutkaa, joista toista käytetään yleistutkana (S-kaista, aallonpituus kymmenen senttimetriä) ja toista lähitutkana (X-kaista, aallonpituus kolme senttimetriä). Tutkimukset ovat osoittaneet, että S-kaistan häiriötä voi esiintyä, jos alus kulkee 1,5 meripeninkulman sisällä tuulipuistosta. Jos alus kulkee 0,25 meripeninkulman sisällä, häiriötä voi esiintyä myös X-kaistalla.

Häiriöt voivat johtaa siihen, että tutka ei havaitse pienempiä aluksia lainkaan (niin sanottu *pienen kohteen häviäminen*) tai väärät kaikujäljet voivat syntyä, jos aluksen tutka on vuorovaikutuksessa tuuliturbiinien kanssa. Todennäköisyyttä, että törmäys tapahtuu sen vuoksi, että tutka ei havaitse pienempää alusta, pidetään pienenä, koska alueen liikennemäärät ovat hyvin alhaiset ja koska pienemmät alukset ovat yleensä hyvin ohjattavissa, mikä tarkoittaa, että mahdollisuudet väistää alusta ovat hyvät.

12.1.5 Kumulatiiviset vaikutukset

Tutkimuksessa on tarkasteltu useiden tuulipuistojen perustamista lähialueelle, jotka on esitetty kuvassa 12-3. Kun kaikki seitsemän tuulivoimapuistoa perustetaan, liikenne on ohjattava ja keskitettävä kahdelle laivaväylälle, joista toinen kulkee länteen ja toinen itään, ja sen seurauksena on otettava käyttöön uusia kääntöpaikkoja. Idässä voidaan käyttää nykyistä väylää. Lännessä Lambda Northin ja Eystrasaltin välinen käytävä on riittävän leveä, jotta uusi väylä voidaan perustaa. Uudet kääntymispaikat lisäävät kuitenkin törmäysriskiä. Törmäysriski kasvaa myös silloin, kun alusten on kuljettava tuulipuistojen välistä. Todennäköisyyttä, että kaikki tuulipuistot hyväksytään ja perustetaan nykyisellä mallilla, pidetään kuitenkin hyvin pienenä.



Kuva 12-3. Jos kaikki suunnitellut tuulivoimapaistot perustetaan suunnitelmien mukaisesti, kumulatiivisia vaikutuksia, kuten reittimuutoksia, syntyy.

12.1.6 Suojatoimenpiteet

Merenkulkuriskien minimoimiseksi tuulipuiston kaikissa vaiheissa toteutetaan useita erilaisia suojatoimenpiteitä.

Yhtiö aikoo neuvotella Ruotsin merenkululaitoksen ja Ruotsin liikenneviraston kanssa tarvittavista toimenpiteistä riskien minimoimiseksi rakennusvaiheen aikana. Näiden toimenpiteiden perustana on tuulipuiston lopulliseen suunnitteluun ja kuljetuksiin perustuva riskianalyysi.

Rakennus- ja suurista kunnossapitotoista tiedotetaan Ufs/Notice to Mariners -tiedotteilla ja navigointitextiviesteillä/NAVTEXillä.

Työalueen ympärille perustetaan 500 metrin suojavaavyhyke, jota valvotaan rakennus- ja käytöstäpoistovaiheen aikana sekä silloin, kun tärkeimpiä komponentteja vaihdetaan toimintavaiheessa tukialuksilla tai uivalla nosturilla.

Jokaista vaihetta varten laaditaan ympäristö- ja pelastussuunnitelma yhteistyössä asianomaisten viranomaisten kanssa. Suunnitelmaan sisältyvät muun muassa yksityiskohtaiset tiedot meripelastustoimista, pelastustoimista ja mahdollisten onnettomuuksien pelastamisesta.

Tuulivoimapuisto merkitään esteiden merkinnöillä Ruotsin liikenneviraston voimassa olevien määräysten mukaisesti.

Tuulipuisto merkitään merikarttoihin.

Kun tuulivoimapuisto on rakennettu ja otettu käyttöön, kartoitetaan ja arvioidaan mahdolliset tutkahäiriöt aluksille. Tarvittaessa toteutetaan riskien lieventämistoimenpiteitä tuolloin saatavilla olevan tekniikan avulla.

12.1.7 Seuraukset

Kaiken kaikkiaan voidaan päätellä, että törmäysriskit kasvavat Sigma-tuulipuiston perustamisen myötä verrattuna nollavaihtoehtoon ilman tuulipuistoa. Törmäysten todennäköisyyden odotetaan kasvavan vain vähän, koska tuulipuiston ei odoteta vaikuttavan merkittävästi alueen liikennemalleihin. Jonkinlaisen onnettomuuden tai vaaratilanteen (alukset purjehtivat tai ajelehtivat hankealueelle) todennäköisyyden arvioidaan tapahtuvan kerran 52 vuodessa, ja väistöliikkeiden mahdollisuuksia pidetään hyvinä, koska tuulivoimalat sijaitsevat harvaan. Tutkahäiriöistä johtuvan törmäyksen todennäköisyys arvioidaan vähäiseksi.

Rakennusvaiheen aikana liikenne hankealueelle ja hankealueelta lisääntyy, mutta mikäli asianmukaiset lieventämistoimenpiteet toteutetaan, riskien odotetaan olevan hyväksyttäviä.

Kaiken kaikkiaan Sigman tuulivoimapuiston perustamiseen liittyvät riskit katsotaan näin ollen **hyväksyttäviksi**.

Jos lähistölle perustetaan useita tuulipuistoja, laivaliikenteen tila pienenee ja törmäys- ja törmäysriski kasvaa. Tulevasta skenaariosta on kuitenkin suurta epävarmuutta, koska yhdellekään tuulipuistolle ei ole vielä myönnetty lupaa, mikä tekee kumulatiivisten vaikutusten arvioinnin hyvin vaikeaksi. On epätodennäköistä, että kaikille puistoille myönnettäisiin lupa toimitettujen hakemusasiakirjojen mukaan. Sigman osuutta kumulatiivisiin vaikutuksiin pidetään vähäisenä, koska hankealue sijaitsee kaukana idässä, vakiintuneiden laivareittien ulkopuolella.

12.2 Ympäristöriskit

12.2.1 Tuulipuiston päästöt

Tuulivoimalan hytissä on useita ympäristölle vaarallisia nestetyyppejä, kuten hydraulikkaöljy, voiteluöljy, vaihteistoöljy, akkuneste ja jäädyttimen neste.

Ennen rakennustöiden aloittamista laaditaan ympäristö- ja pelastussuunnitelma yhteistyössä asianomaisten viranomaisten kanssa. Suunnitelmaan sisällytetään toimenpiteet ympäristön suojelemiseksi öljyvuodon sattuessa.

Öljyä sisältävät osat on tiivistetty vuotojen estämiseksi. Rakenne on suunniteltu siten, että mahdolliset vuodot voidaan kerätä talteen. Myös puhdistusaineita on saatavilla.

Tämä tarkoittaa sitä, että tuulivoimaloiden suurten päästöjen joutuminen mereen on hyvin pieni riski.

12.2.2 Merenkulun päästöt

Aluksen polttoainetta voi vapautua onnettomuustilanteessa, joka voi olla törmäys, törmäys tai karilleajo. Kyseisellä alueella ei ole karilleajon vaaraa suuremman syvyyden vuoksi. Suuronnettomuuden riski kasvaa, jos alueella liikennöi säiliöaluksia. Merenkulun riskianalyysin mukaan alueella liikennöi pienempiä säiliöaluksia, mikä rajoittaa suuronnettomuuden todennäköisyyttä tuulipuiston läheisyydessä.

