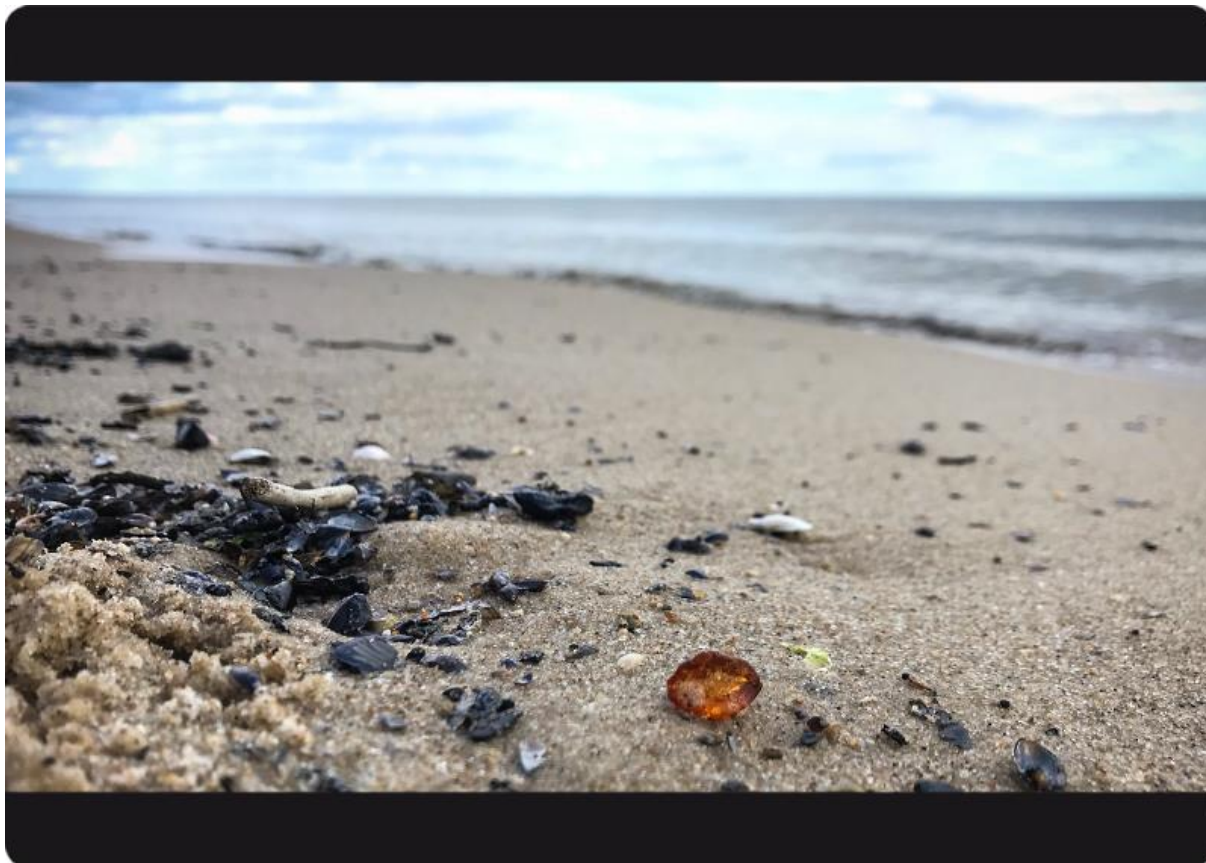


TÄMÄ ON OSITTAIN KÄÄNNETTY VERSIO ALKUPERÄISESTÄ
YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN ARVIOINNISTA - ASIAKIRJAN ALKUPERÄINEN
KIELI ON RUOTSI, EIKÄ DGE OLE VASTUUSSA KÄÄNNÖKSESSÄ
MAHDOLLISESTI ILMENNEISTÄ VIRHEISTÄ



Ympäristövaikutusten arviointi Najaderna-tuulipuisto

Najaderna Offshore AB, Hässleholm

2023-12-15

Tehtävänumero: P220192
Asiakirjanumero: 15932-23

Nimi: Monika Walfisz
Puhelin: 070 209 26 51
Sähköposti: monika.walfisz@dge.se

Josefin Åkerström
070 144 30 29
josefin.akerstrom@dge.se

DGE Mark och Miljö AB
Tel: +46 (0)10 200 80 82
E-post: info@dge.se
Hemsida: www.dge.se

Kalmar
Skeppsbron 5
Box 258, 391 23 Kalmar

Göteborg
Gullbergs Strandgata 9
411 04 Göteborg

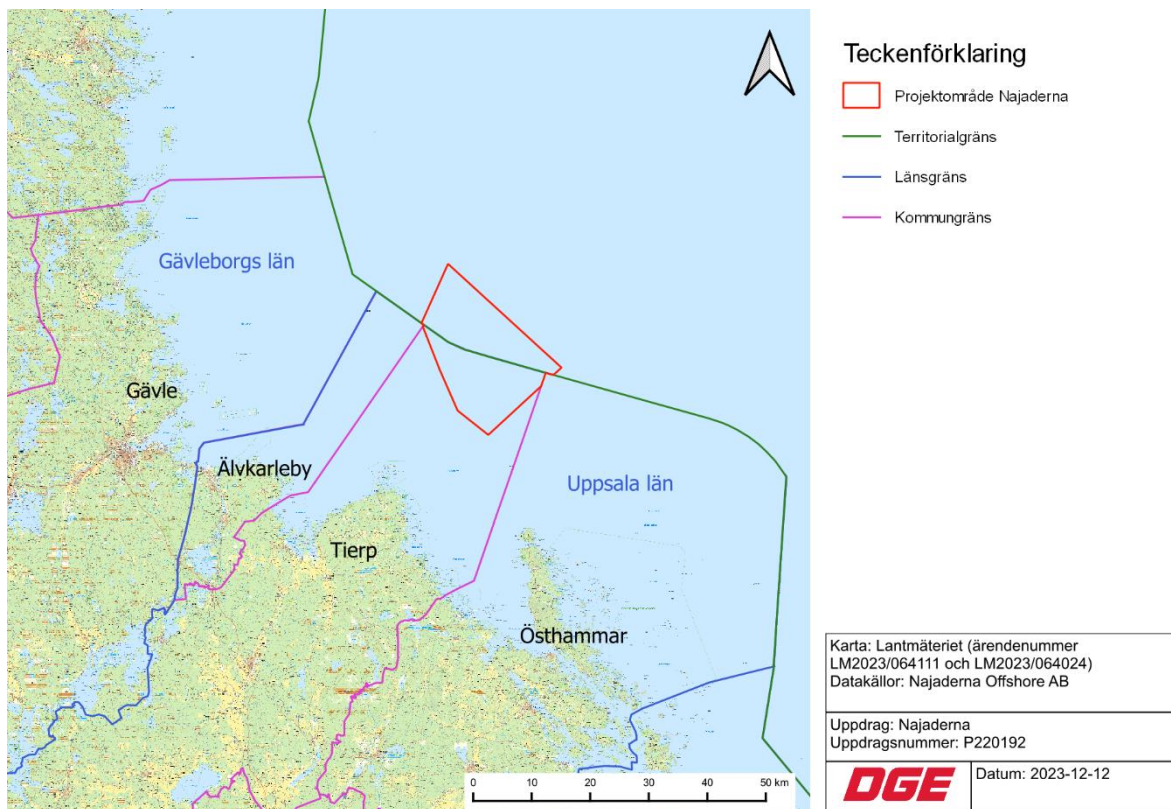
Malmö
Husargatan 3
211 28 Malmö

Uppsala
Kungsgatan 16
753 32 Uppsala



Yhteenveto

Najaderna Offshore AB on kehittänyt Najaderna-tuulipuistoprojektin, joka on merellä sijaitseva tuulipuisto uusiutuvan sähkön tuotantoa varten. Tuulipuiston projektialue on noin 350 km²:n suuruinen ja sijaitsee lähimmillään 17 km:n päässä mantereen rannikosta Tierpsin kunnassa, Uppsalan läänissä, ja ulottuu myös Ruotsin talousvyöhykkeelle (SEZ). Hankkeen alue on avomerta, jonka veden syvyys on noin 30–70 metriä. Puiston hankealueelle on suunniteltu enintään 67 tuulivoimalaa, joiden kokonaiskorkeus on enintään 365 metriä merenpinnan yläpuolella ja joiden asennettu teho on noin 1 700 MW.



Yleiskartta Najaderna-tuulipuiston hankealueesta sekä vaihtoehtoista tutkimusväylistä merikaapeille. Hankealue sijaitsee kokonaisuudessaan Tierpsin kunnassa.

Najaderna-tuulipuisto voi tuottaa noin 4–5 TWh uusiutuvaa sähköä vuodessa Ruotsin sähköverkkoon. Tämä on verrattavissa Uppsalan ja Gävleborgin läänien sähkönkulutukseen, joka vuonna 2020 oli 3,1 TWh ja 5,0 TWh. Tuulipuisto voi siten olla merkittävässä roolissa alueen tulevaisuuden energiantarpeessa.

Kuuleminen ja ympäristöarviointi

Najaderna-tuulipuisto on sellaista toimintaa, jonka on aina oletettava aiheuttavan merkittävää ympäristövaikutusta ympäristöarviointiasetuksen (2017:966) 6 §:n mukaan, mikä tarkoittaa, että erityinen ympäristöarviointi on tehtävä ympäristökaaren (1998:808) 6 luvun 28 §:n mukaisesti. Ympäristöarviointi on aloitettava ympäristökaaren 6 luvun 29–31 §:n ja

ympäristöarvointiasetuksen 8 §:n mukaisella rajauskuulemisella. Rajauskuuleminen toteutettiin kesäkuusta 2022 lokakuuhun 2022. Kuuleminen toteutettiin sekä kokouksina että kirjallisesti.

Tämän ympäristövaikutusten arvioinnin tarkoituksena on tunnistaa ja kuvata suunnitellun toiminnan mahdolliset suorat ja epäsuorat vaikutukset ihmisiin, eläimiin, kasveihin, veteen, maaperään, ilmastoon, maisemaan ja kulttuuriympäristöön sekä muihin toimintoihin ja etuihin. Vaikutukset voivat olla sekä positiivisia että negatiivisia, väliaikaisia tai pysyviä, ja ne voivat myös lisätä kumulatiivisia vaikutuksia. Tarkoituksena on myöhemmin tehdä kokonaisarvio näistä vaikutuksista ympäristöön ja ihmisten terveyteen.

Najaderna Offshore on teettänyt useita selvityksiä, jotta se voi kuvata vallitsevat ympäristöolosuhteet sekä vaikutustekijät ja niiden seuraukset, joita voi syntyä tuulipuiston perustamisen yhteydessä. Selvitysten valinta perustuu kokemuksiin vastaavista lupakäsittelyistä sekä neuvotteluihin asianomaisten järjestöjen, kuntien ja viranomaisten kanssa. Hankkeen vaikutuksia on tutkittu sekoittumisen, virtausten, aaltojen, sedimenttien leviämisen, merenpohjan fyysisen muutoksen, vieraslajien, pilaantumisen leviämisen, vedenalaisen melun, sähkömagneettisten kenttien, esteiden, törmäysriskin, elinympäristön menetyksen, ilmassa kulkeutuvan melun, näkyvyyden ja merenkulullisten riskien osalta.

DGE käyttää tarkasti määriteltyä menetelmää ympäristövaikutusten arviointiin erityisissä ympäristöarvioinneissa. Tavoitteena on luoda yhtenäinen menetelmäkehys, joka on riippumaton lupahakemuksen luonteesta. Menetelmässä arvioidaan projektikohtaisen alueen arvo/herkkyys ja projektin ympäristövaikutusten odotetut ympäristövaikutukset. Tunnistetut arvot ja vaikutukset punnitaan sitten eri ympäristöosien kannalta. Vaikutukset voidaan luokitella kuuteen luokkaan: positiiviset, merkityksettömät, hyvin pienet, pienet, kohtalaiset ja suuret.

Matris för bedömning av miljökonsekvenser		Effekter				
		positiva	obetydliga	små	måttliga	stora
Värden och känslighet	Obetydliga	positiva	obetydliga	obetydliga	mycket små	mycket små
	Små	positiva	obetydliga	mycket små	små	måttliga
	Måttliga	positiva	mycket små	små	måttliga	stora
	Stora	positiva	mycket små	måttliga	stora	stora

Matriisi ympäristövaikutusten arvioimiseksi.

Väestö ja ihmisten terveys

Väestöön ja ihmisten terveyteen kohdistuvat vaikutukset arvioidaan syntyvän pääasiassa käyttövaiheessa ja johtuvan näkyvyydestä, koska varjostusta ja ilmassa kulkeutuvaa melua ei ole odotettavissa maalla. Vaikutuksen suuruus riippuu osittain tarkkailijan suhtautumisesta tuulivoimaloihin ja osittain siitä, missä tarkkailija sijaitsee, kun tuulipuisto osuu näkökenttään.

Koska alue on harvaan asuttu, tuulipuisto vaikuttaa visuaalisesti suhteellisen harvoin asuinrakennuksiin. Lisäksi tuulipuisto on sijoitettu hyvin suhteessa herkkiin alueisiin ja herkkiin näkymiin.

Kaiken kaikkiaan vaikutukset väestöön ja ihmisten terveyteen maiseman muutosten seurauksena arvioidaan vaihtelevan vähäisistä kohtalaisiin riippuen siitä, mistä tuulipuistoa tarkkaillaan, sekä yksilön subjektiivisesta näkökulmasta, minkä vuoksi vaikutukset vaihtelevat hyvin vähäisistä kohtalaisiin.

Eläin- ja kasvilajit sekä biologinen monimuotoisuus

Natura 2000

Ilman lupaa on kiellettyä harjoittaa toimintaa tai toteuttaa toimenpiteitä, jotka voivat merkittävästi vaikuttaa Natura 2000 -alueen ympäristöön. Tämä koskee myös alueen ulkopuolella toteutettavia toimenpiteitä, jos ne voivat vaikuttaa Natura 2000 -alueen ympäristöön.

Hankkeen alueella tai sen välittömässä läheisyydessä ei ole Natura 2000 -alueita. Hieman yli 4 km pohjoiseen, luoteeseen ja koilliseen hankkeen alueesta sijaitsevat Finngrundetin pohjoiset, läntiset ja itäiset hiekkasärkät, jotka on nimetty Natura 2000 -alueiksi laji- ja elinympäristödirektiivin mukaisesti.

Suoritettut tutkimukset bentisen faunan, kalojen ja merinisäkkäiden osalta osoittavat, että mikään Natura 2000 -alueista ei tule kärsimään vaikutuksista missään Najaderna-tuulipuiston vaiheessa (rakentaminen, käyttö, purkaminen). Yhteenvetona voidaan todeta, että Najaderna-tuulipuisto ei vaikuta Natura 2000 -alueiden ympäristöön. Natura 2000 -lupaa ei siten katsota tarvittavan.

Bentinen eläimistö

Rakennusvaiheen aikana pohjaeliöstö ja pohjafauna kärsivät pääasiassa sedimenttien leviämisestä/kerrostumisesta, ympäristömyrkyistä ja fyysisistä vaikutuksista.