Jos suuri vuoto tapahtuu tuulipuiston länsipuolella ja tuuli puhaltaa länsi-lounaasta, on todennäköistä, että vuoto ajautuu tuulipuistoalueelle ennen kuin se voidaan kerätä talteen. Jos vuotoa on vaikea kerätä talteen tuulipuiston alueella, katsotaan kuitenkin mahdolliseksi torjua vuoto tuulipuistoalueen itäpuolella ennen kuin se pääsee herkille rannikkoalueille.

Yleisiä ympäristöriskejä pidetään **hyväksyttävänä**.

12.3 Pelastustoimien vaikeutumisen vaara

Tuulipuisto vaikeuttaa pääsyä alueelle. Tuulivoimalat voivat vaikeuttaa esimerkiksi helikopteripelastusta erityisesti huonolla näkyvyydellä ja huonolla säällä.

Tuulipuisto tarkoittaa, että huolto- ja kunnossapitoalukset kulkevat usein ja pysyvät alueella. Pelastustoiminnan vaikeutumisen riskiä voidaan vähentää sillä, että huolto- ja kunnossapitoalukset voivat avustaa alueen meripelastustoiminnassa luomalla yhteysreitit huolto- ja kunnossapitoalusten ja meripelastusviranomaisten välille.

Lisäksi laaditaan ympäristö- ja pelastussuunnitelma, joka kattaa muun muassa meripelastuksen, pelastamisen ja mahdollisten onnettomuuksien pelastamisen.

Pelastustoimien vaikeutumisen kokonaisriskin arvioidaan olevan seuraava.
hyväksyttävää.

12.4 Jään muodostuminen ja jään heittäminen

Tuulivoimaloiden roottorin lapoihin voi muodostua jäätä kylmissä ja märissä sääolosuhteissa, mikä puolestaan lisää jään heittoriskiä. Jään irtoaminen tarkoittaa sitä, että jää irtoaa roottorin lapasta ja heitetään pois. Näin ollen on olemassa vaara, että tuulipuistossa olevat tai tuulipuistoon ja sieltä pois kulkevat alukset joutuvat jäähän. Liitteen 3 merenkulun riskianalyysin mukaan on arvioitu, että jäänheitto voi ulottua jopa 700 metrin päähän tuulivoimalasta.

Suojatoimenpiteitä, joita voidaan toteuttaa jään heittoriskin vähentämiseksi, ovat tuulivoimaloiden varustaminen roottorin lapojen jäänpoistojärjestelmillä, *jäänestojärjestelmillä tai jäänpoistolaitteilla*.

Kaiken kaikkiaan jään muodostumisen ja jään heittämisen riskejä pidetään **hyväksyttävänä**.

13 Ilmasto

13.1 Toiminnan ilmastovaikutukset

Kun tarkastellaan kasvihuonekaasupäästöjä sähköntuotantoyksikköä kohti koko omaisuuden elinkaaren aikana, meritulipuistot tuottavat 20-50 kertaa enemmän kuin fossiilisia polttoaineita käyttämättömät sähköjärjestelmät (UNECE, 2022). Kyseessä on siis sähkönlähde, joka on yhteensopiva vähäpäästöisen yhteiskunnan kanssa.

Sigma-tuulipuiston odotetaan pystyvän tuottamaan fossiilivapaata, uusiutuvaa energiaa ja siten korvaamaan fossiilista energiantuotantoa. Jos lupa myönnetään, laaditaan hankekohtainen ennuste elinkaarenaikaisista kasvihuonekaasupäästöistä. Sen jälkeen voidaan laatia hiilidioksidipäästöjen vähentämissuunnitelma.

Meritulivoiman kasvihuonekaasupäästöjen pääasialliset lähteet ovat irtomateriaalien (tarvittaessa teräs tai betoni) tuotanto ja merialusten asennuksessa, käytössä ja käytöstä poistamisessa käyttämä polttoaine. Yrityksen tavoitteena on olla nollapäästöyritys vuoteen 2040 mennessä ja löytää ratkaisuja hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen.

Sigman kehittämisen ei odoteta lisäävän merkittävästi alueen muiden käyttäjien kasvihuonekaasupäästöjä.

13.2 Toiminnan herkkyys ilmastomuutokselle

Kasvihuonekaasupäästöjen aiheuttama ilmaston lämpeneminen aiheuttaa ilmastomuutosta, joka vaikuttaa useisiin tuulivoiman kannalta merkityksellisiin seikkoihin (Energiforsk, 2021). Tuulivoiman kannalta tärkeimpiä ilmastoparametreja ovat tuuli ja lämpötila, joiden vaikutukseen liittyy tuuli- ja jääolosuhteiden muuttuminen.

Keskimääräisen tuulennopeuden muutos vaikuttaa tuulivoimatuotantoon ja siten sen kannattavuuteen, ja suhteellisen pienelläkin muutoksella voi olla suuri vaikutus. Nykyiset ilmastoanalyysit tuulen nopeuden tulevista muutoksista ovat epävarmoja, mutta siitä huolimatta keskimääräisen tuulen nopeuden muutoksen seurausten odotetaan olevan merkittäviä tuulivoiman kannalta.

Tuulivoimaloissa, erityisesti Pohjois-Ruotsissa, on vaarana jään muodostuminen tuulivoimaloiden roottorin lapoihin, mikä voi johtaa tuotantotappioihin ja lisääntyneeseen kulumiseen (Energiforsk, 2021). Jään laajuus merellä rajoittaa myös pääsyä meritulivoimaloille. On todennäköistä, että lämpötilat nousevat (IPCC, 2023) ja siten jääpeite vähenee. Näin ollen negatiivinen

jään vaikutus vähenee ja merituulipuistojen saavutettavuus lisääntyy.

Tutkimus on käynnissä uusien ratkaisujen löytämiseksi, jotta tuottavuus paranisi ja kuluminen vähenisi myös muuttuvissa tuuli- ja jääolosuhteissa.

14 Yhteensovittaminen ympäristötavoitteiden kanssa

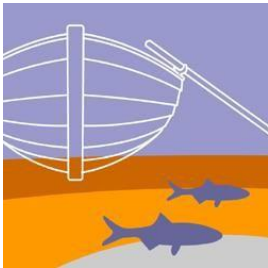
Ruotsin ympäristötavoitteet ovat joukko tavoitteita, joilla pyritään suojelemaan ja parantamaan ympäristöä. Ympäristötavoitejärjestelmä on hallituksen ympäristöpolitiikan perusta ja ohjaa ympäristötyötä kaikilla yhteiskunnan tasoilla. Ympäristöpolitiikan yleistavoitteena, niin sanottuna sukupolvitavoitteena, on luovuttaa seuraavalle sukupolvelle yhteiskunta, jossa suurimmat ympäristöongelmat on ratkaistu aiheuttamatta lisääntyviä ympäristö- ja terveysongelmia Ruotsin rajojen ulkopuolella. Ympäristön laatutavoitteet käsittävät 16 tavoitetta, jotka kuvaavat haluttua ympäristön laatua ja jotka eri aloilla konkretisoivat työtä sukupolvitavoitteen saavuttamiseksi (Ruotsin ympäristövirasto, 2023). On arvioitu, edistävätkö tai estävätkö haetut toimet mahdollisuuksia saavuttaa kyseiset ympäristölaatutavoitteet, ks. jäljempänä.



Kuvittaja: Tobias Flygar

Ilmastovaikutusten vähentäminen

Sigman tuulipuiston odotetaan edistävän tavoitteen saavuttamista. Tuulivoima on energiamuoto, joka aiheuttaa vähiten kasvihuonekaasupäästöjä. Tuulipuiston valmistamiseen, rakentamiseen ja purkamiseen tarvittava energiankulutus on pieni verrattuna pitkällä aikavälillä tuotettuun energiaan. Sigman tuulivoimapuiston arvioidaan pystyvän tuottamaan jopa 13,6 TWh vuodessa, mikä voi korvata fossiilisilla polttoaineilla tapahtuvan sähköntuotannon.



Kuvittaja: Tobias Flygar

Tasapainoiset valtameret, rannikot ja saaristot

Rakennusvaiheen aikainen vedenalainen melu vaikuttaa hylkeiden ja silakan kutuun, mikä tarkoittaa, että puisto vaikuttaa väliaikaisesti jossain määrin tavoitteen toteutumiseen. Pohjaeläimistölle, linnuille, lepakoille ja muille merinisäkkäille sekä kaloille tuulipuistolla ei katsota olevan lainkaan tai merkityksettömiä vaikutuksia. Tuulivoimapuisto sijaitsee kaukana saaristosta ja rannikkoalueista, ja sen vaikutukset maisemaan katsotaan vähäisiksi. Vaikutukset vedenalaiseseen kulttuuriperintöön arvioidaan vähäisiksi. Toimintavaiheessa Sigman tuulipuiston ei näin ollen katsota edistävän eikä estävän tavoitteen saavuttamista.



Kuvittaja: Tobias Flygar

Rikas kasvisto ja eläimistö

Rakennusvaiheen aikainen vedenalainen melu vaikuttaa hylkeiden ja silakan kutuun, mikä tarkoittaa, että puisto vaikuttaa väliaikaisesti jossain määrin tavoitteen toteutumiseen. Pohjaeläimistön, lintujen, lepakoiden ja muiden merinisäkkäiden sekä kalojen kannalta tuulipuistolla ei katsota olevan mitään/niukasti merkittäviä vaikutuksia, ja vieraslajien leviämisen vaikutuksen katsotaan olevan vähäinen. Toimintavaiheessa Sigman tuulipuistolla ei näin ollen katsota olevan seuraavia vaikutuksia edistää tai estää tavoitteiden saavuttamista.



Kuvittaja: Tobias Flygar

Hyvä rakennettu ympäristö

Sigman tuulipuiston katsotaan edistävän osittain tavoitteen saavuttamista. Tuottaessaan uusiutuvaa sähköä tuulipuisto edistää fossiilivapaiden energialähteiden käytön lisäämistä. Tuulivoimapuisto sijaitsee niin kaukana merestä, ettei se vaikuta asuin ympäristöön, maisemaan tai kulttuuriympäristöön. Kestävän jätehuollon kannalta monet tuulivoimalan osat voidaan kunnostaa ja myydä uudelleen, ja myös komponentit voidaan kierrättää.



Kuvittaja: Tobias Flygar

Myrkytön ympäristö

Sigman tuulipuiston ei arvioida edistävän eikä haittaavan tavoitteiden saavuttamista. Toimintaan ei liity vaarallisten aineiden suoria päästöjä mereen, ja onnettomuuksien tai vuotojen yhteydessä tapahtuvien päästöjen estämiseksi toteutetaan toimenpiteitä, ks. kohta 11.3. Sedimenttinäytteenotto osoittaa, että sedimenttien haitta-ainepitoisuudet ovat alhaisia, ja sedimenttimallinnus osoittaa paikallista ja lyhytaikaista leviämistä, minkä vuoksi tuulipuiston vaikutus ympäristömyrkyjen leviämiseen katsotaan vähäiseksi.



Kuvittaja: Tobias Flygar

Turvallinen säteily-ympäristö

Sigman tuulipuiston ei arvioida edistävän eikä estävän tavoitteen saavuttamista. Tuulipuiston sisäinen kaapeliverkosto aiheuttaa paikallisen sähkömagneettisen kentän. Sähkömagneettisen kentän katsotaan olevan niin paikallinen, että sen vaikutuksia kaloihin ja pohjaeläimistöön pidetään vähäisinä.

15 Yleisarviointi

15.1 Tärkeimpien vaikutusten arviointi

Sigman tuulipuisto vaikuttaa ympäristöön eri tavoin rakentamisen, käytön ja käytöstä poistamisen aikana. Jotta toiminnan vaikutuksia ei aliarvioitaisi, ympäristöarviointi perustuu niin sanottuihin *pahimpiin skenaarioihin*. Tämä tarkoittaa, että kuvatut ympäristövaikutukset voivat olla pienempiä, mutta eivät koskaan suurempia kuin mitä tässä ympäristövaikutusten arvioinnissa esitetään.

Arvioidut ympäristö- ja talousvaikutukset on esitetty yhteenvedona taulukossa 15-1 ja taulukossa 15-2.

Taulukko 15-1. Ympäristövaikutukset ja -seuraukset Sigman tuulipuiston rakentamisen, käytön ja käytöstä poistamisen aikana.

Ympäristönäkökohta	Ympäristövaikutukset	Seuraukset		
		Rakentaminen	Drift	Käytöstäpoisto
Pohjaeläimistö	Elinympäristön muutos ja riuttoihin vaikutus		Positiivinen	
	Kiintoaine- ja sedimentaatiokertymät, mukaan lukien ympäristömyrkyt.	Ei ole/merkityksetön		Ei ole/merkityksetön
	Vedenalainen melu	Ei ole/merkityksetön	Ei ole/merkityksetön	Ei ole/merkityksetön
	Sähkömagneettiset kentät		Ei ole/merkityksetön	
Kala	Elinympäristön muutos ja riuttoihin vaikutus		Ei ole / merkityksetön, positiivisiin	
	Kiintoaine- ja sedimentaatiokertymät, mukaan lukien ympäristömyrkyt.	Ei ole/merkityksetön		Ei ole/merkityksetön
	Vedenalainen melu	Ei ole/merkityksetön	Ei ole/merkityksetön	Ei ole/merkityksetön
	Sähkömagneettiset kentät		Ei ole / merkityksetön, merkityksettömiin	
Merinisäkkäät	Elinympäristön muutos ja riuttoihin vaikutus		Ei ole/merkityksetön	
	Kiintoainepitoisuus ja sedimentaatio	Ei ole/merkityksetön		Ei ole/merkityksetön
	Vedenalainen melu	Ei ole/merkityksetön	Ei ole/merkityksetön	Ei ole/merkityksetön
Linnut	Syrjäytymisvaikutus		Ei ole / merkityksetön, merkityksettömiin	

Ympäristönäkökohta	Ympäristövaikutukset	Seuraukset		
		Rakentaminen	Drift	Käytöstäpoisto
	Törmäysriski		Ei ole / merkityksetön pieniin	
	Esteen vaikutus		Ei ole / merkityksetön pieniin	
Lepakot	Törmäysriski		Ei ole/merkityksetön	
Natura 2000	Vedenalainen melu	Ei ole/merkityksetön		Ei ole/merkityksetön
	Syrjäytymisvaikutus		Ei ole/merkityksetön	
Maisemakuva	Visuaalinen vaikutus		Ei ole/merkityksetön	
Meriarkeologia	Fyysiset vaikutukset merenpohjaan	Ei ole / merkityksetön pieniin	Ei ole/merkityksetön	Ei ole/merkityksetön

Taulukko 15-2. Vaikutukset ja seuraukset teollisuudenaloille, joihin vaikutukset kohdistuvat, Sigman tuulipuiston rakentamisen, käytön ja käytöstä poistamisen aikana.