Najaderna-hankealueella yleisimmin esiintyvien lajien arvot arvioidaan merkityksettömiksi, koska ne ovat yleisiä suuressa osassa Itämeren eivätkä ole luokiteltu uhanalaisiksi tai punaiselle listalle kansallisen punaisen listan mukaan.

Sedimenttien leviämisen vaikutukset arvioidaan merkityksettömiksi, koska sedimenttien pitoisuudet ovat yleisesti ottaen suhteellisen alhaiset ja vaikutusten kesto on lyhyt. Najaderna rakentamisvaiheessa mahdollisesti aiheutuvan sedimenttien leviämisen ja sedimentaation

ympäristövaikutukset pohjaekosysteemeihin arvioidaan siten erittäin vähäisiksi pahimmassa tapauksessa.

Hankealueella ja sen läheisyydessä esiintyy lajeja, jotka voivat olla herkkiä kohonneille metallipitoisuuksille ja orgaanisille epäpuhtauksille. Herkimpien lajien perusteella herkkyys arvioidaan vähäiseksi. Koska sameus on vähäistä eikä hankealueella ole mitattu merkittäviä pilaantumispitoisuuksia, pilaantumisen aiheuttamien vaikutusten riski arvioidaan erittäin pieneksi. Rakennusvaiheen kokonaisvaikutukset arvioidaan siten vähäisiksi.

Najaderna aiheuttaa jonkin verran pehmeän pohjan pinnan vähenemistä. Tämä väheneminen on kuitenkin suhteellisen vähäistä suhteessa hankealueeseen, eikä sen arvioida vaikuttavan negatiivisesti bentisiin lajeihin. Vaikutus arvioidaan siten merkityksettömäksi. Fyysisen vaikutuksen seuraukset pohjayhteisöille arvioidaan siten merkityksettömiksi.

Käyttövaiheen aikana pohjaeliöstöön voi kohdistua vaikutuksia uusien elinympäristöjen ja sähkömagneettisten kenttien kautta. Käyttövaiheen aikana tapahtuvan fyysisen muutoksen vaikutukset arvioidaan merkityksettömiksi, koska perustusten viemä pinta-ala on vain 0,02 % koko hankealueesta. Fyysisen muutoksen kokonaisvaikutukset merenpohjaan arvioidaan merkityksettömiksi bentisen faunan kannalta. Koska ei ole viitteitä siitä, että merikaapeleiden tuottamat magneettikentät vaikuttaisivat negatiivisesti pohjaeläimistöön, pohjaeläimistön herkkyys arvioidaan merkityksettömäksi. Sähkömagneettisten kenttien vaikutus pohjaeläimiin arvioidaan merkityksettömäksi.

Purkamisvaiheen vaikutukset katsotaan samanlaisiksi kuin rakentamisvaiheen vaikutukset, ja sedimentaation ja sedimenttien leviämisen vaikutukset arvioidaan siten hyvin vähäisiksi ja pilaantumisen leviämisen vaikutukset vähäisiksi. Tuulivoimaloiden purkamisen vaikutusten odotetaan olevan pienempiä kuin rakentamisen vaikutukset, ja ne arvioidaan siksi merkityksettömiksi. Pohjan fyysisen muutoksen vaikutukset purkamisvaiheessa arvioidaan merkityksettömiksi.

Kalat

Rakennusvaiheen aikana sillit ja muut lajit voivat reagoida väliaikaisesti rakentamisen aiheuttamaan meluun. Kalojen kannalta vaikutukset ovat kuitenkin vähäisiä, kun suojatoimenpiteet otetaan huomioon.

Käyttövaiheen aikana on epätodennäköistä, että tuulivoimaloiden aiheuttamat melutasot aiheuttavat merkittävää fysiologista vaikutusta alueella liikkuviin kaloihin. Useat eri lajeja koskevat tutkimukset ovat osoittaneet, että kalojen tiheys yleensä kasvaa merituulivoimahankkeiden alueilla, mikä viittaa siihen, että taustamelun vaikutus ei ole merkittävä. Vaikutusten arvioidaan siksi olevan merkityksettömiä. Vedenalaisen melun kokonaisvaikutus ympäristöön käyttövaiheen aikana arvioidaan olevan hyvin vähäinen.

Najaderna-tuulipuiston odotetaan muodostavan useita pieniä paikallisia riuttoja, jotka voivat houkutella kaloja ja joiden vaikutus paikallisiin kalakantoihin arvioidaan positiiviseksi.

Huolimatta mahdollisista vuorovaikutuksista ankerioiden ja tuulivoimaloiden kaapeleiden sähkömagneettisten kenttien välillä, tutkimukset viittaavat siihen, että ympäristövaikutukset ankeriaisiin ovat rajalliset. Ankerioiden esiintyminen Najaderna-alueella on kuitenkin

todennäköisesti vähäistä, eivätkä alueella liikkuvat yksilöt pysy paikallaan pohjan välittömässä läheisyydessä, jossa kaapeleiden sähkömagneettiset kentät ovat voimakkaimmillaan. Tämä koskee myös muita lisääntymismatkoja tekeviä lajeja, kuten lohta ja taimenta, jotka vaeltavat pelagisesti. Yhteenvetona voidaan todeta, että sisäisen kaapeliverkon sähkömagneettisten kenttien kokonaisvaikutus arvioidaan merkityksettömäksi.

Merellä sijaitsevan tuulipuiston purkamisen yhteydessä syntyvien vedenalaisten äänien ja sedimenttien leviämisen tasoja ei ole tutkittu. On todennäköistä, että purkutyöt eivät aiheuta yhtä kovaa ja häiritsevää melua kuin paalutus. Kaapeleiden poistamisen yhteydessä sedimentin leviämisen odotetaan olevan yhtä suurta kuin rakentamisvaiheessa. Näin ollen vedenalaisen melun ja sedimentin leviämisen vaikutukset kaloihin tuulipuiston purkamisen aikana arvioidaan hyvin vähäisiksi.

Merinisäkkäät

Norppa ja harmaahylje esiintyvät hankealueella.

Ehdotettujen melua vaimentavien suojatoimenpiteiden avulla väliaikaisen kuulon heikkenemisen ja pysyvän kuulon heikkenemisen vaikutusalue hylkeille on suhteellisen lyhyt. Tämä yhdistettynä kestoon antaa vaikutuksen, joka arvioidaan merkityksettömäksi. Täten hylkeisiin kohdistuvan vedenalaisen melun kokonaisvaikutus rakentamisvaiheessa arvioidaan merkityksettömäksi. Rakennusvaiheen aikana hylkeisiin kohdistuvan, vedessä leijuvan sedimentin kokonaisympäristövaikutuksen arvioidaan olevan vähäinen, koska hylkeet ovat sopeutuneet elämään meressä, jossa samea ja pimeä vesi esiintyy luonnollisesti.

Käyttövaiheen aikana tuulivoimaloiden aiheuttama vedenalainen melu on suhteellisen vähäistä, joten sen ympäristövaikutus hylkeisiin arvioidaan merkityksettömäksi. Käyttövaiheen aikana mahdollisesti syntyvä riuttavaikutus voisi lisätä saalistettavien eläinten määrää alueella ja tehdä alueesta siten houkuttelevamman merinisäkkäille niiden ravinnonhankintakauden aikana. Yhdessä alueen tarjoaman suojan kanssa vilkkaasti liikennöidyltä meriväylältä tämä voisi vaikuttaa hieman positiivisesti yksilötasolla, mutta todennäköisesti merkityksettömästi populaatiotasolla. Kaiken kaikkiaan merenpohjan fyysisen muutoksen ympäristövaikutusten arvioidaan olevan merkityksettömiä hylkeille käyttövaiheen aikana.

Yhteenvetona voidaan todeta, että sekä suspendoituneen sedimentin ja sedimentaation että vedenalaisen melun ympäristövaikutukset purkuvaiheen aikana ovat merkityksettömiä hylkeille.

Kumulatiivisia vaikutuksia arvioidaan syntyvän vain siinä tapauksessa, että samanaikaisesti toteutetaan muita hankkeita, joiden vaikutukset ovat päällekkäisiä Najaderna-hankkeen vaikutusalueen kanssa, mutta myös näissä tapauksissa vaikutusten arvioidaan olevan merkityksettömiä.

Linnut

Ottvall Consulting AB on arvioinut esteiden vaikutuksia, törmäysriskiä ja lintujen elinympäristöjen syrjäyttämistä. Kaikki vaikutukset tapahtuvat projektin käyttövaiheessa.

Vaikutukset pesiviin lintuihin arvioidaan olevan merkityksettömiä tai hyvin vähäisiä, lukuun ottamatta silkkikurkea, jonka osalta vaikutusten arvioidaan olevan vähäisiä syrjäyttämisen seurauksena, mutta ilman, että populaatio kärsii haitallisia vaikutuksia.

Lepäävät ja ravintoa etsivät merilinnut, kuten alli, mustalintu sekä kaakkuri ja kuikka, ovat kohtalaisen tai erittäin herkkiä syrjäytymiselle, mutta koska hankealueella ei ole näiden lintujen ravinnonhankinta-alueita, vaikutukset ovat merkityksettömiä ja seuraukset hyvin vähäisiä. Mustakurkku-uikon, laulujoutsenen, taigametsähanhen ja valkoposkihanhen osalta vaikutusten arvioidaan olevan merkityksettömiä.

Muuttolintujen osalta vaikutukset on arvioitu merkityksettömiksi kahlaajille, pienille linnuille ja useimmille petolinnuille. Merikotkan osalta vaikutukset on arvioitu hyvin vähäisiksi, koska Najaderna sijaitsee riittävän kaukana rannikosta, jolloin merikotkat lentävät projektialueen yli erittäin harvoin.

Storgrundet- ja Najaderna-tuulipuistojen kumulatiivisten vaikutusten osalta, yhdistettynä kalastustoimintaan ja meriliikenteeseen, vaikutusten arvioidaan olevan merkityksettömiä tai hyvin vähäisiä kaikille linnuille, lukuun ottamatta selkälokkia, jonka osalta vaikutusten arvioidaan olevan vähäisiä.

Lepakot

Koska Najaderna hankealue sijaitsee lähimmillään 17 kilometrin päässä mantereen rannikosta, tuulipuiston perustaminen voi vaikuttaa mahdollisiin muuttaviin lepakoihin, vaikka todennäköisimmät muuttoreitit sijaitsevatkin hankealueen eteläpuolella.

DGE arvioi, että alueen merkitys lepakoille on vähäinen ja vaikutukset merkityksettömät tai vähäiset, joten seuraukset ovat merkityksettömiä. Arvio perustuu epävarmuuteen, joka liittyy lepakoiden taipumukseen vaeltaa avomerellä, minkä vuoksi vaikutusta ei voida täysin sulkea pois.

Maaperä, vesi, ilma, ilmasto, maisema, rakennukset ja kulttuuriympäristö

Maisema ja käyttöarvot

Meren avoimuuden sekä tuulivoimaloiden lukumäärän ja koon vuoksi Najaderna-tuulivoimalat ovat hyvissä näkyvyysolosuhteissa osittain tai kokonaan näkyvissä suurilla vesialueilla. Koska tuulipuisto sijaitsee merellä, tuulivoimalat eivät kuitenkaan vaikuta maiseman tilallisuuteen tai suuntiin. Kaiken kaikkiaan tuulipuiston koon suhteen vaikutukset maisemaan ovat kokonaisuudessaan lieviä. Tämä johtuu pääasiassa siitä, että alue on harvaan asuttu ja tuulipuiston sijainti on hyvä suhteessa herkkiin alueisiin.

DGE arvioi maiseman käyttöarvon herkkyyden vähäiseksi ja kokonaisvaikutuksen pieneksi. Maiseman käyttöarvoon kohdistuvat vaikutukset ovat siten hyvin vähäisiä.

Rannikoiden eroosio

Pienentyneet aallonkorkeudet voisivat vaikuttaa rannikkoon, joka on herkkä sedimenttien kulkeutumisen muutoksille. Lähin rannikko Najaderna etelä- ja itäpuolella arvioidaan koostuvan pääasiassa kallioista ja karkeasta aineksesta. Se on lisäksi hyvin epäsäännöllinen, ja siinä on paljon lahtia ja niemiä. DGE arvioi rannikon eroosion herkkyyden merkityksettömäksi. Ottaen huomioon suhteellisen vähäisen aallonkorkeuden pienenemisen, noin 5 % tuulipuiston suojan puolella ja mitattavissa jopa 50 km:n etäisyydellä, vaikutuksen arvioidaan olevan vähäinen. Vaikutukset ovat siten merkityksettömiä.

Ympäristön seuranta

Najaderna-tuulipuiston hankealueella ei ole kansallisia tai alueellisia ympäristönseurantapisteitä. Toimivan ympäristönseurantaohjelman arvo on arvioitu suureksi. Rakennusvaihetta ja myöhemmin purkuvaihetta silmällä pitäen ympäristönseurannan koordinointi todennäköisesti helpottaa näytteenottoa myös rakennus- ja purkuvaiheen aikana. Vaikutukset, esimerkiksi sedimenttien leviämisestä ja vedenalaisesta melusta, arvioidaan siten olevan merkityksettömiä ja seuraukset hyvin vähäisiä. Käyttövaiheen aikana ei arvioida syntyvän vaikutuksia, eikä kumulatiivisia vaikutuksia voida ennustaa.

Ympäristön laatunormit

Hankealue sijaitsee Selkämeren avomerialueella, joihin sovelletaan meriympäristöasetuksen (2010:1341) mukaisia ympäristölaatuvaatimuksia. Hankkeen vaikutusta mahdollisuuteen saavuttaa tai ylläpitää hyvä ympäristön tila relevanttien kuvaajien ja niihin liittyvien indikaattoreiden osalta on arvioitu. Arvioinnista käy ilmi, että vain vieraslajeja koskevan kuvaajan osalta on olemassa riski, että hankkeen vaikutukset haittaavat hyvän ympäristön tilan saavuttamista.

Ilmastohyödyt ja ilmastovaikutukset

Najaderna-tuulipuiston odotettu sähköntuotanto, noin 4–5 TWh vuodessa, vähentäisi kasvihuonekaasupäästöjä noin 2,7 miljoonaa tonnia vuodessa, mikä vastaa 6 % Ruotsin kokonaispäästöistä.

Ilmaston arvo on arvioitu korkeaksi ja hankkeen vaikutukset positiivisiksi koko sen elinkaaren ajan (kaikki vaiheet). Vaikutukset ovat siten positiivisia.

Meriarkeologia

Meriarkeologiaan arvoihin voivat vaikuttaa pääasiassa suorat fyysiset toimenpiteet. Hankealueella on rekisteröity kaksi hylkyä KMR-tietokannassa (L1939:2649 ja L139:2648). Kahden rekisteröidyn hyllyn lisäksi on tietoa Ludwig- ja Wermland-alusten haaksirikoista.

Heti kun geofysikaaliset tutkimukset on suoritettu hankealueella, jatketaan meriarkeologisia tutkimuksia. Najaderna Offshoren aikomuksena on sovittaa kaikkien laitteistojen lopulliset sijoituspaikat siten, että mahdollisiin hylkyihin kohdistuvat vaikutukset voidaan välttää; kokemuksen perusteella 50–80 metrin suojaväli on arvioitu riittäviksi. Tällöin meriarkeologialle ei aiheudu vaikutuksia. Kaikki meriarkeologian jatkokäsittely tapahtuu kulttuuriympäristölain puitteissa.