Ravitsemus	Vaikutus	Seuraukset		
		Rakentaminen	Drift	Käytöstäpoisto
Kaupallinen kalastus	Syrjäytymisvaikutus	Ei ole/merkityksetön	Ei ole/merkityksetön	Ei ole/merkityksetön
Meriliikenne	Syrjäytymisvaikutus	Ei ole/merkityksetön	Ei ole/merkityksetön	Ei ole/merkityksetön
	Merenkulun riskit	Hyväksyttävä	Hyväksyttävä	Hyväksyttävä
Ilmailu	Syrjäytymisvaikutus		Ei ole/merkityksetön	
Puolustus	Syrjäytymisvaikutus	Ei ole/merkityksetön	Ei ole/merkityksetön	Ei ole/merkityksetön

Kumulatiiviset vaikutukset

Kumulatiivisia vaikutuksia käynnissä olevien tai hyväksytyjen toimintojen kanssa ei ole havaittu. Jos lähelle suunnitellut Eyrasaltin, Sylenin, Fyrskeppetin ja Lambda Northin tuulipuistot rakennetaan, saattaa syntyä pieni kumulatiivinen vaikutus merenkulkuun, lintuihin ja hylkeisiin. Kumulatiivisten vaikutusten seuraukset arvioidaan yleensä vähäisiksi, lukuun ottamatta hylkeitä, joiden osalta rakentamisen aikaisen vedenalaisen melun seuraukset arvioidaan vähäisiksi.

Valtioiden rajat ylittävät vaikutukset

Toiminnalla voi olla rajat ylittäviä vaikutuksia kaloihin, merinisäkkäisiin, lintuihin ja kaupalliseen kalastukseen Suomessa. Kun lieventämistoimenpiteet on toteutettu, vaikutukset arvioidaan vähäisiksi.

Riski ja turvallisuus

Nämä toimet aiheuttavat merenkululle riskejä törmäysten, pohjakosketusten ja tutkahäiriöiden muodossa. Lisäksi on havaittu riski ympäristölle vaarallisten aineiden päästöistä, pelastustoimien estämisestä ja jään muodostumisesta/jäätymisistä. Kaiken kaikkiaan riskejä pidetään hyväksyttävänä ehdotettujen suojaustoimenpiteiden avulla.

15.2 Ympäristösääntöjen noudattamisen arviointi

Harkintasäännöt

Ruotsin ympäristökaaren 2 luvussa käsitellään yleisiä harkintaa koskevia sääntöjä. Säännökset merkitsevät muun muassa sitä, että toiminnanharjoittajan on oltava tietoinen toiminnasta, että vahinkojen ehkäisemiseksi on ryhdyttävä toimenpiteisiin, että toiminta on sijoitettava sopivaan paikkaan ja että toiminnanharjoittajan on säästettävä raaka-aineita ja käytettävä parasta mahdollista tekniikkaa.

Yhtiöllä on hyvä asiantuntemus ja vuosien kokemus merituulipuistojen suunnittelusta ja toteuttamisesta. On suoritettu sijaintitutkimus jonka päämääränä oli paikallistaa sopivia alueita joissa merituulivoimaloita voitaisiin perustaa. Tutkimus osoittaa, että hankealue soveltuu tuulivoiman kehittämiseen, sillä tuuliolosuhteet ovat suotuisat ja ristiriitaisia intressejä on vähän, joten toiminta voidaan toteuttaa niin, että sen vaikutukset ihmisten terveyteen ja merkityksellömiin vähäisiksi tai olemattomat.

Teknologia kehittyy nopeasti, ja parhaan käytettävissä olevan tekniikan periaatetta sovelletaan yksityiskohtaisen suunnittelun ja hankintojen yhteydessä. Yhdessä vaikutusten minimoimiseksi toteutettujen suojaustoimenpiteiden kanssa toiminnan katsotaan näin ollen olevan yleisten harkintasääntöjen mukaista.

Johtamisen periaatteet

Ruotsin ympäristökaaren 3 luku sisältää perussäännökset maa- ja vesivarojen hallinnasta. Siinä todetaan muun muassa, että maa- ja vesialueita on käytettävä siihen, mihin ne parhaiten soveltuvat.

Ympäristökaaren neljännessä luvussa annetaan erityissäännöksiä maa- ja vesivarojen hoidosta kansallisesti tärkeillä alueilla.

Toiminta ei ole päällekkäistä minkään kansallisen edun kannalta tärkeän alueen kanssa, eikä sillä ole sellaisia vaikutuksia, jotka vaarantaisivat läheisten kansallisen edun kannalta tärkeiden alueiden tarkoituksen. Kaiken kaikkiaan toiminnan katsotaan merkitsevän maa- ja vesivarojen hyvää hoitoa.

Ympäristölaatu normit

Ruotsin ympäristökaaren 5 luvussa käsitellään ympäristölaatu normeja, joiden tarkoituksena on varmistaa, että ihmisten terveydelle ja ympäristölle ei aiheudu haittaa. Standardeissa säädetään ympäristön laadusta, joka on saavutettava tiettyyn päivämäärään mennessä. Sigman tuulipuisto vaikuttaa meriympäristön ympäristölaatu normeihin.

Sigman tuulipuiston ei katsota vaikuttavan mahdollisuuteen saavuttaa ympäristön hyvä tila tai säilyttää/saavuttaa ympäristön laatu standardit Perämeren merialueella.

15.3 Yleisarviointi

Suunnitellulla toiminnalla on hyvät mahdollisuudet tuottaa fossiilivapaata sähköä alueella, jolla on vähäisiä ristiriitaisia intressejä. Tuulipuisto voidaan rakentaa, käyttää ja poistaa käytöstä niin, että sen vaikutukset ihmisten terveyteen ja ympäristöön ovat merkityksentöntä pienin ja että se ei vaikuta ympäristön laatu standardeihin. Toiminta on yhteensopiva sekä nykyisten että ehdotettujen uusien merten aluesuunnitelmien kanssa, eikä se ole ristiriidassa minkään kansallisen edun kannalta tärkeän alueen kanssa. Samalle merialueelle suunnitelluista tuulivoimapuistoista Sigma on se, joka sijaitsee kauimpana maasta ja siten rannikon suojelualueista.

Kaiken kaikkiaan laajamittaisen ilmastoystävällisen sähköntuotannon hyötyjen arvioidaan olevan merkittävämpiä kuin merkityksemättömistä pieniin ympäristövaikutukset.

16 Seuranta ja valvonta

Suunniteltua toimintaa varten laaditaan valvontaohjelma yhteistyössä asianomaisten viranomaisten kanssa ennen tuulipuiston rakentamista. Valvontaohjelman tarkoituksena on kuvata, seurata ja raportoida ympäristöluvan sitoumusten ja ehtojen noudattamista. Valvontaohjelmaan voi sisältyä myös sellaisten herkkien ympäristönäkökohtien/intressien seuranta, joihin toiminta saattaa vaikuttaa.

Valvontaohjelma on elävä asiakirja, joka kehittyy ja jota mukautetaan hankkeen eri vaiheisiin: rakentamiseen, käyttöön ja käytöstä poistamiseen.

17 Asiantuntemus

Ympäristövaikutusten arviointimenettelystä annetun asetuksen (2017:966) 15 §:n mukaan ympäristövaikutusten arviointiselostusta laadittaessa on oltava tarvittava asiantuntemus toiminnan erityisolosuhteista ja odotettavissa olevista ympäristövaikutuksista, ja ympäristövaikutusten arviointimenettelystä annetun asetuksen 19 §:n 4 momentin mukaan arviointiselostuksen on sisällettävä tiedot siitä, miten asiantuntemusta koskeva vaatimus on täytetty.

Taulukossa 17-1 on. yhteenveto lähetystöorganisaation koulutuksesta ja asiaan liittyvästä kokemuksesta

Taulukko 17-1. Kuvaus tehtäväorganisaation asiantuntemuksesta.

Organisaation nimi	Rulla	Koulutus	Kokemus
Lina Sultan	Operaation johtaja	Maatieteiden maisteri	20 vuoden kokemus ympäristöarvioinneista, ympäristövaikutusten arvioinneista ja ympäristölainsäädännöstä, viime vuosina keskittyen merituulivoimaan.
Inger Poveda Björklundin jäsen Inger Poveda Björklund	Arvostelija	Tekniikan maisteri ja tekniikan lisensiaatti, vesi- ja ympäristötekniikka	27 vuoden kokemus ympäristövaikutusten tutkimuksesta ja työstä sekä ympäristöasioiden sisällyttämisestä erityyppisiin hankkeisiin, pääasiassa vesihankkeisiin.
Timea Lind	YVA-vastaava	Ympäristötieteiden BSc. ja julkisoikeuden erikoistumisala	13 vuoden kokemus ympäristöalalta, josta kymmenen vuotta kunnallisesta valvonta- ja tutkimustyöstä. Kokemusta ympäristölle vaarallisten toimintojen lupamenettelyistä, viimeiset kolme vuotta merituulivoimasta.
Pär Nordgren	Vanhempi konsultti/asiantuntija	Maatieteiden maisteri, erikoistuminen merigeologiaan	24 vuoden kokemus merigeologisista kysymyksistä ja meritutkimusmenetelmistä, joista 20 vuotta valtion geologina. 8 vuoden kokemus merituulivoimaan liittyvistä kysymyksistä sekä mannerjalustasta ja Ruotsin talousvyöhykkeestä annetusta laista. 2 vuoden kokemus vesitoiminnan lupa-arvioinnista.
Andreas Mitander	YVA-vastaava	Biologian ja ympäristötieteiden BSc.	12 vuoden kokemus ympäristöasioista, joista kahdeksan vuotta ympäristötarkastajana, joka on erikoistunut ympäristölle vaarallisten maa-alueiden tutkimiseen. toiminta. Neljä vuotta

			ympäristökonsultti, jolla on kokemusta vesitoiminnan lupamenettelyistä, meritulivoimasta ja vesiluontoarvoihin kohdistuvien vaikutusten arvioinnista.
Hanna Eriksson	YVA-vastaava	Insinööritieteiden maisteri (MSc.), erikoistuminen ympäristötekniikkaan ja kestävään infrastruktuuriin.	Kokemusta ympäristölle vaarallisten toimintojen lupamenettelyistä, lähinnä vesitoiminnan ja meritulivoiman osalta.
Alexandra Lindqvist	YVA-vastaava	Ympäristötieteiden BSc.	Kokemus ympäristölle vaarallisten toimintojen lupamenettelyistä sekä uusiutuvan energian tuotantolaitosten perustamiseen liittyvien tehtävien hoitamisesta.
Erika Lindqvist	GIS-vastaava	Maantieteen maisteri	Kokemus GIS-analyyseistä, karttatuotannosta ja paikkatietojen hallinnasta erityyppisissä hankkeissa, myös tuulivoimahankkeissa.
Elin Julin	Vastaa maisema-analysistä	Maisema-arkkitehtuurin maisteri, erikoistuminen suunnitteluun ja muotoiluun	13 vuoden kokemus maisema-arkkitehtina maisema-analyyseistä, ympäristöarvioinneista ja suunnittelukysymyksistä, pääasiassa tuulivoima- ja infrastruktuurihankkeista.
Bertha Ekstrand Amaya	Vastaa kulttuuriympäristöstä ja meriarkeologiasta.	Arkeologian BSc.	Yli 20 vuoden kokemus, josta kymmenen vuotta kulttuuriympäristölakiin, ympäristölakiin ja kaavoitus- ja rakennuslakiin liittyvien suunnitelmien ja luvanvaraisten toimien tarkastamisesta, mukaan lukien kulttuuriympäristökysymykset infrastruktuurihankkeissa.

18 Viitteet

- Aarts, G., Brasseur, S., & Kirkwood, R. (2018). *Harmaahylkeiden käyttäytymisreaktio paalutukseen. Tutkimusraportti C006/18*. Wageningen Marine Research.
- Andersson, & Öhman (2010). *Itämeren tuulivoimarakenteisiin liittyvät kala- ja pohjaeläinyhteisöt*.
- Andersson, M., Andersson, S., Ahlsén, J., Andersson, L., Hammar, J., Persson, L. K., . Wikström, A. (2016). *Vedenalaisen melun sääntelyn perusteet paalutuksen aikana. Raportti 6723*. Tukholma: Ruotsin ympäristönsuojeluvirasto.
- Lajitietokeskus (02 05 2024). *Lajitietokeskus*. Hämtat från LAJI.FI: <https://laji.fi/sv/observation/map?target=MX.47282&provinceld=ML.1229,ML.1240,ML.1228&time=2010-01-01%2F2024-12-31>
- Artportalen (02 05 2024). *Lajiportaali*. Haettu SLU Artdatabankenista: <https://www.artportalen.se/ViewSighting/ViewSightingAsMap>.
- Barthelmie, R. J., & Pryor, S. C. (28 08 2021). *Climate Change Mitigation Potential of Wind Energy. Climate*.
- Bellman, M., May, A., Wendt, T., Gerlach, S., Remmers, P., & Brinkmann, J. (2020). *ITAP Technical Report: Underwater noise during percussive opile driving: Influcing factors on pile-driving noise and technical possibilities to comply with noise mitigation values*.
- Bergström, U., Sköld, M., Wennhage, H., & Wikström, A. (2016). *Ecological effects of no-fishing zones in Sweden's coastal and marine areas. Aqua report 2016:20*. SLU:n vesiluonnonvarojen laitos.
- Bochert, R. & Zettler, M. (2004). Useiden meren pohjaeläinten pitkäaikainen altistuminen staattisille magneettikentille. *Bioelectromagnetics*, 498-502.
- Bonsdorff, E., & Pearson, T. (1999). Itämeren sublitoraalisien makrosoobenthoksen vaihtelu ympäristöradientteja pitkin: funktioryhmittäinen lähestymistapa. *Australian Journal of Ecology*.
- Copernicus (2024). *Marine Data Store*. Haettu osoitteesta Copernicus: <https://data.marine.copernicus.eu/products>.
- Daton, I., Millon, L., & de Jong, J. (2023). *Lepakoiden seuranta Ruotsin asemaverkostossa. Tulokset 2018-2022*. batLife Sweden.
- Dierschke, V., Furness, R., & Garthe, S. (2016). Merilinnut ja meritulipuistot Euroopan vesillä: välttäminen ja houkuttelu. *Biological Conservation*, 59-68.
- Dornhelm, Esther; Seyr, Helene; Muskulus, Michael. (2019). Vindby-A Serious Offshore Wind Farm Design Game. *Energies*, 12, 1499.
- Dunlop, Erin; Reid, Scott; Murrant, Meghan (2016). Tuulivoimahankkeen merikaapelin rajallinen vaikutus Laurentian Suurten järvien kalayhteisöön. *Journal of Applied Ichthyology*, 18-31.