Maaperän, veden ja muun fyysisen ympäristön hoito

Maa- ja vesialueet on käytettävä siihen tarkoitukseen tai niihin tarkoituksiin, joihin ne soveltuvat parhaiten niiden luonteen, sijainnin ja vallitsevien tarpeiden perusteella. Etusija on annettava sellaiselle käytölle, joka yleisesti katsottuna on taloudellista.

Kansallisesti merkittävät alueet

Najaderna-tuulipuiston hankealueen ympärillä ja sen sisällä on kansallisia intressejä, jotka liittyvät energiantuotantoon, merenkulkuun, ammattikalastukseen, luonnonsuojeluun, ulkoiluun, kulttuuriympäristön suojeluun ja voimakkaasti hyödynnetyille rannikkoalueille. DGE arvioi, että haettu toiminta ei aiheuta merkittävää haittaa kansallisten intressien kohteille.

Merisuunnitelmat

Najaderna-tuulipuiston sijainti vastaa suurin piirtein ehdotettua energia-aluetta, joka on osa päivitettyjä merisuunnitelmia, joista on neuvoteltu syksyllä 2023. Hankealue on myös yhdenmukainen helmikuussa 2022 päätettyjen nykyisten merisuunnitelma-alueiden kanssa.

Materiaalien, raaka-aineiden ja energian säästävä käyttö

Koska Najaderna tulee tuottamaan fossiilivapaata sähköä, mikä itsessään on hyvän energiankäytön perusta, hankkeen energiankäyttöön vaikuttaa muun muassa perustuksen valinta, sillä painovoimaperustukset vaativat yleensä enemmän materiaalia kuin muut perustustyypit. Hanke ei estä muiden toimintojen mahdollisuuksia käyttää materiaaleja, raaka-aineita tai energiaa.

Muut ympäristön osat

Ammattikalastus

Rannikolla harjoitettava silakkakalastus on perinteisesti tärkeä elinkeino Norrlandin rannikolla, ja lähialueella on ammatillisen kalastuksen kannalta merkittäviä alueita, mutta mikään niistä ei sijaitse hankealueella, ja pääasiallinen ammatillinen kalastus tapahtuu hankealueen ulkopuolella. Tämän perusteella DGE arvioi, että ammatillisen kalastuksen arvo hankealueella on vähäinen. Rakennusvaiheen vaikutusten arvioidaan olevan vähäisiä ja seurausten vähäisiä. Käyttövaiheen vaikutukset voivat vaihdella positiivisista kohtalaisen negatiivisiin, ja seuraukset voivat olla positiivisia tai vähäisesti negatiivisia, riippuen monista eri tekijöistä, kuten kalastusmenetelmistä, sopeutumismahdollisuuksista, riittavaikutuksista ja ”spill-over”-ilmiöstä. Purkuvaiheen vaikutusten arvioidaan kokonaisuudessaan olevan kohtalaiset, koska vaikutukset ilmenevät vain rajoitetun ajan, mikä aiheuttaa vähäisiä seurauksia.

Kumulatiivisten vaikutusten laajuus käyttövaiheen aikana riippuu suurelta osin siitä, sallitaanko ammattikalastus tuulipuistojen alueilla. Tuulipuistojen rakentaminen merkitsee todennäköisesti kalastuksen uudelleenjakoa eri merialueilla.

Merenkulku ja merenkulkuun liittyvät riskit

Merenkulku alueella on kohtalainen, kun otetaan huomioon liikenteen intensiteetti.

Riskien tunnistaminen on suoritettu hankealueen suunnittelun perusteella. Päivitetty riskianalyysi on suunniteltu toteutettavaksi projektin myöhemmässä vaiheessa. Lopullinen arvio vaikutuksista ja seurauksista voidaan tehdä vasta, kun tämä on valmis.

Puolustusvoimat

Hankealueella tai sen läheisyydessä ei ole julkisesti ilmoitettuja puolustusalan intressejä. Kuulemisessa puolustusvoimat on kuitenkin ilmoittanut, että suunniteltu hanke voi aiheuttaa merkittävää haittaa kansalliselle intressille, joka koskee kokonaispuolustuksen sotilaallista osaa ja joka on salassa pidettävää julkisuuslain (2009:400) 15 luvun 2 §:n nojalla. Puolustusvoimat ei anna tarkempia tietoja tästä vahingosta, koska se voisi paljastaa tietoja, joiden paljastaminen voisi aiheuttaa merkittävää haittaa kokonaispuolustukselle tai muutoin valtion turvallisuudelle.

Najaderna Offshore arvioi, kuten FOI:n raportissa *Möjligheter till samexistens mellan Försvarmaktens verksamhet och utbyggd vindkraft* (FOI, 2022) todetaan, että tuulipuistossa on mahdollista tehdä teknisiä muutoksia, jotka mahdollistavat rinnakkaiselon puolustusvoimien mahdollisten toimintojen kanssa alueella, ja se toivoo voivansa keskustella puolustusvoimien kanssa siitä, miten tällaiset muutokset voitaisiin parhaiten toteuttaa. Lisäksi voidaan todeta, että sähkönhuolto on myös osa kokonaispuolustuksen etua.

Yhteenvedo

Yhteenvedona voidaan todeta, että suurimmat arvioidut vaikutukset, jotka ovat kohtalaisia verrattuna nollavaihtoehtoon, johtuvat tuulivoimaloiden näkyvyydestä maalta käsin niiden käyttövaiheen aikana. Tämän jälkeen seuraavat pienet vaikutukset bentiseen faunaan rakentamis- ja purkuvaiheessa, kaloihin rakentamisvaiheessa sekä ammattikalastukseen kaikissa projektivaiheissa. Joitakin positiivisia vaikutuksia on arvioitu syntyvän kaloihin ja ammattikalastukseen käyttövaiheessa sekä ilmastoon hankkeen käyttövaiheessa.

Taulukko. Matriisi, joka tiivistää haetun toiminnan kokonaisvaikutukset ympäristöön.
n/a tarkoittaa ei ole merkityksellistä.

		positiivinen	merkityksetön	hyvin pieni	pieni	kohtalainen	suuri
Alue	Rakennusvaihe	Käyttö	Lakkautus				
Väestö ja ihmisten terveys							
- Majoitus (tuulivoimaloiden näkyvyys maalta).	n/a						n/a
Eläimet, kasvit ja biologinen monimuotoisuus							
- Natura 2000	Natura 2000-arkastusta ei pidetä tarpeellisena						
- Pohjaeläimistö							
- Kalat							

Alue	Rakennusvaihe	Käyttö	Lakkautus
- Merinisäkkäät			
- Linnut	n/a		n/a
- Lepakot	n/a		n/a
Maa, maaperä, vesi, ilma, ilmasto, maisema ja kulttuuriympäristö.			
- Maisema ja käyttöarvot	n/a		n/a
- Rannikoiden eroosio Ruotsin rannikolla	n/a		n/a
- Ympäristön seuranta	n/a	n/a	n/a
- Ympäristön laatumormit			
- Ilmastoetu ja ilmastovaikutukset			
- Merarkeologia	n/a	n/a	n/a
Maankäyttö, vesienhoito ja muu fyysinen ympäristö	Hyvä taloudenhoito ja ei näkyviä vahinkoja		
Materiaalien, raaka-aineiden ja energian säästävä käyttö	Hyvää taloudenhoitoa		
Muut ympäristön osat			
- Ammattikalastus			
- Merenkulku	Arvioidaan myöhemmässä vaiheessa merenkulun riskianalyysin toteuttamisen jälkeen		
- Kokonaispuolustus	Arviointi ei mahdollista puolustusalan salassapitovelvollisuuden vuoksi.		

Sisältö

8	Ympäristövaikutukset ja ympäristövaikutukset.....	15
8.1	Sekoitus.....	15
8.2	Virtaukset.....	19
8.2	Aallot	21
8.3	Sedimentin leviäminen	21
8.4	Merenpohjan fyysiset muutokset.....	25
8.5	Keinotekoiset riutat.....	25
8.6	Vieraslaajat.....	25
8.7	Saasteiden leviäminen	26
8.8	Vedenalainen melu	26
8.10	Sähkömagneettiset kentät	38
8.11	Lämpövaikutus	40
8.12	Törmäysriski, elinympäristön häviäminen ja esteiden vaikutukset.....	40
8.13	Ilman kautta kulkeva ääni.....	42
8.14	Varjostus	45
8.15	Näkyvyys	45
8.16	Merenkulun riskit.....	52
9	Suojatoimenpiteet	52
9.1	Rakennusvaihe.....	52
9.2	Käyttövaihe.....	53
10	Vaikutusten arviointi.....	53
10.1	Väestö ja ihmisten terveys	53
10.2	Eläin- ja kasvilajit ja biologinen monimuotoisuus	54
10.3	Maa, maaperä, vesi, ilma, ilmasto, maisema, rakennettu ympäristö ja kulttuuriympäristö.....	65
10.4	Maankäytön, vesivarojen ja muun fyysisen ympäristön kestävä käyttö.....	69
10.5	Aineiden, raaka-aineiden ja energian kestävä käyttö	72
10.6	Ympäristön muut osa-alueet.....	72
10.7	Yhteenvetoinen arviointi	74

Versionhistoria

Nro	Päiväys	Kommentti
	2023-12-15	Alkuperäinen

8 Ympäristövaikutukset ja ympäristövaikutukset

Tässä luvussa tarkastellaan ympäristövaikutuksiin, eli muutoksiin, joita voidaan odottaa syntyvän Najaderna-tuulipuiston eri vaiheissa (rakentamis-, käyttö- ja purkuvaiheissa). Tarkoituksena on kuvata kaikki sekä suorat että epäsuorat, positiiviset ja negatiiviset, väliaikaiset ja pysyvät sekä kumulatiiviset ympäristövaikutukset, jotka syntyvät lyhyellä, keskipitkällä tai pitkällä aikavälillä. Tapauksissa, joissa tulevat teknologiset valinnat voivat aiheuttaa erilaisia ympäristövaikutuksia, kaikissa selvityksissä on käytetty johdonmukaisesti pahinta mahdollista skenaariota.

Najaderna Offshore on teettänyt useita tutkimuksia, joissa on kartoitettu tuulipuiston rakentamisen ja käytön ympäristövaikutukset ympäröivään ympäristöön. Tutkimusten yhteenveto on esitetty liitteessä C.1.

8.1 Sekoitus

Merituulipuistot vaikuttavat sijaintipaikkansa vesimassan sekoittumiseen. Vaikutus johtuu osittain vedessä olevista perustuksista ja osittain siitä, että tuulivoimapuiston suojassa tuulen nopeus hidastuu, mikä vähentää tuulen aiheuttamaa vedenpinnan liikkumista. Molemmat tekijät vaikuttavat myös aaltojen kehittymiseen. Sekoitusta koskeva selvitys on tehty AFRY:n toimesta (ks. liite C.3), ja sen tiivistelmä esitetään kohdissa 8.1.1, 8.1.2 ja 8.1.3.8.1.1 Perustusten aiheuttama sekoittuminen

8.1.1 Perustusten aiheuttama vesimassan sekoittuminen

Kun virtaukset kohtaavat tuulivoimalan monopaaliperustuksen, syntyy pyörteitä ja turbulenssia, jotka paikallisesti lisäävät sekoittumista sekä horisontaalisesti että vertikaalisesti. Samalla virtausnopeus perustuksen alapuolella (alavirtaan) vähenee keskimäärin. Erityisesti juuri pystysuuntainen sekoittuminen voi vaikuttaa vesiekosysteemiin. Tämän pystysuuntaisen sekoittumisen lisääntymistä hillitsevät veden tiheyserot, jotka johtuvat lämpötila- ja suolapitoisuuseroista. Kesällä, kun esiintyy lämpötilakerroksellisuutta (lämpötilahyppykerros), sekoittumisen vaikutus jää vähäisemmäksi. Lähempänä pintaa perustuksen vaikutus arvioidaan lisäksi suhteellisesti vähäisemmäksi, koska kerrostuneisuuden vaikuttavat myös aallot ja tuuli.

Vuonna 2016 julkaistussa tieteellisessä artikkelissa Carpenter et al. tutkivat Pohjanmerellä tehtyihin havaintoihin perustuen, voiko tuulivoimapuistojen aiheuttama lisääntynyt sekoittuminen estää lämpötilakerrosten muodostumista keväällä. Tulokset osoittivat, että muutaman tuulivoimapuiston, joiden laajuus on alle 10 km, vaikutus laajamittaiseen lämpötilakerrostumiseen on vähäinen. Jos tuulivoimapuistojen pituus sen sijaan on 100 km tai enemmän, voidaan odottaa merkittävää vaikutusta: lämpötilakerrokset muodostuvat tavanomaisesti myöhemmin ja häviävät hieman aikaisemmin vuoden aikana.

Schultze et al. (2020) esittivät tieteellisessä artikkelissaan mittaustuloksia lämpötilavaihteluista monopaaliperustusten alapuolella Eteläisellä Pohjanmerellä kahdessa erilaisessa kerrostumistilanteessa: $\Delta T = 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ja $\Delta T = 2\text{--}3 \text{ }^{\circ}\text{C}$, missä ΔT tarkoittaa pinta- ja pohjavesien välistä lämpötilaeroa. Heikommissa kerrostumistilanteissa ($\Delta T = 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$) monopaalin vaikutus oli havaittavissa mittauksissa. Niin kutsuttu herätevirta (engl. wake,

perustuksen alapuolella oleva alue, jossa turbulenssi on lisääntynyt) oli jopa 70 metriä leveä ja ulottui jopa 450 metriin perustuksesta alavirtaan. Vahvemmassa kerrostumistilanteessa ei havaittu vaikutusta perustuksesta – tosin tällöin ei tehty mittauksia alle 200 metrin etäisyydeltä.

Schultze et al. (2020) tekivät lisäksi johtopäätöksiä simuloitujen ihannetapausten perusteella (voimaloiden välinen etäisyys 1 024 metriä, veden syvyys 32 metriä), että yksittäinen monopaaliperustus aiheuttaa 7–10 % enemmän sekoittumista herätevirtauksessa verrattuna luonnolliseen sekoittumiseen, joka aiheutuu pohjakitkasta. Toinen artikkelin johtopäätös on, että laaja tuulivoimapuisto voi vähentää kerrostumisen potentiaalista energiaa noin 13–18 % ja joissain määrin hidastaa tai jopa estää kerrostumisen muodostumista, jos puisto on hyvin laaja (noin 100 km pituusluokkaa).

Edellä esitettyjä arvioita voidaan skaalata arvioitaessa Najadien hankkeen vaikutuksia, jossa jokainen monopaaliperustus voi olla halkaisijaltaan jopa 15 metriä. Perustusten vaikutuksen arvioidaan kasvavan veden syvyyden myötä, koska niiden märkä pinta-ala kasvaa. Tämä riippuvuus oletetaan olevan suoraan verrannollinen vesisyvyyteen. Jos herätevirtaukset skaalataan vastaavasti perustusten suuremmalla halkaisijalla, niiden arvioidaan olevan jopa 15/6 kertaa leveämpiä ja yhtä monta kertaa pidempiä. Herätevirtaus laajenee leveyssuunnassa etäisyyden kasvaessa sen aiheuttajasta. Jos leveyden kasvu oletetaan lineaariseksi, muodostuu kolmiomainen alue. Tällöin herätealueen pinta-ala olisi tässä tapauksessa noin $70 \times 450 \times (15/6)^2 \approx 100\,000 \text{ m}^2$ eli noin 0,1 km². Jos sekoittuminen lisääntyy 10 % jokaisessa tällaisessa alueessa, johtaa se siihen, että koko rakennettavan alueen (67 perustusta, 50 metrin syvyydessä, 200 km²:n alueella) kokonaissekoittuminen lisääntyy noin $50/32 \times 10 \times 67 \times 0,1/200 \approx 0,5 \%$. Tämä pätee tilanteissa, joissa kerrostuminen on jo olemassa, vaikkakin heikkona.