- EMODnet (2024) *EMODnet Map Viewer*. Haettu osoitteesta <https://emodnet.ec.europa.eu/geoviewer/#/>
- Energiforsk (2021). *Ilmastomuutoksen vaikutus tuulivoimaan - Raportti 2021:742*. Energiatutkimuskeskus. Haettu osoitteesta <https://energiforsk.se/media/29518/klimatforandringarnas-inverkan-pa-wind-power-energy-research-resport-2021-742.pdf>
- Ruotsin energiavirasto (2021). *Tuulivoimaresurssien hyödyntäminen*. Ruotsin energiavirasto.
- Ruotsin energiavirasto (2023). *Ehdotus merten aluesuunnitelmiin soveltuviksi energiantuotantoalueiksi, ER 2023:12*.
- Fey, D., Jakubowska, M., Greszkiewicz, M., Andrulewicz, E., Otremba, Z., & Urban-Malinga, B. (2019). Ovatko ihmisen aiheuttamat magneetti- ja sähkömagneettiset kentät potentiaalisia uhkia kalojen varhaisille elämänvaiheille? *Aquatic Toxicology*, 150-158.
- Formicki, K., Korzelecka-Orkisz, A., & Tánski, A. (2021). The Effect of an Anthropogenic Magnetic Field on the Early Developmental Stages of Fishes - A Review. *International Journal of Molecular Sciences*.
- Ruotsin puolustusvoimat (2022). *Västernorrlandin läänin kokonaispuolustuksen sotilaallisen osan kansalliset edut 2023*.
- Ruotsin meri- ja vesihallintovirasto (2012). Ruotsin meri- ja vesihallintoviraston määräykset (HVMFS 2012:18) siitä, mikä luonnehtii ympäristön hyvää tilaa ja ympäristölaatuunormeja indikaattoreineen Pohjanmerellä ja Itämerellä.
- Ruotsin meri- ja vesihallintovirasto (2014a). *Meristrategiapuitedirektiivi - EU:n yhteinen tie kohti terveitä meriä*. Haettu osoitteesta SwAM: <https://www.havochvatten.se/planering-forvaltning-och-samverkan/havsmiljoforvaltning/havsmiljodirektiv.html>.
- Ruotsin meri- ja vesihallintovirasto (2014b). *Arvokkaiden rannikko- ja merialueiden suojele*. Haettu SwAMista: <https://www.havochvatten.se/arter-och-livsmiljoer/atgarder-skydd-och-reporting/protected-areas/marine-protected-areas/protection-of-valuable-coastal-and-sea-areas.html>.
- Ruotsin meri- ja vesihallintovirasto (2019). *Itämeren harmaahylkeiden (Halichoerus grypus) kansallinen hoitosuunnitelma. Raportti 2019:24*. Göteborg: SwAM.
- Ruotsin meri- ja vesihallintovirasto (2021). *Kaatuneet kemialliset taisteluaineet*. Haettu osoitteesta <https://www.havochvatten.se/miljopaverkan-och-SwAM:atgarder/environmental-impacts/pollution-and-hazardous-amens/wrecks/marine-work-with-wrecks/dumped-chemical-warfare-agent.html#h-Wreckage-monastic>
- Ruotsin meri- ja vesihallintovirasto (2022). *Pohjanlahden, Itämeren, Skagerrakin ja Kattegatin merialuesuunnitelmat*. Haettu osoitteesta Havspaner: <https://www.havochvatten.se/vagledning-foreskrifter-och-lagar/vagledning/havspaner.html>
- Ruotsin meri- ja vesihallintovirasto (n.d.a). *Ehdotus muutetuiksi merten aluesuunnitelmiksi 2024*. Haettu SwAMista: <https://www.havochvatten.se/planering-forvaltning-och-collaboration/marine-planning/review-of-proposals-for-amended-sea-plans/proposals-for-amended-sea-plans.html>.
- Ruotsin meri- ja vesihallintovirasto (n.d.b). *Merisuunnitelmia muutettu lisääntyneen sähkön kysynnän tyydyttämiseksi*. Haettu SwAM: <https://www.havochvatten.se/planering-forvaltning-och-sta>.

- yhteistyö/merensuunnittelu/merensuunnitelmat-suunnitellaan-mittaamaan-sähkötarpeet.html
- Heimbrand, Y., Larsson, S., Landfors, F., & Bergström, U. (2023). *Ahvenanmeren turskakannan tila vuonna 2022*, SLU:n vesivarojen laitos.
- HELCOM (2021). *Itämeren ympäristöä koskeva toimintasuunnitelma. 2021 päivitys*.
- HELCOM (2023). *Hylkeiden populaatiokehitys ja runsaus - harmaahylkeet*. HELCOM.
- HELCOM (2024). *HELCOM Kartta- ja tietopalvelut*. Haettu osoitteesta HELCOM: <https://maps.helcom.fi/website/mapservice/>
- Hinchey, E., Schaffner, L., Hoar, C., Vogt, B., & Batte, L. (2006) Responses of Estuarine Benthic Invertebrates to Sediment Burial: The Importance of Mobility and Adaptation. *Hydrobiologia*, 85-98.
- Hutchison, Z., Hendrick, V., Burrows, M., Wilson, B., & Last, K. (2016). Buried Alive: The Behavioural Response of the Mussels, *Modiolus modiolus* and *Mytilus edulis* to Sudden Burial by Sediment. *PLOS ONE*.
- ICES (30. marraskuuta 2022). *Itämeren ekologinen alue - yleiskatsaus kalastukseen*. Haettu ICESistä: <https://doi.org/10.17895/ices.advice.21646934>
- IPCC (2023). *Ilmastomuutos 2023 - yhteenvetoraportti. Hallitustenvälisen ilmastomuutospaneelin raportti*.
- Isæus, M., Beltran, J., Stensland Isæus, E., Öhman, M., & Andersson-Li, M. (2022). *Ecologically sustainable wind power in the Baltic Sea. Raportti 7055*. Tukholma: Ruotsin ympäristönsuojeluvirasto.
- Jakubowska, M., Urban-Malinga, B., Otremba, Z., & Andrulewicz, E. (2019) Matalataajuisen sähkömagneettisen kentän vaikutukset monisukasmäisen Hediste diversicolorin käyttäytymiseen. *Marina Environmental Research*.
- Josefsson, S. (2022). *Ruotsin avomerisedimenttien epäpuhtaudet 2003-2021. Raportti 2022:08*. Uppsala: Ruotsin geologian tutkimuskeskus (SGU).
- Kavet, R., Wyman, M., & Klimley, P. (2016). *Assessment of Potential Impact of Electromagnetic Fields from Undersea Cable on Migratory Fish Behaviour*. Washington DC: Yhdysvaltain energiaministeriö ja Yhdysvaltain sisäministeriö, Bureau of Ocean Energy Management.
- Kirchgeorg, T., Weinberg, I., Hörnig, M., Baier, R., Schmid, M. J., & Brockmeyer, B. (2018) Offshore-tuulipuistojen korroosiosuojajärjestelmien päästöt: meriympäristöön kohdistuvien mahdollisten vaikutusten arviointi. *Marine Pollution Bulletin. Marine Pollution Bulletin*. *PubMed*, 257-268.
- Lagenfelt, I., Andersson, I., & Westerberg, H. (2012). *Valkovuokkojen muuttoliike, tuulivoima ja vaihtovirtakentät, 2011. Raportti 6479*. Tukholma: Ruotsin ympäristönsuojeluvirasto.
- Langhamer, O. (2012). Keinotekoisien riutan vaikutus suhteessa uusiutuvan energian muuntamiseen merellä: tekniikan nykytilanne. *Scientific World Journal*.
- Li, J., Li, Z., Jiang, Y., & Tang, Y. (2022). Offshore-tuuliturbiinien taifuunin kestävyysanalyysi: katsaus. *Atmosphere*.
- LUKE (02 05 2024). *Luonnonvarakeskuksen tilastotietokanta*. Haettu LUKE:sta: <https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/>
- Gävleborgin lääninhallitus (2016). *Natura 2000 -alueen SE0630173 Gran suojelusuunnitelma*. Haettu osoitteesta Länsstyrelsen Gävleborg: <https://www.lansstyrelsen.se/download/18.276e13411636c95dd936f9c/.1526986030313/gran-se0630173-2016.pdf>
- Gävleborgin lääninhallitus (n.d.a). *Bålsön*. Haettu osoitteesta Länsstyrelsen Gävleborg: <https://www.lansstyrelsen.se/gavleborg/besoksmal/naturreservat/balson>.

.html?sv.target=12.382c024b1800285d5863a885&sv.12.382c024b1800285d5863a885.route=/&searchString=&counties=&municipalities=&reserveTypes=&natureTypes=&accessibility=&facilities=&sort=none

Gävleborgin lääninhallitus (n.d.b). *Kuusä*. Haettu osoitteesta Länsstyrelsen Gävleborg: <https://www.lansstyrelsen.se/gavleborg/besoksmal/naturreservat/gran.html?en.target=12.382c024b1800285d5863a885&en.12.382c024b1800285d5863a885.route=/&searchString=&counties=&municipalities=&reserveTypes=&natureTypes=&accessibility=&facilities=&sort=none>.

Gävleborgin lääninhallitus (n.d.c.). *Hölick*. Haettu osoitteesta Länsstyrelsen Gävleborg: <https://www.lansstyrelsen.se/gavleborg/besoksmal/naturreservat/holick.html?sv.target=12.382c024b1800285d5863a885&sv.12.382c024b1800285d5863a885.route=/&searchString=&counties=&municipalities=&reserveTypes=&natureTypes=&accessibility=&facilities=&sort=none>

Gävleborgin lääninhallitus (n.d.). *Klibbalsreservatet*. Haettu osoitteesta Länsstyrelsen Gävleborg: <https://www.lansstyrelsen.se/gavleborg/besoksmal/naturreservat/klibbalsreservat.html?sv.target=12.382c024b1800285d5863a885&sv.12.382c024b1800285d5863a885.route=/&searchString=&counties=&municipalities=&reserveTypes=&natureTypes=&accessibility=&facilities=&sort=none>

Gävleborgin lääninhallitus (n.d.e). *Kuggöarna*. Haettu osoitteesta Länsstyrelsen Gävleborg: <https://www.lansstyrelsen.se/gavleborg/besoksmal/naturreservat/kuggoarna.html?sv.target=12.382c024b1800285d5863a885&sv.12.382c024b1800285d5863a885.route=/&searchString=&counties=&municipalities=&reserveTypes=&natureTypes=&accessibility=&facilities=&sort=none>

Gävleborgin lääninhallitus (n.d.f). *Lövsalen*. Haettu osoitteesta Länsstyrelsen Gävleborg: <https://www.lansstyrelsen.se/gavleborg/besoksmal/naturreservat/lovsalen.html?sv.target=12.382c024b1800285d5863a885&sv.12.382c024b1800285d5863a885.route=/&searchString=&counties=&municipalities=&reserveTypes=&natureTypes=&accessibility=&facilities=&sort=none>

Gävleborgin lääninhallitus (n.d.). *Norra Hornslandet*. Haettu osoitteesta Länsstyrelsen Gävleborg: <https://www.lansstyrelsen.se/gavleborg/besoksmal/naturreservat/norra-hornslandet.html?en.target=12.382c024b1800285d5863a885&en.12.382c024b1800285d5863a885.route=/&searchString=&counties=&municipalities=&reserveTypes=&natureTypes=&accessibility=&facilities=&sort=none>

Västernorrlandin lääninhallitus (2019). *Osa Bremön SE0710166 - Natura 2000 - suojelusuunnitelma*. Haettu osoitteesta Länsstyrelsen Västernorrland: <https://www.lansstyrelsen.se/vasternorrland/besoksmal/naturreservat/bramon.html?sv.target=12.382c024b1800285d5863a8af&sv.12.382c024b1800285d5863a8af.route=/&searchString=&counties=&municipalities=&reserveTypes=&natureTypes=&accessibility=&facilities=&sort=none>

Västernorrlandin lääninhallitus (2021). *Vänta Litets Grund - Naturtyper och marina värden. Rapport 2021:2*. Västernorrlandin lääninhallitus.

Västernorrlandin lääninhallitus (n.d.a). *Brämön*. Haettu osoitteesta Länsstyrelsen Västernorrland: <https://www.lansstyrelsen.se/vasternorrland/besoksmal/naturreservat/bramon.html?sv.target=12.382c024b1800285d5863a8af&sv.12.382c024b1800285d5863a8af.route=/&searchString=&counties=&municipalities=&reserveTypes=&natureTypes=&accessibility=&facilities=&sort=none>

- Västernorrlandin lääninhallitus (n.d.b). *Korkean rannikon maailmanperintökohde*. Haettu osoitteesta: Länsstyrelsen Västernorrland:
<https://www.lansstyrelsen.se/vasternorrland/besoksmal/varldsarvet-hoga-kusten.html>
- Norjan ympäristökeskus (2020). *Raja-arvot veden, sedimentin ja eliöstön luokitusta varten*. Haettu ympäristökeskuksesta:
https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m608/m608_.pdf
- Ruotsin ympäristönsuojeluvirasto (2011). *Luontodirektiivin liitteen 2 ruotsalaisia lajeja koskevat ohjeet, NV-01162-10. Vicuña*. Tukholma: Ruotsin ympäristönsuojeluvirasto.
- Ruotsin ympäristönsuojeluvirasto (2023). Haettu osoitteesta Ruotsin ympäristötavoitteet:
<https://www.naturvardsverket.se/om-miljoarbetet/sveriges-miljomal/>
- Nord Stream 2 AG (2018). *Nord Stream 2:n ympäristövaikutusten arviointi, Tanska, luoteisreitti, ympäristövaikutusten arviointi*. Haettu osoitteesta
[https://am.lrv.lt/uploads/am/documents/files/PAV/11_-_ymparistovaikutusten_arviointi_denmark_nord_stream_2_-_luoteinen_reitti_elokuu_2018\(2\).pdf](https://am.lrv.lt/uploads/am/documents/files/PAV/11_-_ymparistovaikutusten_arviointi_denmark_nord_stream_2_-_luoteinen_reitti_elokuu_2018(2).pdf)
- Plonczkier, P., & Simms, I. C. (2012). Muuttavien merihanhiin tutkalla tapahtuva seuranta: käyttäytymisen reaktiot merituulipuiston kehittämiseen.
Journal of Applied Ecology, 1187-1194.
- Popper, A., Hawkins, A., Fay, R., Mann, D., Bartol, S., Carlson, T., . . . Tavalga, W. (2014). *Sound Exposure Guidelines for Fishes and Sea Turtles: ANSI-Accredited Standards Committee S3/SC1:n laatima ja ANSI:ssä rekisteröity tekninen raportti*.
- Powilleit, M., Graf, G., Kleine, J., Riethmüller, R., Stockmann, K., Wetzel, M. A., & Koop, J. H. (2009). Kokeet kuuden murtovesien selkärangattoman makroeläimen selviytymisestä Itämeressä ruopatus läjityksen jälkeen ja sen vaikutukset kenttään. *Journal of Marine Systems*, 441-451.
- Hallitus (2021). Hallituksen esitys 2021/22:58. *Hallituksen esitys 2021/22:58*. Haettu osoitteesta Regeringen.
- Regionfakta (2022) *Sähkönkulutus maakunnittain*. Haettu osoitteesta Regionfakta:
<https://www.regionfakta.com/vastra-gotalands-lan/energi/elforbrukning-per-lan/>
- Russell, D., Hastie, G., Thompson, D., Janik, V., Hammond, P., Scott-Hayward, L., . . . McConnell, B. (2016). Satamahylkeiden tuulipuistojen välttäminen rajoittuu paalutustoimintaan.
Journal of Applied Ecology, 1642- 1652.
- Russell, D., Brasseur, S., Thompson, D., Hastie, G., Janik, V., Aarts, G., . . . Moss, S. M. (2014). Merinisäkkäät jäljittävät ihmisen rakenteita merellä. *Current Biology*, 638-639.
- Rydell, J., Ottvall, R., Pettersson, S., & Green, M. (2017). *Tuulivoiman vaikutus lintuihin ja lepakoihin. Päivitetty yhteenvedoraportti 2017*. Tukholma: Ruotsin ympäristönsuojeluvirasto.
- Sahlin, S., & Ågerstrand, M. (2018) *Copper in sediment - EQS data overview. Ässien raportti 28*.
- SCHEER (2011). *Antraseeni EQS-asiakirja 2011*.
- SCHEER (2023). Tieteellinen lausunto aiheesta "Luonnos vesipolitiikan puitedirektiivin mukaisten prioriteettiaineiden ympäristölaatuunormeiksi" - PFAS.
- SGU (2017). *Meren hiekan ja soran ottamisen edellytykset Ruotsissa*. Uppsala: SGU.
- Shahabi-Ghahfarokhi, S., Åström, M., Josefsson, S., Apler, A., & Ketzer, M. (2021). Cu-, As-, Co- ja U-kuormituksen taustapitoisuudet ja laajuus Itämeren sedimenteissä. *Journal of Sea Research*.