Schultze et al:n tutkimat lämpötilakerrostumat olivat heikkoja verrattuna niihin, jotka vallitsevat arvioidulla alueella, erityisesti kesäaikana, jolloin lounainen Perämeri on selvästi lämpötilakerrostunut, ja veden pinnan ja 40 metrin syvyyden välinen lämpötilaero voi olla 5–10 °C. Suurempi lämpötilaero yhdessä suolakerrostumisen kanssa vaimentaa perustusten alapuolella syntyvää turbulenssia.

8.1.2 Sekoitus vaikutuksesta suojapuolelle

Koska tuulivoimapuiston tarkoituksena on ottaa energiaa talteen tuulesta, on tuulen nopeus pienempi tuulivoimapuiston suojapuolella. Tätä pienentyneen tuulen alueen ilmapölyä kutsutaan tuulivarjoksi. Tuulivarjo voi ulottua tuulivoimapuiston koosta ja energiantuotannosta riippuen kymmenien kilometrien päähän puistosta. Lentomittaukset ovat osoittaneet, että tuulen nopeus napakorkeudella voi välittömästi puiston jälkeen pienentyä noin 20–30 %, ja noin 15 % vielä 25 km päässä puistosta, riippuen ilmakedän olosuhteista. Veden pinnalla tuulen nopeuden pieneminen on vähäisempää ja alkaa vasta jonkin matkan päässä yksittäisestä voimalasta, koska tuuli kulkee aluksi melko esteettä roottorin alapuolella.

Gandara ja Harris osoittivat vuonna 2012 julkaistussa artikkelissaan, että suurin mitattu tuulen nopeuden heikkenemä veden pinnalla tapahtui niinkin kaukana kuin 5 km:n päässä tuulivoimapuistosta (Horns Rev 1, Pohjanmeri), ja suurin mitattu tuulen vähenemä siellä oli noin 10 %. On huomattava, että kyseinen tutkittu puisto oli selvästi tiheämpi ja matalampi

kuin suunniteltu Najaderna-puisto. Vedenpinnan hetkellinen maksimaalinen tuulen heikkenemä Najaderna suojapuolella voidaan vakaissa ilmakehän olosuhteissa odottaa tapahtuvan kauempana, koska Najaderna on korkeampi. Arvioiden mukaan tämä voi tarkoittaa vähintään 5–10 km:n etäisyyttä. Jokaisella tuulen suunnan muutoksella maksimaalisen vaikutuksen alue siirtyy sivusuunnassa suhteessa tuulen suuntaan. Ainoa vesialue, johon tuulivarjo vaikuttaa jatkuvasti, on siten alue itse perustusten sisällä, ja siellä vaikutuksen arvioidaan olevan alle 10 %.

10 %:n vähennys tuulen nopeudessa johtaa sekoittumisen vähenemiseen, toisaalta veden pinnan leikkausvoiman heikentymisen vuoksi ja toisaalta siksi, että aallot pienenevät. Suojapuolen vaikutus voi samanaikaisesti synnyttää ns. dipolin, jossa pintaveden ja syvemmän veden välinen harppauskerros nousee tuulivarjon toisessa reunassa ja painuu alas toisessa. Kun harppauskerros nousee tai laskee, tapahtuu sekoittumista kahden vesimassan välillä harppauskerroksen molemmin puolin. Tällä tavoin dipoli, joka syntyy suojapuolen vaikutuksesta, voi lisätä sekoittumista. Tämän sekoittumisilmiön edellytyksenä on, että tuulivoimapuiston koko on yhtä suuri tai suurempi kuin ns. Rossbyn säde. Najaderna-tuulivoimapuiston arvioidaan olevan riittävän suuri tällaiseen dipolin muodostumiseen.

Kerrostumisen voimakkuutta kuvaava parametri on englanniksi "potential energy anomaly", ja sen yksikkö on J/m^3 . Parametri kuvaa sitä energiamäärää, joka tarvitaan kerrostuman täydelliseen purkamiseen. Tuulivoimapuistot voivat aiheuttaa alueellisia vaihteluita potential energy anomaly -arvossa noin 2 J/m^3 kuukauden keskiarvona. Pintakerroksen vähentynyt sekoittuminen voi johtaa veden pintalämpötilan nousuun noin $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$, mikä vastaa paikallisesti 10 % vuosittaisesta pintalämpötilan vaihtelusta. Verrattuna luonnollisiin vaihteluihin voidaan todeta, että SMHI:n mittausasemalla Finngrundetissa vuosittainen pintalämpötilan vaihtelu on noin $15\text{--}16 \text{ }^\circ\text{C}$, eli huomattavasti suurempi. Luonnolliset suola- ja lämpötilavaihtelut ovat siis merkittävästi suurempia kuin tuulivarjon vaikutus.

Daewelin ym. vuonna 2022 julkaistun artikkelin mukaan suuret tuulivoimapuistojen klusterit voivat vaikuttaa primäärituotantoon, vähentää sekoittumissyvyyttä ja johtaa vähähappisempiin pohjaolosuhteisiin. Heidän artikkelinsa esittelee laskentatuloksia ekosysteemimallista, joka on yhdistetty hydrodynaamiseen malliin. Muuttunut primäärituotanto $\pm 10 \text{ %}$ havaittiin tuulivoimapuistojen klustereiden ympärillä Pohjanmerellä. Alueellisella tasolla tarkasteltuna (koko Pohjanmeri, Etelä-Pohjanmeri ja Saksanlahti) havaittiin kuitenkin vain enintään $-0,5 \text{ %}$:n vähennyksiä. Toisin sanoen primäärituotanto näyttää vaikuttuvan ennen kaikkea paikallisen uudelleenjakautumisen kautta. Käytetyssä mallissa ei kuitenkaan otettu huomioon perustusten aiheuttamaa lisäsekoittumista. Vähähappisemmat pohjat selitetään orgaanisen aineksen pienentyneellä uudelleenresuspensiolla, joka johtuu paikallisesti jopa 10 %:n vähenemisestä pohjan leikkausjännityksessä (veden pohjaa vasten kohdistama leikkausvoima pinta-alayksikköä kohti). Orgaanisen aineksen vähentynyt uudelleenresuspensio tarkoittaa, että suurempi osa materiaalista kertyy pohjaan.

8.1.3 Yhteenvedo sekoittumisesta

Perustusten paikallisesti aiheuttama lisääntynyt turbulenssi voi heikon kerrostuneisuuden aikana (myöhäissyksy, talvi ja kevät) johtaa noin 0,5 prosentin suurempaan sekoittumiseen hankealueella verrattuna luonnolliseen sekoittumiseen, joka johtuu pohjan kitkasta. Toisaalta

sekoittuminen on todennäköisesti joka tapauksessa suurta kyseisenä vuodenaikana. Kesäkuukausina, jolloin lisääntyneellä sekoittumisella voidaan odottaa olevan suurin vaikutus ympäristöön, perustuksista johtuva kasvu on todennäköisesti huomattavasti pienempi, erityisesti biologisesti aktiivisimmassa vesimassan yläosassa.

Tuulivarjo aiheuttaa sekä vähentynyttä sekoittumista johtuen heikentyneestä tuulesta ja aalloista suojan puolella että lisääntynettä sekoittumista niin sanotun dipolivaikutuksen kautta. Koska pintavirtaus muuttaa usein suuntaa, dipolit todennäköisesti ehdi kehittyä täyteen mittaansa. Heikentyneestä tuulesta johtuva vaikutus arvioidaan tapahtuvan nopeammin ja olevan suurempi kuin dipolien vaikutus.

Suolapitoisuuden ja lämpötilan mittausten perusteella, kun kerrostuneisuus on heikointa, voi kerrostuneisuuden voimakkuus Perämeren lounisosassa olla potentiaalisen energia-anomalian arvoltaan noin 25 J/m^3 . Se kerrostuneisuuden voimakkuuden uudelleenjakauma, joka on havaittu tuulivoimaklustereissa ($\pm 2 \text{ J/m}^3$), ei näin ollen ole merkityksetön. Daewel et al:n ennustama primäärituotannon uudelleenjakauma tuulivoimaklustereissa Pohjanmerellä voisi siten voida mahdollisesti esiintyä myös Perämeren lounisosassa. Alueellinen vaikutus arvioidaan kuitenkin huomattavasti pienemmäksi. Daewel et al tutkivat tuulivoimapuistojen vaikutusta, joiden yhteenlaskettu asennettu teho oli yhteensä 120 GW, eli 120 kertaa suurempi kuin Najaderna arvioitu maksimiteho. He havaitsivat, että alueellinen primäärituotannon väheneminen oli 0,5 prosenttia. Koska Perämeri ei ole läheskään 120 kertaa pienempi kuin Pohjanmeri, arvioidaan Najaderna alueellisen vaikutuksen olevan huomattavasti pienempi alueellisessa mittakaavassa verrattuna Pohjanmeren vertailuhankkeeseen.

Mahdollisesti perustusten aiheuttama lisääntynyt sekoittuminen voisi osittain kompensoida sitä sekoittumissyvyyden kasvua ja kerrostuneisuuden vahvistumista, joka on havaittu erityisesti loppukesästä. Najaderna laajuus on noin 20 kilometriä, eli selvästi pienempi kuin 100 kilometriä, joka on se mittakaava, jossa vaikutusta sekoittumiseen on pystytty mittaamaan vain harvoissa tuulivoimapuistoissa. Näin ollen perustusten vaikutuksen odotetaan olevan vähäinen suurimittakaavaisen lämpötilakerrostuman muodostumiseen.

Liuenneen happipitoisuuden arvioidaan mittaustietojen perusteella olevan hyvä kaikilla syvyyksillä tällä alueella. Hieman lisääntynyt tai vähentynyt sekoittuminen ei näin ollen todennäköisesti vaikuta merkittävästi hapen saatavuuteen eri syvyyksillä.

Kun Najaderna suojaama vesi on peittynyt kiintojäähän, tuulivarjo ei vaikuta sekoittumiseen. Ajojää rajoittanee tuulivarjon vaikutusta. Sekä kiintojään että ajojään voidaan kuitenkin odottaa vähentävän veden sekoittumista huomattavasti enemmän kuin mitä tuulivarjo tekisi jäätöomässä tilanteessa.

Yhteenvetona arvioidaan, että tuulivoimapuistolla voi olla vähäinen vaikutus veden sekoittumiseen ja kerrostumiseen. Sekä lisääntynettä että vähentynyttä sekoittumista voi tapahtua samanaikaisesti, mutta eri paikoissa. Tämä saattaa tarkoittaa, että lämpötilakerrostuman muodostuminen keväällä hankealueella voi hieman viivästyä, samalla kun kerrostuma voi muodostua aikaisemmin tuulivarjon alueella. Syksyllä voisi tapahtua päinvastaista. Koska veden massa kuitenkin vaihtuu jatkuvasti tuulivoimapuiston ja tuulivarjon alueella, arvioidaan näiden vaikutusten pääosin kumoavan toisensa, eikä niillä ole vaikutusta alueellisessa mittakaavassa.

Edellä esitetyn perusteella DGE arvioi, että Najaderna tuulivoimapuiston aiheuttamat muutokset veden sekoittumisessa eivät tule johtamaan merkittäviin vaikutuksiin ympäristössä.

8.2 Virtaukset

Najaderna vaikutus vesimassan virtauksiin voidaan johtaa sekä perustuksista että tuulivarjosta. AFRY on tehnyt selvityksen virtauksien vaikutuksista, ks. Liite C.3, joka on tiivistetty kohdissa 8.2.1, 8.2.2 ja 8.2.3.

8.2.1 Perustuksista aiheutuva vaikutus

Virtauksen vastus syntyy, kun veden täytyy muuttaa suuntaa ja virrata esimerkiksi perustuksen ohitse. Samalla myös merenpohja aiheuttaa virtausvastusta vaihtelevan syvyyden ja virtaavan veden sekä pohjan välisen kitkan vuoksi. Vakiotilanteessa virtausvastus toimii virtauksen käyttövoiman tasapainottavana vastavoimana. Käyttövoima voi olla esimerkiksi gravitaatio (vedenpinnan korkeuserot tai tiheyserot) tai tuuli.

AFRY on laskenut vesikuljetuksen (virtausnopeuden) vähenemän olevan noin 2 % vaihtoehdossa, jossa on 50–67 tuulivoimalaa varustettuna 15 metrin halkaisijalla olevilla monopile-perustuksilla oletetussa keskimääräisessä syvyydessä 50 metriä. Painoperustusten halkaisija vaihtelee korkeuden mukaan merenpohjasta. Koska painoperustukset ovat leveämpiä pohjassa ja kapeampia ylempänä, niiden virtausvastus vaihtelee eri tavalla kuin monopile-perustuksilla. Muuten samoilla oletuksilla ja laskentamenetelmällä kuin monopileille, virtausnopeuden vähenemäksi arvioidaan kuitenkin sama, noin 2 %.

Tuulen ajamien virtausten tapauksessa perustusten aiheuttamaa lisävirtausvastusta voidaan verrata tuulen kitkaan vedenpintaa vasten. Kitkavoima kasvaa tuulen nopeuden myötä, mutta tässä tapauksessa nopeammin kuin tuulen nopeuden neliö, koska myös vedenpinnan epätasaisuus kasvaa tuulen nopeuden kasvaessa. Tuulen kitka synnyttää pintavirtauksia, joiden nopeus on arviolta noin 3 % tuulen nopeudesta. Yhteensä 67 monopile-perustuksen aiheuttaman virtausvastuksen arvioidaan kuitenkin olevan vain muutamia promilleja tuulen käyttövoimasta koko rakennetulla alueella.

Painoperustusten vaikutus tuulen ajamiin virtauksiin on vielä pienempi, koska niiden halkaisija vedenpinnan läheisyydessä on pienempi. Tuulen käyttövoimaan vaikuttaa myös tuulivoimaloiden energiantuoton aiheuttama tuulen nopeuden väheneminen, josta keskustellaan kohdassa 8.2.2.

8.2.2 Lävaikutuksesta aiheutuva vaikutus

Tuulivoimapuiston tuulivarjossa heikentynyt tuuli muuttaa tuulen aiheuttamaa pintavirtauksen nopeutta. Tämä tapahtuu koko tuulivarjon alueella, vaikka suurin hetkellinen vaikutus veden pinnalla arvioidaan olevan noin 5–10 kilometriä tuulivoimapuiston tuulivarjon suuntaan (katso kohta 8.1.2).