- SHARKweb (n.d.). *SHARKweb*. Haettu osoitteesta SHARKweb: <https://sharkweb.smhi.se/hamta-data/>.
- Ruotsin merenkulkulaitos, Ruotsin liikennevirasto (2023). Ruotsin merenkulkulaitoksen ja Ruotsin liikenneviraston suositukset merituulipuistojen suunnittelua ja perustamista varten.
- Skaret, G., Axelsen, B. E., Nøttestad, L., & Fernö, A. (2005). Kutevan silakan käyttäytyminen suhteessa tutkimusalukseen. *ICES Journal of Marine Science*.
- Skov, H., Desholm, M., Heinänen, S., Kahlert, J. A., Laubek, B., Jensen, N. E., . . . Praestegaard Jensen, B. (2016). Lieventävien kohoavien muuttolintujen malleja osoittavat vetovoimaa merituulipuistoja kohtaan. *Biology Letters*.
- Skyborn Renewables (2023). *Eystrasalt Offshore. Liite T3: Ympäristövaikutusten arviointi*. Haettu osoitteesta Skyborn: https://www.skybornrenewables.com/markets/sweden/local/eystrasalt%20_offshore.
- SLU Artdatabanken (2020). *Punainen lista*. Haettu osoitteesta SLU Artdatabanken: <https://www.slu.se/artdatabanken/rodlisning/>.
- SLU Artfakta (2024). *Artfakta*. Haettu SLU Artdatabankenista: <https://artfakta.se/>.
- SMHI (2010). *Aallot Ruotsin merillä. Tiedote nro 46*. Haettu SMHI:stä: https://www.smhi.se/polopoly_fs/1.12171!/Menu/general/extGroup/attachmentColHold/mainCol1/file/webbFaktabladkorr_46.pdf.
- SMHI (14. elokuuta 2024). *Sharkweb. Harmaahylkeet vuosina 2010-2024*. Haettu SMHI:stä, Sharkweb: <https://sharkweb.smhi.se/hamta-data/>.
- Snyder, D., Bailey, W., Palmquist, K., Cotts, B., & Olsen, K. (2019). *Evaluation of Potential EMF Effects on Fish Species of Commercial or Recreational Fishing Importance in Southern New England*. U.S Department of Interior Bureau of Ocean Energy Management Office of Renewable Energy Programs.
- Sondell, N. (2024) *Jääolosuhteet, NYT tuulihankkeet*.
- Spiga, I., Caldwell, G., & Brintjes, R. (2016) Influence of Pile Driving on the Clearance Rate of the Blue Mussel, *Mytilus edulis* (L.). *Proceedings of Meetings on Acoustics*.
- Stankevičiūtė, M., Jakubowska, M., Pažusienė, J., Makaras, T., Otremba, Z., Urban-Malinga, B., . . . Andrulewicz, E. (2019). 50 Hz:n 1 mT:n sähkömagneettisen kentän genotoksiset ja sytotoksiset vaikutukset kirjolohen (*Oncorhynchus mykiss*), Itämeren simpukan (*Limecola balthica*) ja tavallisen räsymadon (*Hediste diversicolor*) toukkiin. *Aquatic Toxicology*, 109-117.
- Ruotsin energiavirasto (2023). *Ehdotus merten aluesuunnitelmiin soveltuviksi energiantuotantoalueiksi. ER 2023:12*. Ruotsin energiavirasto.
- Tougaard, J. (2021). *Merenisäkkäiden melun aiheuttamien käyttäytymisreaktioiden kynnysarvot. Taustamuistio Tanskan Energian ohjeiden tarkistusta varten, Århusin yliopisto. DCE - Tanskan ympäristö- ja energiakeskus, 32 sivua. Tekninen raportti nro 225. DCE - Danish Centre for Environment and Energy*.
- Ruotsin liikennevirasto (2017). *Kansallinen etu viestinnälle. Sundsvall Timrå Airport. Raportti 2017:187*. Borlänge: Ruotsin liikennevirasto.
- Tricas, T., & Gill, A. (2011). *Effects of EMFs from Undersea Power Cables On Elasmobranchs and Other Marine Species*. Camarillo: U.S. Department of the Interior Bureau of Ocean Energy Management, Regulation and Enforcement.

- Vasko, V., & Loisa, O. (2024). *Lepakoiden muutto ja esiintyminen Botnianmeren hankealueiden meri- ja rannikkoalueilla. Julkaisematon taustaraportti.*
- Wale, M., Briers, R., Hartl, M., Bryson, D., & Diele, K. (2016). Antropogeenisen melun toiston vaikutukset sinisimpukkaan *Mytilus edulis*. *Proceedings*, 19-21.
- Wennerström, L., Andersson, A., Hill, J. D., Ståhl, G., Rymna, N., & Laikre, L. (2022). *Alustava raportointi kysymykseen: Onko ICES-alueiden 27 ja 29 keväällä kutevan Itämeren silakan välillä geneettisiä eroja?* Ruotsin maatalousyliopisto, Tukholman yliopisto, Uppsalan yliopisto.
- Wennerström, L., Bergenius Nord, M., Adill, A., Bergström, U., Fredriksson, R., Gilljam, D., . . . Valentinsson, D. (2023). *Tieteellinen perusta HaV:n hallitustehtävälle: laajennettua troolirajaa vastaava tieteellinen hanke.* SLU:n vesiluonnonvarojen laitos.
- Westerberg, Håkan; Lagenfelt, Ingvar (2008). Merenalaiset sähkökaapelit ja ankeriaan vaelluskäyttäytyminen. *Fisheries Management and Ecology*.
- Wyman, M., Klimley, P., Battleson, R., Agosta, T., Chapman, E., Haverkamp, P., . . . Kavet, R. (2018). Vaeltavien lohenpoikasten käyttäytymisreaktiot merenalaiseen suurjännitteiseen tasavirtakaapeliin. *Marine Biology*.
- Öhman, M. (2023). *Merituulivoiman vaikutukset kaloihin. Raportti 7115.* Tukholma: Ruotsin ympäristönsuojeluvirasto.
- Öhman, M., Sigray, P., & Westerberg, H. (2007). Offshore-tuulimyllyt ja sähkömagneettisten kenttien vaikutukset kaloihin. *AMBIO*, 630-633.

19 Liitteet

Liite 1. Kuulemislausuma
Liite 2. Paikannustutkimus Liite 3.
Merenkulun riskianalyysi Liite 4.
Kaupallinen kalastus
Liite 5. Sedimentin leviäminen ja virtauksiin kohdistuvat vaikutukset Liite 6.
Vedenalainen melu
Lisäys 7. Meribiologinen tutkimus Lisäys 8.
Lepakot
Liite 9. Linnut
Liite 10. Maisemakuva-analyysi
Liite 11. Meriarkeologia Liite 12.
Lentomelu Liite 13.
Vaihtoehtoinen asemakaava

Machine translation for the purpose of ESPOO consultation.

Yhteisä asiantuntijamme on
arkkitehtimme, insinöörimme ja
muun asiantuntijamme
kollektiivisen tietämyksen kanssa
luomme ratkaisuja, jotka vastaavat
kaupungistumiseen, hyödyntävät
digitalisaation voimaa ja tekevät
yhteiskunnastamme kestävämmän.

Sweco - Yhteiskunnan
muuttaminen yhdessä