Arviolta noin 10 prosentin tuulen nopeuden vähenemä voi johtaa vastaavaan vähennykseen tuulen ajamassa pintavirtauksessa. Kuten edellisessä kohdassa todettiin, tuulen ajamien pintavirtausten nopeus voidaan olettaa olevan noin 3 prosenttia tuulen nopeudesta. 10

prosentin vähennys tuulen ajamassa pintavirtauksessa tarkoittaisi noin 7 m/s tuulivauhdilla muutaman senttimetrin sekunnissa tapahtuvaa pienenemää, esimerkiksi 0,21 cm/s:stä 0,19 cm/s:iin.

8.2.3 Yhteenvedo virtauksista

Tuulivoimapuiston tuulivarjossa voi odottaa jopa 10 prosentin vähennystä tuulen ajamassa pintavirtauksessa. Tuulivarjoalue liikkuu tuulensuunnan vaihdella, joten samaa maantieteellistä aluetta ei vaikutus kosketa jatkuvasti tai saman verran. Suurin energianotto tapahtuu lounaistuulilla, eli kohtisuoraan lähimmältä Ruotsin rannikolta. Täten suurin tuulivarjon vaikutus kohdistuu avoimelle vedelle tuulivoimapuistosta koilliseen. On mahdollista, että kaakkoon suuntautuva pintaveden virtaus vähenee hieman, koska tuulivarjo vaikuttaa usein Bottenhavetin alueeseen, jossa tuulen ajama virtaus toimii yhdessä Coriolis-ilmiön kanssa. Bottenhavetin suurimittakaavainen vastapäivään suuntautuva kierto voisi siten teoreettisesti heikentyä jonkin verran. Makean veden nettovirtaus pois Perämereltä ei muutu, koska se on riippuvainen jokien ja purojen makean veden valunnasta, ei tuulesta. Yhteenvedona suurimittakaavaisen kierron muutokset Bottenhavetissa arvioidaan olevan mittaamattomia.

Tuulivoimapuiston aiheuttama lievä virtausvastuksen lisääntyminen ei myöskään arvioida vaikuttavan Bottenhavetin suurimittakaavaiseen kiertoon. Paikallinen virtauksen uudelleenjakautuminen voi mahdollisesti tapahtua, mutta sitä on tuskin mitattavissa ottaen huomioon virtausten luonnollinen ajallinen vaihtelu sekä nopeudessa että suunnassa. Virtausnopeudet kunkin perustuksen ympärillä voivat paikallisesti hieman kasvaa, koska vesi joutuu kiertämään perustuksen. Tämä voi johtaa paikalliseen pohjan eroosioon, ellei pohjaa suojata.

Tutkimusten mukaan perustusten aiheuttamat vaikutukset voivat johtaa vähähappisten pohja-alueiden lisääntymiseen. Tämä on seurausta orgaanisen aineksen vähenneestä takaisinsekoittumisesta, mikä puolestaan liittyy pientyneeseen pohjan leikkausjännitykseen. Laskelmien perusteella Pohjanmeren projekteissa pohjan leikkausjännitys voi paikallisesti vähentyä jopa 10 prosenttia. Koska leikkausjännitys on verrannollinen virtausnopeuden neliöön, voidaan arvioida, että pohjanläheiset virtausnopeudet vähenevät hieman yli 3 prosenttia. Tämä on samaa suuruusluokkaa kuin edellä arvioitu pintavirtauksen vähenemä Najaderna alueella.

Alueilla, joilla tapahtuu luonnollista sedimentaatiota, paikallinen sedimentin kertyminen voi siten lisääntyä. Mikäli kertynyt materiaali on orgaanista, sen hajoaminen kuluttaa happea pohjalla. Toisaalta virtausnopeudet pohjan lähellä rakennettujen alueiden välittömässä läheisyydessä voivat hieman kasvaa, mikä puolestaan voisi vähentää nettosedimentaatiota. Najaderna ympäristössä vedet ovat yleisesti syvempiä kuin itse rakennusalueella, joten sekä sedimentaatio että mahdollisesti vähähappiset pohjat ovat siellä harvinaisempia. Havaintojen mukaan syvyysprofiilit eivät osoita viime aikoina esiintyneen hapenpuutetta Bottenhavetin lounaisosien pohjilla, mikä viittaa siihen, ettei vastaavaa esiinny myöskään Najaderna alueella. Rakennusalueen pohjien ei arvioida olevan sedimenttiä kerääviä akumulaatiopohjia.

Kun veden pintaa peittää kiinteä jää, se vaikuttaa virtauksiin huomattavasti enemmän kuin perustukset tai tuulivarjo. Jään alapuolinen kitka voi olla samaa suuruusluokkaa kuin merenpohjan aiheuttama kitka, eli moninkertainen perustusten virtausvastukseen verrattuna.

Pintavirtauksiin kiinteä jää vaikuttaa huomattavasti enemmän kuin tuulivarjo vaikuttaisi jäätömmässä tilanteessa.

Rannikkoalueilla ylösvirtaus syntyy, kun tuulen vaikutuksesta pintavesi siirtyy rannasta pois päin ja se korvautuu syvemmältä kerroksesta nousevalla vedellä. Alasvirtaus on tämän vastakohta. Kun tuulen suunta on rannan suuntainen, tuulivarjo voi hieman vähentää rannikon ylösvirtausta tuulivoimapuiston pohjoispuolella ja alasvirtausta eteläpuolella. Näistä suunnista pohjoisluoteiset tuulet ovat yleisimpiä. Nettovaikutuksena tämä tarkoittaa, että alasvirtaus rannalla todennäköisesti vähenee hieman.

Yhteenvetona tuulivoimapuisto vaikuttaa virtauksiin paikallisesti ja alueellisesti enintään 2–10 prosenttia rajoitetuilla ja vaihtelevilla alueilla. Suurin ja yleisimmin esiintyvä vaikutus tapahtuu pintavedessä noin 5–10 kilometrin etäisyydellä tuulivoimapuistosta tuulen suuntaan. AFRYn mukaan virtausnopeuksien vähenemisellä ei arvioida olevan merkittävää vaikutusta vesiympäristöön.

8.3 Aallot

Tuulivoimapuistot voivat vaikuttaa alueen aaltokenttään aaltojen diffraktion (eli taipumisen) ja heijastumisen kautta tuulivoimapuiston rakenteiden välillä sekä lee-ilmiön (ks. kohta 8.2.2) seurauksena. Muutokset aallokossa voivat puolestaan vaikuttaa rannikkoalueisiin, jotka ovat herkkiä sedimenttikuljetuksen muutoksille, kuten rannikkoeroosiolle.

AFRY (liite C.3) on kirjallisuuskatsauksensa perusteella arvioinut, että aallonkorkeus muuttuu enemmän voimakkaiden ja voimistuvien tuulten yhteydessä kuin heikkojen ja heikkenevien tuulten aikana. Aallonkorkeuden merkittävimmät ja toistuvimmat alenemat voidaan siten odottaa avovedellä pohjoisen ja idän välisellä sektorilla. Tällä alueella aallonkorkeuden arvioidaan pienenevän tuulivoimapuiston takana (tuulen alapuolella) jopa noin 5 %. Vaikutuksen arvioidaan olevan mitattavissa jopa noin 50 kilometrin etäisyydelle saakka. Näin ollen ei odoteta, että Ahvenanmaan tai Suomen rannikolla havaittaisiin aallonkorkeuden pienenemistä. Muiden tuulensuuntien aikana vaikutusten arvioidaan olevan vähäisempiä.

Ruotsin rannikolle kohdistuvia aallonkorkeuden pienenemisen mahdollisia vaikutuksia arvioidaan kohdassa 10.3.2.

8.4 Sedimentin leviäminen

Tuulivoimapuiston rakentamisen aikana perustusten kaivaminen ja ankkurointi sekä merikaapeleiden asennus aiheuttavat sedimentin sekoittumista ja leviämistä vesipatsaassa (sameutta).

AFRY (liite C.3) on tutkinut sedimentin leviämistä, jota voi syntyä erityisesti monopile-tyyppisten perustusten asennuksen yhteydessä (ks. tarkemmin jäljempänä).

Monopile-perustukset asennetaan ensisijaisesti lyömällä ne merenpohjaan. Jos merenpohjan materiaali on kuitenkin liian kovaa, jotta paalu voitaisiin lyödä koko vaadittuun syvyyteen, on kova maa-aines porattava pois. AFRY on arvioinnissaan oletanut, että kaikki poraamalla irrotettu materiaali huuhdellaan suoraan ympäröivään vesimassaan asennuksen aikana. Tämä

edustaa niin kutsuttua worst case -tilannetta vapautuvan sedimenttimäärän suhteen. Porausvaiheessa suuria sedimenttimääriä voi siis siirtyä vesipatsaaseen ja levitä ennen kuin ne jälleen laskeutuvat pohjaan.

Painovoimaperustuksia asennettaessa merenpohjaa tasoitetaan ja mahdollisesti kaivetaan. Myös tämä aiheuttaa sedimentin leviämistä, mutta huomattavasti vähemmässä määrin kuin monopile-perustusten poraaminen. Tässä jaksossa tarkastellaan siksi vain sitä sedimentin leviämistä, jota voi tapahtua monopile-perustusten rakentamisen yhteydessä..

8.4.1 Monopilareiden poraaminen

Poraamisesta aiheutuvan sedimentin leviämisen laskemisessa on jouduttu tekemään useita oletuksia, koska tarkkoja olosuhteita ei voida ennalta määrittää. Epävarmuutta liittyy esimerkiksi poraussyvyyyteen, porausnopeuteen, huuhteluveden virtausnopeuteen porausjätteen poistamiseksi sekä vastaanottavan vesistön virtausnopeuteen. Syöttötietojen valinnan täydelliset perustelut on esitetty liitteessä C.3. Pluumlaskelmat on tehty CORMIX-lähikenttämallilla, joka on Yhdysvaltain ympäristönsuojeluviraston (USEPA) tukema ja laajasti käytetty malli. Tämän jälkeen suspendoituneen sedimentin pitoisuudet ja laskeuma on laskettu CORMIX-tulosten pohjalta AFRY:n kehittämällä sedimentaatiomallilla.

Sedimentti leviää porauksen aikana dynaamisen, nopeasti pohjaa kohti painuvan pluumin välityksellä. Korkean tiheydensä vuoksi se leviää painovoiman vaikutuksesta samalla, kun se laimenee. Laimeneminen johtaa tiheyden asteittaiseen pienenemiseen, ja tietyn laimenemisen jälkeen pluumi leviää passiivisesti pitkin merenpohjaa ympäröivän veden luonnollisten virtausten avulla. Toisin sanoen alkuvaiheen laimenemista ohjaavat painovoima ja vastaanottavan veden virtaukset, jotka molemmat tarjoavat laimennusvettä. Pluumin passiivisessa vaiheessa leviämistä edistää sen sijaan ympäröivän vesistön luonnollinen turbulenssi.

Pluumin paksuus riippuu vastaanottavan vesistön virtausnopeudesta. Kun virtausnopeus on 5 cm/s, paksuus on 5 metriä sadan metrin etäisyydellä, kun taas nopeudella 10 cm/s paksuus jää vain 2 metriin samalla etäisyydellä. Tällä etäisyydellä pluumin tiheys on noin 1005–1020 kg/m³ ja suspendoituneen kiintoaineksen pitoisuus noin 2000 mg/l. Toisin sanoen pitoisuudet aivan päästökohdan läheisyydessä vaihtelevat 2 000–460 000 mg/l:n välillä. Maksimileviämisetäisyydeksi on arvioitu 12,5 km työskentelypisteestä, kun virtausnopeus on 5 cm/s, ja 10 km, kun nopeus on 10 cm/s. Tämä kuitenkin edellyttää, että virtaussuunta ei muutu lainkaan, mikä on epätodennäköistä ja konservatiivinen oletus, ottaen huomioon, että virtaukset vaihtelevat todellisuudessa ajallisesti.

Viisitoista erilaista raekokoluokkaa käyttäytyvät vesimassassa huomattavan eri tavoin. Hiekkamaiset ja karkeammat hiukkaset (>0,063 mm) vajoavat nopeasti pohjaan ja laskeutuvat pääosin noin 30 metrin säteellä työpisteestä. Hienorakeisimmat suspendoituneet sedimentit pysyvät sen sijaan vesimassassa lähes 30 tuntia, kun virtausnopeus on 10 cm/s vastaanottavassa vesistössä. Tämä ylittää arvioidun porausajan muutamalla tunnilla. Näin ollen, kun partikkelit ovat kulkeutuneet 10 km:n päähän, poraustyö on jo päättynyt. Toisin sanoen, pluumi ei ehdi kehittyä täyteen mittaansa.

Virtausnopeudella 5 cm/s hienojakoisimmat suspendoituneet sedimentit pysyvät vesimassassa lähes 70 tuntia. Tämä on huomattavasti pidempi aika kuin porauksen arvioitu 25 tunnin kesto. Toisin sanoen pluumi jatkaa ajelehtimistaan virtausten mukana lähes kaksi vuorokautta porauksen päättymisen jälkeen, samalla kun se kutistuu ylävirran suuntaan sitä mukaa, kun karkeimmat fraktiot sedimentoituvat pohjaan.

Eri suspendoituneen kiintoaineksen fraktiot sedimentoituvat ja kasaantuvat eri suuruisille pohja-alueille. Näiden alueiden laajuuteen vaikuttavat pluumin suunta ja vajoamisnopeudet sekä vesistön virtausnopeus ja turbulenssi. Laskeuman arvioidaan olevan yli 1 dm noin 3–4 hehtaarin suuruisella alueella, kun monopile-paalin poraussyvyys on 25 metriä ja virtausolosuhteet ovat normaalit. Noin 2 hehtaarin alueella laskeuma voi olla yli 2 dm, kun taas 25 hehtaarin alueella laskeuma saattaa ylittää 1 cm:n. Jos kaikki 67 suunniteltua perustusta porattaisiin 25 metrin syvyyteen, keskimääräinen laskeuma olisi alle puoli senttimetriä, olettaen että kaikki materiaali laskeutuu hankealueen (35 000 ha) sisälle.

Projektialueelta otettujen pohjanäytteiden perusteella alueen pohjia ei pidetä tyypillisinä akkumulaatiopohjina. Onkin todennäköistä, että kaikkein hienojakoisimmat sedimenttihiukkaset eivät jää paikalleen pohjalle, vaan kulkeutuvat edelleen liikkeelle, kun pohjavirtaukset ovat suhteellisen voimakkaita. Tämä pätee erityisesti projektialueen matalammilla osilla, kun taas syvemmillä alueilla suurempi osa materiaalista voidaan odottaa jäävän paikalleen.

8.4.2 Kaapeleiden asentaminen

Tuulivoimaloiden ja muuntaja-asemien välisten kaapeleiden sekä muuntaja-asemilta maihin johtavien kaapeleiden asentamisessa on yleensä toivottavaa, että kaapelit sijoitetaan merenpohjan alle, jotta ne olisivat suojassa. Tällä hetkellä ei ole päätetty, mitä menetelmää työssä tullaan käyttämään. Tavallisia menetelmiä ovat auraus ja alaspäin huuhtelu, mutta menetelmän valinta riippuu pohjamateriaalista. Laskelmat perustuvat oletukseen, että käytetään huuhtelumenetelmää, koska sen arvioidaan aiheuttavan enemmän sedimenttihiukkaa kuin auraus ja siten myös merkittävämpiä ympäristövaikutuksia kuin muut vaihtoehdot.

Sisäisen kaapeliverkon kokonaispituudeksi arvioidaan noin 135 kilometriä. Kaapelia asennettaessa sen oletetaan huuhtoutuvan V-muotoiseen kaivantoon, jonka yläleveys on enintään 2 metriä ja syvyys 1 metri. Asennusnopeudeksi oletetaan 150 m/h. Tämä vastaa massavirtausta 77 kg/s. Laskelmissa oletetaan, että 20 % materiaalista jää suspendoituneeksi veteen, eli 80 % huuhtoutuneesta sedimentistä painuu nopeasti takaisin kaapelin päälle kaivantoon. Hukka-sedimenttivirta on siis hieman yli 15 kg/s. Tämän materiaalin oletetaan muodostavan työpisteen kohdalle sedimenttipilven, joka ulottuu kaksi metriä pohjan yläpuolelle ja on kaksi metriä leveä. Oletetulla asennusnopeudella sedimenttiä huuhtoutuu veteen yhteensä vähintään noin viiden viikon ajan tämän työvaiheen aikana.

Kaapelin asennusnopeus on samaa suuruusluokkaa kuin luonnolliset virtausnopeudet. Jos virtaus kulkee esimerkiksi poikittain kaapelikaivantoon nähden, pilvi suuntautuu viistosti taaksepäin suhteessa kaapelin asentamissuuntaan. Jos virtaus ja asentamissuunta ovat samat, muodostuu lyhyempi sedimenttipilvi, jossa suspendoituneen aineksen pitoisuus on korkeampi. Jos ne kulkevat vastakkaisiin suuntiin, muodostuu pidempi ja laimeampi pilvi, koska virtauksen ja kaapelin liikkeen välinen suhteellinen nopeus kasvaa. AFRY on laskelmissaan

lähtenyt siitä oletuksesta, että virtaus kulkee poikittain kaivantoon nähden, jolloin saadaan pitoisuusarviot, jotka edustavat kaikkien mahdollisten virtaustilanteiden keskiarvoa.

Pohjan läheisyydessä passiivisesti virtausten mukana liikkuva eliö voi altistua suspendoituneelle sedimentille enintään 30 tunnin ajan, mikä vastaa aikaa, jonka sedimenttihiukkaset tarvitsevat vajotakseen pohjaan. On kuitenkin huomioitava, että sedimenttipilven kesto yhdellä tietyllä paikalla on hyvin lyhyt. Kaivantoon välittömästi rajautuvalla alueella pilven leveys oletetaan olevan 2 metriä, ja tällöin sen kesto kyseisellä kohdalla on vain noin 48 sekuntia, koska pilvi etenee noin 150 metriä tunnissa. Virtausnopeudella 10 cm/s ja CORMIX-mallin ennustamalla pilvilaajenemisella sedimenttipilven alavirran pää voidaan arvioida noin 1300 metrin levyiseksi, jolloin sameuden kesto tällä alueella on alle 9 tuntia.

Hienoin sedimenttifraktio voi kulkeutua jopa 4 kilometrin päähän työpisteestä. Suspendoituneen aineksen pitoisuuksiksi 100 ja 1000 metrin etäisyydellä on arvioitu 500 ja 100 mg/l.

Koska huuhtelutyö etenee jatkuvasti ja sedimentit voivat kulkeutua kauas kaivannosta, kerrostuman paksuus jää alle millimetrin jo 200 metrin etäisyydellä kaapelikaivannosta. Kaapeleita tullaan osittain asentamaan varsin lähelle toisiaan, mikä tarkoittaa, että sama pohjanpinta voi altistua useamman huuhtelukerran vaikutuksille. Kumulatiivinen sedimentoituminenkin olisi kuitenkin suhteellisen vähäistä.

8.4.3 Sedimentin leviämisen kokonaisarvio

Laskelmat perustuvat useisiin oletuksiin eri parametreista, kuten porausnopeudesta ja huuhtelunopeudesta. Epävarmimmiksi arvioidut tulokset liittyvät monopile-perustusten poraukseen. Koska tämän kokoluokan monopile-poraustekniikkaa ei ole vielä kehitetty, käytettävissä ei tällä hetkellä ole mittausdataa. On kuitenkin huomioitava, että monopile-porausta pyritään mahdollisuuksien mukaan välttämään, sillä se on erittäin kallis menetelmä. Todennäköisesti tämä on myös syynä siihen, että tietoja on niukasti saatavilla jopa aiemmin toteutetuista pienemmistä mitoista.

Tulokset viittaavat kuitenkin – kuten edellä on esitetty – siihen, että porauksen ja kaapelien huuhtelun aiheuttama sedimentin leviäminen on pääosin paikallista eikä normaalitilanteissa ulotu rannikolle saakka.

Porausta voidaan suorittaa kahdessa pisteessä samanaikaisesti. Teoriassa alavirtaan suuntautuvassa porausvedessä saattaa tällöin esiintyä 100–200 mg/l suspendoitunutta sedimenttiä, joka on peräisin ylävirran porauksesta, olettaen että vierekkäisten perustusten välinen etäisyys on kohtuullinen. Työskentelyalueen alkuperäisiin pitoisuuksiin verrattuna tämä lisäys on kuitenkin vain vähäinen. Lisäksi laskelmat perustuvat näytteenottopisteeseen, jossa on havaittu suurin hienosedimentin osuus. Muilla alueilla sedimentti leviää selvästi vähemmän, mikä entisestään pienentää kumulatiivisten vaikutusten riskiä suspendoituneen sedimentin pitoisuuksien osalta.

Jos porausmassan purku tapahtuu vesimassan alaosassa, vaikutusalue jää huomattavasti paikallisemmaksi ja lyhytkestoisemmaksi verrattuna tilanteeseen, jossa purku tapahtuisi

vedenpinnalla. Tämä johtuu erityisesti siitä, että raskaat sedimenttipilvet vajoavat nopeasti pohjaan. Pohjan läheisyys estää materiaalin laajemman kulkeutumisen ennen sen laskeutumista.

Passiivisesti pohjan läheisyydessä virtausten mukana liikkuva eliö voi altistua kaapelin huuhtelusta peräisin oleville suspendoituneille sedimenteille enintään 30 tunnin ajan, sillä tämä on arvioitu aika, jonka kuluessa kaikki sedimentti ehtii laskeutua pohjaan. Monopile-perustusten porauksessa, kun virtausnopeudet ovat pieniä, vaikutusaika voi olla noin kolme vuorokautta. Tietyssä paikassa pohjan läheisyydessä, hankealueella tai sen lähetyvillä, voi kuitenkin esiintyä noin 100 mg/l pitoisuuksia pidempään kuin kolme vuorokautta, jos uusi sedimenttipilvi porauksesta tai kaapelin huuhtelusta peittää aiemman pilven. On kuitenkin erittäin epätodennäköistä, että uusi pilvi peittäisi kaksi jo osittain päällekkäistä vanhempaa pilveä. Tämän vuoksi arvioidaan, että pohjassa tai sen läheisyydessä eläviä ja paikallaan pysyviä eliöitä ei altistu yli 100 mg/l pitoisuuksille yhtäjaksoisesti yli noin kuuden vuorokauden ajan.

Sedimentin leviämisen vaikutuksia on arvioitu luvun 10 asiaankuuluvissa osioissa, erityisesti kohdissa 10.2.1, 10.2.2, 10.2.3, 10.2.4, 10.3.4 ja 10.6.1.

8.5 Merenpohjan fyysiset muutokset

Rakennusvaiheen aikana pohjaeläimiin kohdistuu vaikutuksia ensisijaisesti fyysisen häirinnän kautta, kun rakennetaan perustuksia, eroosiosuojauksia, muuntamoita ja sisäisiä kaapeliyhteyksiä. Fyysisesti vaikuttava alue näiden rakenteiden osalta Najaderna tuulivoimapuiston hankealueella on kuitenkin suhteellisen pieni, noin 0,2 % koko hankealueen pinta-alasta.

Merenpohjan fyysisten muutosten mahdollisia vaikutuksia arvioidaan luvun 10 asianomaisissa osissa, erityisesti kohdissa 10.2.2, 10.2.3, 10.3.4 ja 10.6.1.

8.6 Keinotekoiset riutat

Tuulivoimaloiden perustukset muodostavat uuden, kovan substraatin, joka muistuttaa luonnollista kovapohjaa, ja niitä kutsutaan keinotekoisiksi riutoiksi. Pohjaan ankkuroiduissa perustuksissa sekä itse perustus että sitä ympäröivä eroosiosuoja toimivat kovapohjaisena elinympäristönä. Koska perustukset ulottuvat vedenpinnasta pohjaan asti, niiden pystysuuntainen rakenne johtaa lajien vyöhykkeistymiseen: eri lajit asuttavat roiskevyöhykkeen, vuorovesivyöhykkeen, matalammat ja syvemmät osat.

Lähellä pintaa kolonisointi painottuu yleensä simpukoihin, merirokkoihin ja makroleviin, keskisyvyyksillä suodattaviin äyriäisiin ja syvemmällä anemoneihin.

Keinotekoisien riuttojen muodostumisen vaikutuksia arvioidaan luvun 10 asianmukaisissa osissa, erityisesti kohdissa 10.2.2, 10.2.3, 10.3.4 ja 10.6.1.

8.7 Vieraslajit

Merilaji luokitellaan vieraslajiksi, jos se ei esiinny luonnostaan tietyllä merialueella ja on saapunut sinne ihmisen toiminnan seurauksena. Vieraslajit leviävät merialueilla erityisesti

painolastiveden ja alusten runkoihin kiinnittymisen kautta, ja niitä pidetään merkittävänä ekologisena ja taloudellisena uhkana.

Rakennusvaiheen aikainen laivaliikenne alueella voi lisätä vieraslajien leviämiskä. Rakennustöissä käytettävien alusten painolastiveden mukana voi kulkeutua vieraita lajeja.

Jos kuljetukset tehdään läheisistä satamista, leviämiskä puistoalueelle pienenee. Riskiin vaikuttaa myös perustusten kuljetustapa: se kasvaa, jos perustukset hinataan paikalle sen sijaan, että ne kuljetetaan aluksilla. Hinattaessa vieraat lajit voivat kiinnittyä perustuksiin jo lähtösatamassa ja levitä sitä kautta tuulipuiston alueelle.

Perustusten valmistuttua ne voivat lisäksi toimia ns. ekologisina askelina ("stepping stones") ja edistää lajien leviämistä pitkiäkin matkoja useiden lyhyiden kolonisaatiovaiheiden kautta (Glarou ym. 2020). Tämä mekanismi voi olla erityisen tärkeä lajeille, joilla on lyhyet pelagiset toukkavaiheet (Glarou ym. 2020).

Vieraslajien mahdollisia vaikutuksia arvioidaan kohdassa 10.2.2.

8.8 Saasteiden leviäminen

Jos sedimentissä on ympäristömyrkyjä, ne voivat levitä merenpohjan fyysisen häirinnän yhteydessä. Ympäristömyrkyt kerääntyvät kuitenkin ohueisiin kerroksiin, ja niiden mahdollinen leviäminen rajoittuu kohtiin, joissa häirintää tapahtuu. Tämän jälkeen aineet laimenevat vesipatsaassa.

Epäpuhtauksien leviämisen mahdollisia vaikutuksia arvioidaan luvun 10 asianomaisissa osissa, erityisesti kohdassa 10.2.2.

8.9 Vedenalainen melu

Efterklang – Part of AFRY (jäljempänä Efterklang) on tehnyt meluselvityksen vedenalaisesta melusta, jota odotetaan esiintyvän hankkeen rakennus- ja käyttövaiheessa (ks. liite C.13). Tuulivoimapuiston käytöstäpoistovaihe ajoittuu vuosikymmenten päähän tulevaisuuteen, ja koska käytettävissä olevia menetelmiä on tässä vaiheessa vaikea ennustaa, tätä vaihetta ei ole tarkasteltu tarkemmin.

Vedenalaisen melun vaikutuksia arvioidaan luvun 10 asianomaisissa osissa, erityisesti kohdissa 10.2.1, 10.2.3 ja 10.2.4.

8.9.1 Olosuhteet - vedenalainen melu ja vaikutukset

Äänenpainetaso vedessä ilmoitetaan tavallisesti desibeleinä (dB) suhteessa 1 µPa:han. Vedenalaista ääntä esitetään sekä lineaarisina tasoina (ilman painotusfiltteriä) että lajikohtaisilla painotusfilttereillä painotettuina tasoina. Painotusfiltterit ovat välttämättömiä, koska mereneläinten kuuloherkkyys riippuu äänen taajuudesta.

Hylkeisiin kohdistuvan vaikutuksen arvioinnissa käytetty painotussuodatin perustuu julkaisuun Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Updated Scientific Recommendations for Residual Hearing Effects, ja sen tunnus on PCW (Phocid Carnivores in Water). Kalojen

osalta selvityksessä ei käytetä painotussuodatinta, koska arviointiperusteet perustuvat lineaarisiin arvoihin.

Äänenpainetaso voidaan ilmoittaa eri mittayksiköillä sen mukaan, miten painevaihtelut on keskiarvoistettu. Vedenalaisen melun ohjearvot ilmoitetaan tavallisesti seuraavilla tavoilla:

- SPL(top) – (Sound Pressure Level). Painevaihtelun suurin absoluuttinen arvo (ylipaine tai alipaine). Ilmoitetaan yksikössä dB suhteessa 1 μPa :han.
- SPL(rms) – Ekvivalentti äänenpainetaso. Äänenpainetason neliöllinen keskiarvo (RMS, Root Mean Square) tietyn ajanjakson aikana. Ilmoitetaan dB suhteessa 1 μPa :han. Tässä raportissa käytetyt arviointiperusteet koskevat RMS-arvoja ajalta 125 ms.
- SEL – (Sound Exposure Level). Äänenaltistustaso, joka lasketaan tietyn ajanjakson kokonaisäänienergiasta. Ilmoitetaan yksikössä dB suhteessa 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$. SEL on todettu parhaiten vastaavan kuulovaurioiden riskiä. Tässä raportissa käytetyt arviointiperusteet koskevat 24 tunnin altistusta (SEL24h).
- SEL(yksittäinen) – Tätä merkintää käytetään yksittäisten äänipiikkien (esimerkiksi paalutusiskujen) altistustasojen ilmoittamiseen.

Vesieliöihin kohdistuvat fysiologiset vaikutukset jaetaan yleensä kahteen ryhmään:

- TTS (Temporary Threshold Shift) – väliaikainen kuulovaurio
- PTS (Permanent Threshold Shift) – pysyvä kuulovaurio

Ruotsissa ei tällä hetkellä ole raja- tai ohjearvoja, jotka määrittäisivät vedenalaisen melun sallittavat tasot melua aiheuttaville toiminnoille. Meluselvityksessä on sen sijaan valittu käyttöön yleisesti käytettyjä ja viimeksi päivitettyjä arviointiperusteita. Lähteinä on käytetty Tanskan energiavirastoa, Vindvalin raporttia 6723 (Perustelut vedenalaisen melun sääntelylle paalutuksessa), ANSI-akkreditoitua standardointikomiteaa sekä Yhdysvaltain NOAA-virastoa (National Oceanic and Atmospheric Administration). Yhteenvedo arviointiperusteista on esitetty taulukossa 13.

Tanskan energiaviraston ohjeistuksessa esitetään kynnysarvot äänen luonteen mukaan jaettuna: impulssiäänille ("I-type sounds") ja muille äänille ("other sounds"). Impulssiäänit liittyvät erityisesti rakennusvaiheen paalutukseen, kun taas muut äänet liittyvät käyttövaiheeseen.

Taulukko 13. Yhteenvedo kynnysarvoista, joihin paalutuksen aiheuttaman vedenalaisen melun tasoja verrataan. SEL-kynnysarvot ovat dB suhteessa 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$, SPL-kynnysarvot ovat dB suhteessa 1 μPa .

Eläinlaji	Vaikutus	Mitta	Kynnysarvo, dB	Lähde
Hylje	PTS	I-type sounds SEL _{24h,PCW}	185	Tanskan energiaviraston ohjeet
		Other sounds SEL _{24h,PCW}	201	
		SPL(huippu)	218	NOOA:s ohjaus
	TTS	I-type sounds SEL _{24h,PCW}	170	

		Other sounds SEL _{24h,PCW}	181	Tanskan energiaviraston ohjeet
		SPL(huippu)	212	NOOA:s ohjaus
Kala	Kuolleisuus ja sisäelinten vauriot	SPL(huippu)	207	Vindval rapporti 6723
		SEL(yksinkertainen)	174	Vindval rapporti 6723
Munat ja toukat	Kuolleisuus ja sisäelinten vauriot	SPL(huippu)	217	Vindval rapporti 6723
		SEL(yksinkertainen)	187	Vindval rapporti 6723
Silakka	TTS	SEL _{24h}	186	Standardikomitea S3/SC1

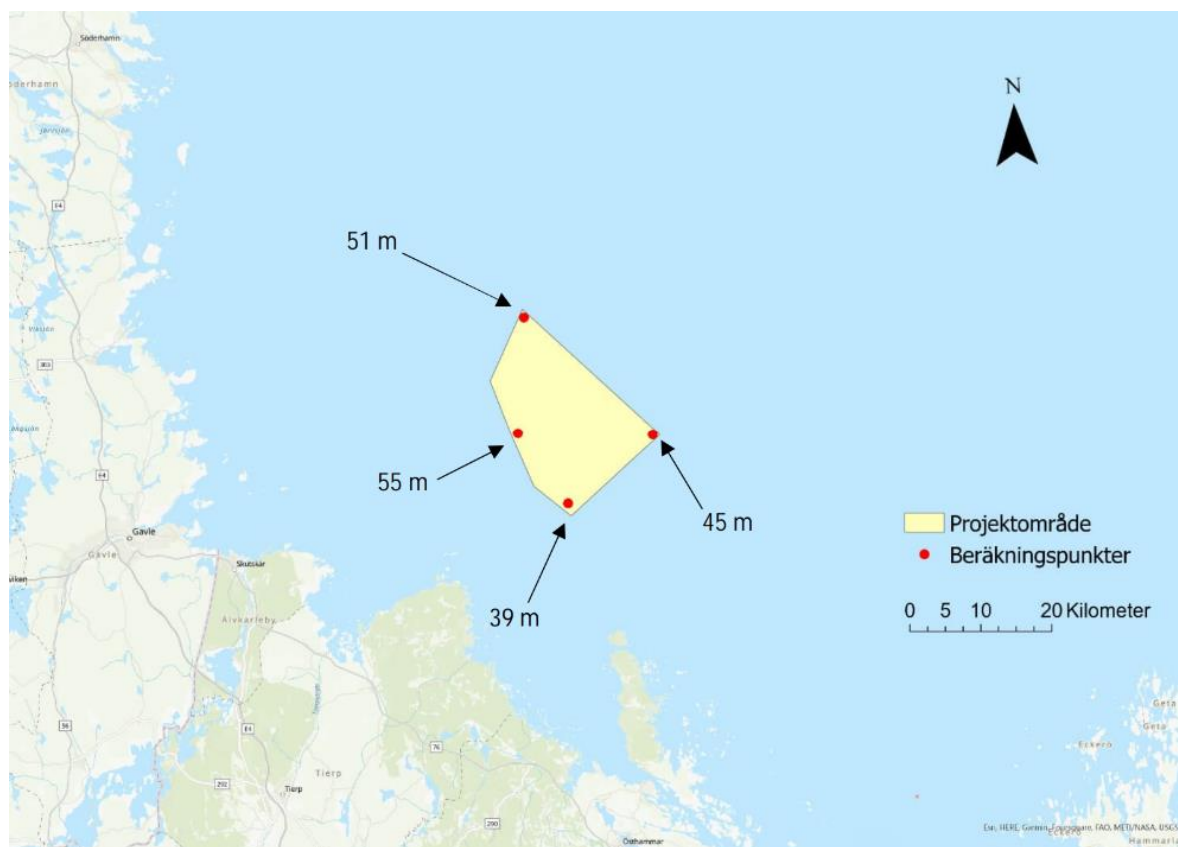
8.9.2 Rakennusvaihe

8.9.2.1 Laskentaoletukset

Rakennusvaiheen aikana perustusten paalutuksesta aiheutuva melu arvioidaan aiheuttavan korkeimmat äänitasot ja muodostavan pahimman mahdollisen skenaarion. Siksi rakennusvaiheen tarkastelussa keskitytään paalutustyöhön. Lopullista perustustyyppiä ei ole vielä päätetty, joten melulaskelmat on tehty sekä monopile- että ristikkoperustuksille. Monopile-perustusten paalujen halkaisijaksi on suunniteltu enintään 15 metriä ja ristikkoperustusten paalujen halkaisijaksi enintään 3,5 metriä.

Äänen etenemiseen vaikuttaa vesipatsaan syvyys, koska se määrää äänen leviämisreitit. Tämän havainnollistamiseksi melulaskelmat on tehty neljässä eri sijainnissa, joissa pohjan syvyys vaihtelee; ks. kuva 48. Laskentatuloksia esittäessä näitä sijainteja kutsutaan nimillä pohjoinen, itä, etelä ja länsi.

Myös merenpohjan geologinen koostumus vaikuttaa äänen leviämiseen. Najaderna-hankealue koostuu pääosin moreenista ja vaihtelevassa määrin postglasiaalisesta savesta. Laskelmissa on konservatiivisesti oletettu, että koko alueen pohja koostuu moreenista. Tämä tuottaa niin sanotun worst case -skenaarion, sillä saviset pohjasedimentit vaimentavat ääntä tehokkaammin kuin moreeni.



Kuva 1. Tutkitut paalupaikat (merkitty punaisella) ja pohjan syvyys paikoilla (lähde: lisäys C.13).

Toinen merkittävä tekijä, joka vaikuttaa syntyviin äänenpainetasoihin, on äänen etenemisnopeuden profiili. Nopeusprofiili riippuu veden suolapitoisuudesta ja lämpötilasta, ja se vaihtelee vuodenaikojen mukaan. Najaderna-hankealueen ympäristössä suurimmat erot nopeusprofiilissa havaitaan kevään ja kesän välillä. Tämän vuoksi laskentatulokset esitetään sekä kevät- että kesäskenaarioina.

Lähdevoimakkuudet on määritetty Bellman et al. (2020), julkaisun perusteella, joka pohjautuu suureen määrään paalutustöiden yhteydessä tehtyjä äänimittauksia. Taulukossa 14 on esitetty laskennoissa käytetyt lähdevoimakkuudet. Nämä lähdevoimakkuudet vastaavat paalutusta täydellä teholla, eli sen jälkeen, kun mahdollinen ylösajovaihe (iskuenergian asteittainen lisääminen) on suoritettu.

Taulukko 1. Laskelmissa käytetyt lähdevahvuudet.

Mitat	Lähteen vahvuus paalutus monopile- perustus (halkaisija 15 m)	Lähteen vahvuus paalutus ristikkojalkojen perustukset (halkaisija 3,5 m)
SEL(yksinkertainen)	228 dB rel. 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$	216 dB rel. 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$
SPL(huippu)	250 dB rel. 1 μPa	238 dB rel. 1 μPa

Menetelmän täydellinen kuvaus on liitteessä C.13.

8.9.2.2 Tulos

Taulukoissa 15 ja 16 esitetään laskentatulokset äänialtistustasoista ($SEL_{(24h)}$) sekä suurimmista etäisyyksistä, joilla saavutetaan kynnsarvot hylkeiden, kalojen sekä mätimunien ja toukkien osalta.

Taulukko 2. Lasketut äänialtistustasot SEL_{24h} , jotka on mukautettu punnitussuodattimella ja jotka on tarkoitettu tiivisteille paaluperustusten paaluttamisen aikana.

Paalutusasento	Arvioitu äänialtistustaso hylkeelle $SEL_{24h,PCW}$ dB rel. 1 μPa^2s
Monopile Länsi Kevät	197
Monopile Länsi Kesä	197
Monopile Itä Kevät	197
Monopile Itä Kesä	197
Monopile Pohjoinen Kevät	195
Monopile Pohjoinen Kesä	195
Monopile Etelä Kevät	196
Monopile Etelä Kesä	196

Taulukko 3. Lasketut äänialtistustasot SEL_{24h} , jotka on mukautettu punnitussuodattimella tiivisteiden osalta ristikkoperustusten paalutuksen aikana..

Laskelmatapaus	Arvioitu äänialtistustaso hylkeelle $SEL_{24h,PCW}$ dB rel. 1 μPa^2s
Fackverk Länsi Kevät	185
Fackverk Länsi Kesä	185
Fackverk Itä Kevät	185
Fackverk Itä Kesä	185
Fackverk Pohjoinen Kevät	183
Fackverk Pohjoinen Kesä	183
Fackverk Etelä Kevät	184
Fackverk Etelä Kesä	184

Laskelmat osoittavat, että melunvaimennus on tarpeen, jotta asetetut kynnsarvot eivät ylittyisi (I-tyypin äänet $SEL_{(24h),PCW}$): 170 dB TTS:n ja 185 dB PTS:n osalta).

Monopile-perustusten paalutuksessa vaimennustarpeeksi arvioidaan enintään 12 dB PTS:n ja 27 dB TTS:n ehkäisemiseksi hylkeillä. Ristikkoperustusten paalutuksessa vaimennustarpeeksi arvioidaan enintään 16 dB TTS:n ehkäisemiseksi hylkeillä. PTS:n kynnsarvo ei ylitä ristikkoperustusten osalta.

Kohdassa 9.1.1 esitetään ehdotuksia melun leviämisen rajoittamiseksi soveltuvista vaimennusmenetelmistä.

Taulukoissa 17 ja 18 esitetään laskentatulokset suurimmista etäisyyksistä, joilla hetkellisten äänitasojen kynnsarvot (SPL(huippu) ja SEL(yksittäinen)) voivat ylittyä monopile- ja ristikkoperustusten paalutuksessa.

Taulukko 4. Suurimmat etäisyydet hetkellisen äänitason raja-arvojen (SPL(peak), SEL(single)) tangenttiin monopile-peruspaalujen osalta. Etäisyydet koskevat paalutusta täydellä lähteen voimakkuudella ilman ramppia

Paalutusasento	Hylje		Kala	Munat ja toukat
	PTS	TTS	Kuolleisuus/Vammat	Kuolleisuus/Vammat
Monopile Länsi Kevät	350 m	950 m	11 km	1,5 km
Monopile Länsi Kesä	350 m	850 m	10 km	1,5 km
Monopile Itä Kevät	400 m	1,0 km	12 km	1,5 km
Monopile Itä Kesä	300 m	900 m	11 km	1,5 km
Monopile Pohjoinen Kevät	300 m	900 m	11 km	1,2 km
Monopile Pohjoinen Kesä	300 m	850 m	10 km	1,1 km
Monopile Etelä Kevät	300 m	700 m	10 km	1,0 km
Monopile Etelä Kesä	300 m	700 m	10 km	1,0 km

Tabell 5. Enimmäisetäisyydet hetkellisten äänitasojen raja-arvojen (SPL(peak), SEL(single)) koskettamiseksi ristikkoperustusten paalutuksessa. Etäisyydet koskevat paalutusta täydellä lähteen voimakkuudella ilman ramppia..

Paalutusasento	Hylje		Kala	Munat ja toukat
	PTS	TTS	Kuolleisuus/Vammat	Kuolleisuus/Vammat
Fackverk Länsi Kevät	ca 50 m	150 m	1,8 km	250 m
Fackverk Länsi Kesä	ca 50 m	150 m	1,5 km	250 m
Fackverk Itä Kevät	ca 50 m	150 m	1,9 km	200 m
Fackverk Itä Kesä	ca 50 m	150 m	1,8 km	200 m
Fackverk Pohjoinen Kevät	ca 50 m	150 m	1,9 km	200 m
Fackverk Pohjoinen Kesä	ca 50 m	150 m	1,5 km	200 m
Fackverk Etelä Kevät	ca 50 m	150 m	2,0 km	200 m
Fackverk Etelä Kesä	ca 50 m	150 m	2,0 km	200 m

Hylkeiden osalta PTS- ja TTS-kynnysarvot ylittyvät enintään noin 400 metrin ja 1 kilometrin etäisyydellä monopile-paaluja käytettäessä. Ristikkopaaluilla vastaavat etäisyydet ovat arviolta noin 50 metriä ja 150 metriä.

Kalojen kuolleisuus- ja vauriokynnykset voivat ylittyä enintään 11 kilometrin etäisyydellä monopile-paaluja käytettäessä ja 2 kilometrin etäisyydellä ristikkopaaluilla.

Mätimunien ja toukkien osalta kuolleisuus-/vauriokynnys voi ylittyä enintään 1,5 kilometrin etäisyydellä monopile-paaluja käytettäessä ja 250 metrin etäisyydellä ristikkopaaluilla.

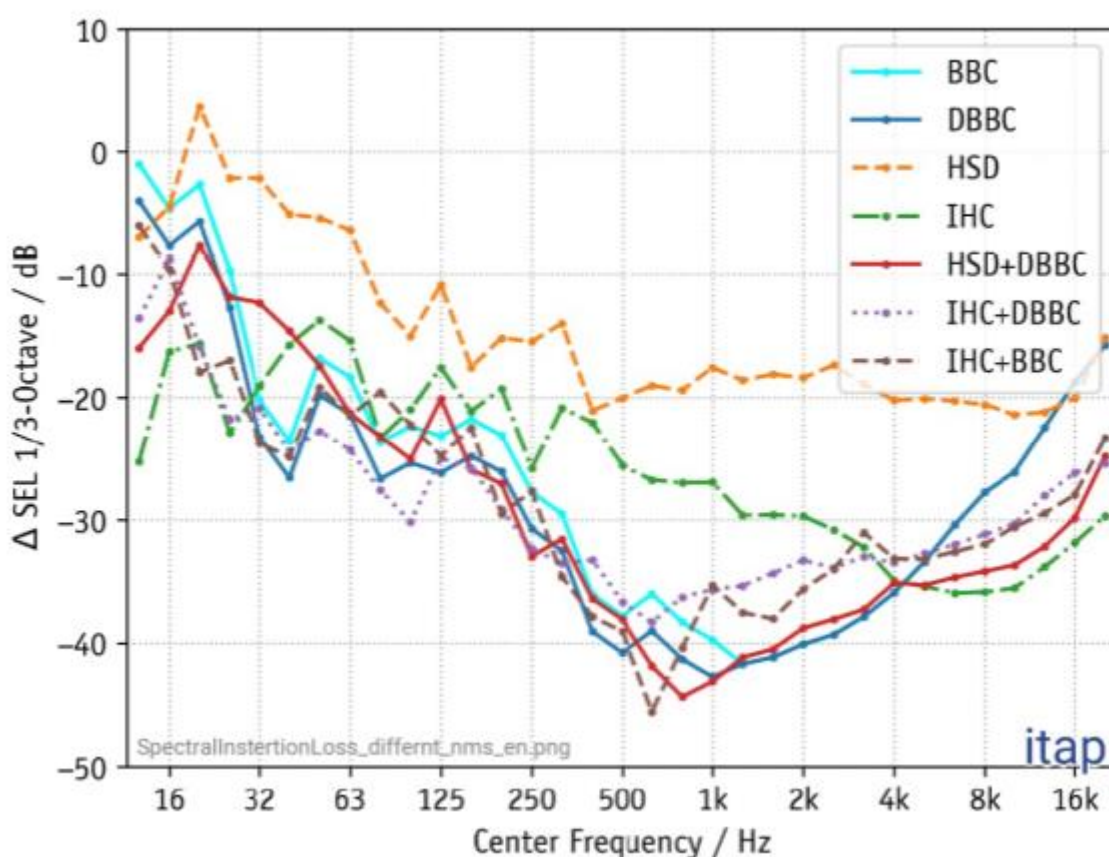
8.9.2.3 Melun vähentäminen

Paalutusmelua hallitsevat taajuudet noin 100-200 Hz:n välillä, ks. kuva 49. Jotta kokonaismelutasoa voitaisiin jonkin verran vaimentaa, melunvaimennusmenetelmien on oltava tehokkaita näillä taajuuksalueilla.



Kuva 2. Vedenalaisen melun poikkitaajuustasot paalutuksen aikana. Tasot on mukautettu lähteen voimakkuuteen SEL(single) 228 dB. Ristikaistat perustuvat Bellman et al. 2020 raportoitujen tasojen keskiarvoon.

Kuvassa 50 esitetään mitattu äänenvaimennus kolmikaistaisena eri melunvaimennustekniikoilla (Bellman et al. 2020).



Kuva 3. Mitattu melun väheneminen eri meluntorjuntatekniikoita käytettäessä. BBC-Big Bubble Curtain, DBBC-Double Big Bubble Curtain, HSD-Hydro Sound Damper, IHC-Noise Mitigation Screen. Kuva otettu lähteestä Bellman et al. 2020

Kuten edellä on esitetty, 100-200 Hz:n taajuuksilla lieventämistoimenpiteet aiheuttavat noin 20 dB:n vaimennuksen. Näyttää myös siltä, että nämä toimenpiteet aiheuttavat suurimman vaimennusvaikutuksen noin 1 000 Hz:n taajuuksilla.

Koska lieventämistoimenpiteet vaimentavat korkeita taajuuksia enemmän kuin matalia taajuuksia, taajuuspainotetut melutasot vähentävät hylkeiden melua enemmän kuin lineaariset tasot (ilman painotussuodatinta).

Taulukossa 19 esitetään esimerkkejä siitä, miten laskelmissa käytetty lähteen voimakkuuden vaimennus eroaa lineaaristen ja taajuuspainotettujen kokonaismelutasojen osalta. Esimerkkinä on käytetty HSD+DBBC-tekniikalla mitattua vaimennusta.

Talukko 6. Paalulähteen voimakkuuden saatu vaimennus punnitun suodatintiiivisteiden kanssa ja ilman sitä. Esimerkkinä on esitetty monopile-perustusten lähteen voimakkuudet.

Suodattimien punnitseminen	Lähteen lujuus paalun monopile-perustus, SEL(Single) dB rel 1 μ Pa ² s etäisyydellä 1m.	
	Vaimentamaton	Vaimennus HSD+DBBC:llä
Ilman punnitussuodatinta	228	206
PCW (tiiviste)	209	182

Taulukosta käy ilmi, että HSD+DBBC-toimenpide vaimentaa lineaarista lähteen voimakkuutta 22 dB, kun taas taajuuspainotetut lähteen voimakkuudet vähenevät 27 dB tiivisteen osalta.

Taulukoissa 20 ja 21 esitetään lasketut äänialtistustasot SEL_{24h} eri laskentatapauksissa paalutuksen osalta, kun melunvaimennusta on sovellettu. Taulukko 20 koskee monopile-perustusten paalutusta ja taulukko 21 ristikkoperustusten paalutusta.

Taulukko 7. Lasketut äänialtistustasot SEL_{24h}, jotka on mukautettu punnitussuodattimella tiivisteen osalta. Tasot koskevat paaluperustusten paalutusta, jossa melua on vähennetty HSD- ja DBBC-tekniikoiden avulla.

Paalutuspaikka	Laskettu äänialtistustaso hylkeille SEL _{24h} , PCW dB suhteessa 1 μ P
Monopile Länsi Kevät	171
Monopile Länsi Kesä	171
Monopile Itä Kevät	171
Monopile Itä Kesä	171
Monopile Pohjoinen Kevät	169
Monopile Pohjoinen Kesä	169
Monopile Etelä Kevät	170
Monopile Etelä Kesä	169

Taulukko 8. Lasketut äänialtistustasot (SEL_{24h}), jotka on mukautettu tiivisteen painotussuodattimella. Arvot koskevat ristikkorakenteisten perustusten paalutusta, jossa melua on vaimennettu HSD- ja DBBC-tekniikoilla.

Laskentatapaus	Laskettu äänialtistustaso hylkeille SEL _{24h} , PCW dB suhteessa 1 μ Pa ² s
Fackverk Länsi Kevät	158
Fackverk Länsi Kesä	158
Fackverk Itä Kevät	158

Laskentatapaus	Laskettu äänialtistustaso hylkeille SEL _{24h,PCW} dB suhteessa 1 µPa ² s
Fackverk Itä Kesä	158
Fackverk Pohjoinen Kevät	156
Fackverk Pohjoinen Kesä	156
Fackverk Etelä Kevät	157
Fackverk Etelä Kesä	156

Edellä esitetyt tasot osoittavat, että monopile-perustusten paalutuksessa, kun meluntorjuntatoimenpiteitä käytetään, PTS-kynnysarvo hylkeillä (SEL_{24h,PCW}) 185 dB ei ylity. TTS-kynnysarvon (SEL_{24h,PCW}) 170 dB arvioidaan mahdollisesti ylittyvän 1 dB:llä.

Tämä ylitys koskee hypoteettista vastaanottajaa, joka paalutuksen alkaessa alkaa siirtyä pois kohteesta, joka sijaitsee 200 metrin etäisyydellä paalutuspisteestä. Laskennallisesti 700 metrin aloitusetäisyys paalutuksen (ja vastaanottajan etääntymisen) käynnistyessä on riittävä, jotta myöskään TTS-kynnysarvo ei ylity.

Kun meluntorjuntatoimenpiteitä sovelletaan ristikkoperustusten paalutukseen, kynnysarvot eivät ylity lainkaan.

Taulukoissa 22 ja 23 esitetään laskentatulokset, jotka koskevat suurimpia etäisyyksiä hetkellisten äänitasojen kynnysarvojen (SPL(huippu) ja SEL(yksittäinen)) saavuttamiseen, kun monopile- ja ristikkoperustusten paalutuksessa käytetään meluntorjuntatoimia.

Taulukko 9. Enimmäisetäisyydet hetkellisen äänitason raja-arvojen saavuttamiseksi (SPL(peak), SEL(single) ja SPL(rms, 125 ms)). Etäisyydet koskevat paalutusta täydellä äänilähteen voimakkuudella ilman ajoa, mutta melunvaimennustekniikoita HSD ja DBBC soveltaen. Tasot koskevat paalutusta yksipaaluperustuksissa.

Paalutuspiste	Hylje		Kala	Munat ja toukat
	PTS	TTS	Kuolleisuus / vahinko	Kuolleisuus / vahinko
Monopile Länsi Kevät	ca 10 m	ca 50 m	400 m	ca 70 m
Monopile Länsi Kesä	ca 10 m	ca 50 m	300 m	ca 70 m
Monopile Itä Kevät	ca 10 m	ca 50 m	400 m	ca 70 m
Monopile Itä Kesä	ca 10 m	ca 50 m	300 m	ca 70 m
Monopile Pohjoinen Kevät	ca 10 m	ca 50 m	400 m	ca 70 m
Monopile Pohjoinen Kesä	ca 10 m	ca 50 m	300 m	ca 70 m
Monopile Etelä Kevät	ca 10 m	ca 50 m	350 m	ca 70 m
Monopile Etelä Kesä	ca 10 m	ca 50 m	250 m	ca 70 m

Taulukko 10. Enimmäisetäisyydet kynnysarvojen saavuttamiseen, jotka koskevat hetkellisiä äänitasoja (SPL(huippu), SEL(yksinkertainen) ja SPL(rms, 125 ms)). Etäisyydet koskevat paalutusta täydellä lähtevoimakkuudella ilman nousua, mutta käyttäen melunvaimennusta HSD- ja DBBC-tekniikoilla. Tasot koskevat ristikkojalkojen paalutusta.

Paalutuspiste	Hylje		Kala	Munat ja toukat
	PTS	TTS	Kuolleisuus / vahinko	Kuolleisuus / vahinko
Fackverk Länsi Kevät	Ei saa ylittää	ca 10 m	ca 50 m	ca 10 m
Fackverk Länsi Kesä	Ei saa ylittää	ca 10 m	ca 50 m	ca 10 m
Fackverk Itä Kevät	Ei saa ylittää	ca 10 m	ca 50 m	ca 10 m

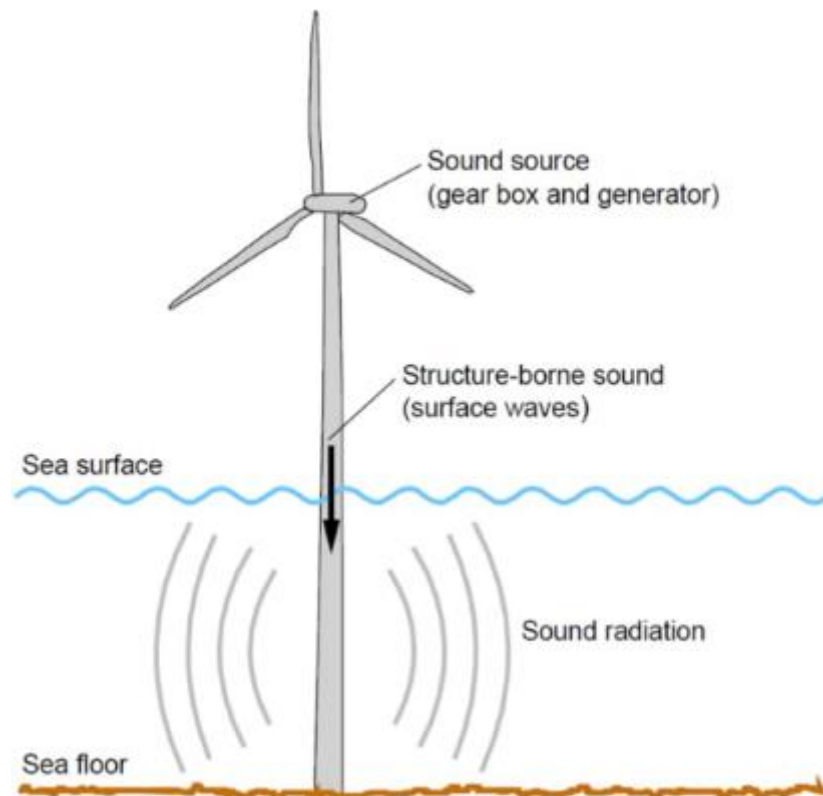
Paalutuspiste	Hylje		Kala	Munat ja toukat
	PTS	TTS	Kuolleisuus / vahinko	Kuolleisuus / vahinko
Fackverk Itä Kesä	Ei saa ylittää	ca 10 m	ca 50 m	ca 10 m
Fackverk Pohjoinen Kevät	Ei saa ylittää	ca 10 m	ca 50 m	ca 10 m
Fackverk Pohjoinen Kesä	Ei saa ylittää	ca 10 m	ca 50 m	ca 10 m
Fackverk Etelä Kevät	Ei saa ylittää	ca 10 m	ca 50 m	ca 10 m
Fackverk Etelä Kesä	Ei saa ylittää	ca 10 m	ca 50 m	ca 10 m

Tiivisteiden osalta etäisyyden TTS-kynnysarvon saavuttamiseen arvioidaan lyhenevän 1 kilometristä noin 50 metriin, kun paalutetaan melunvaimennetuilla menetelmillä monopile-perustuksia. Hylkeiden PTS:n osalta vastaava etäisyys lyhenee 400 metrissä noin 10 metriin. Ristikkoperustusten melunvaimennetussa paalutuksessa TTS-kynnysarvon etäisyys lyhenee 150 metrissä noin 10 metriin. Hylkeiden PTS-kynnysarvon ei arvioida ylittävän ristikkoperustusten melunvaimennetussa paalutuksessa.

Kalojen kuolleisuus-/vahinkokynnyksen tangointi vähenee 11 kilometristä 400 metriin, kun paalutetaan melunvaimennetuilla menetelmillä monopile-perustuksia. Ristikkoperustusten osalta vastaava etäisyys lyhenee 2 kilometristä noin 50 metriin. Munien ja toukkien kuolleisuus-/vahinkokynnyksen tangointi vähenee enimmäisetäisyydestä 1,5 kilometriä noin 70 metriin monopile-perustusten melunvaimennetussa paalutuksessa. Ristikkoperustusten paalutuksessa vastaava etäisyys lyhenee 250 metrissä noin 10 metriin.

8.9.3 Toimintavaihe

Tuulivoimaloiden toiminnan aiheuttamaa melua syntyy kahdella tavalla: ensinnäkin vedenpinnan läheisyydessä roottorin lapojen aiheuttamista painevaihteluista, ja toiseksi tornin ja perustusten kautta välittyvän mekaanisen värinän seurauksena (ks. kuva 51). Vedenalaiseen ääneen vaikuttavat ensisijaisesti tornin kautta välittyvät värähtelyt, jotka johtuvat vaihteiston hammaspyörien toiminnasta sekä generaattorin toiminnasta. Tämä ääni koostuu pääosin alle 1000 hertsin taajuuksista. Ilmassa etenevä melu, joka syntyy roottorin lapojen liikkeestä, heijastuu suurelta osin vedenpinnasta eikä siten merkittävästi vaikuta vedenalaiseen äänimaisemaan. Tuulivoimaloiden tuottamat äänitasot vaihtelevat voimalan koon ja vallitsevien tuuliolosuhteiden mukaan.



Kuva 4. Kaaviokuva tuulivoimalan vedenalaisesta melupäästöstä (lähde: liite C.13).

Vindval-tutkimusohjelma on aiemmin julkaistussa raportissaan Effects of offshore wind power on marine life – A synthesis report on the state of knowledge in 2021 todennut, että tuulivoimaloiden toiminnan aikaiset äänet eivät ole riittävän voimakkaita aiheuttaakseen tilapäisiä tai pysyviä kuulovaurioita merinisäkkäille, vaikka nämä eläimet oleskelsivat hyvin lähellä voimaloita pitkänkin ajan. Myöskään vedenalainen ääni ei näytä karkottavan niitä.

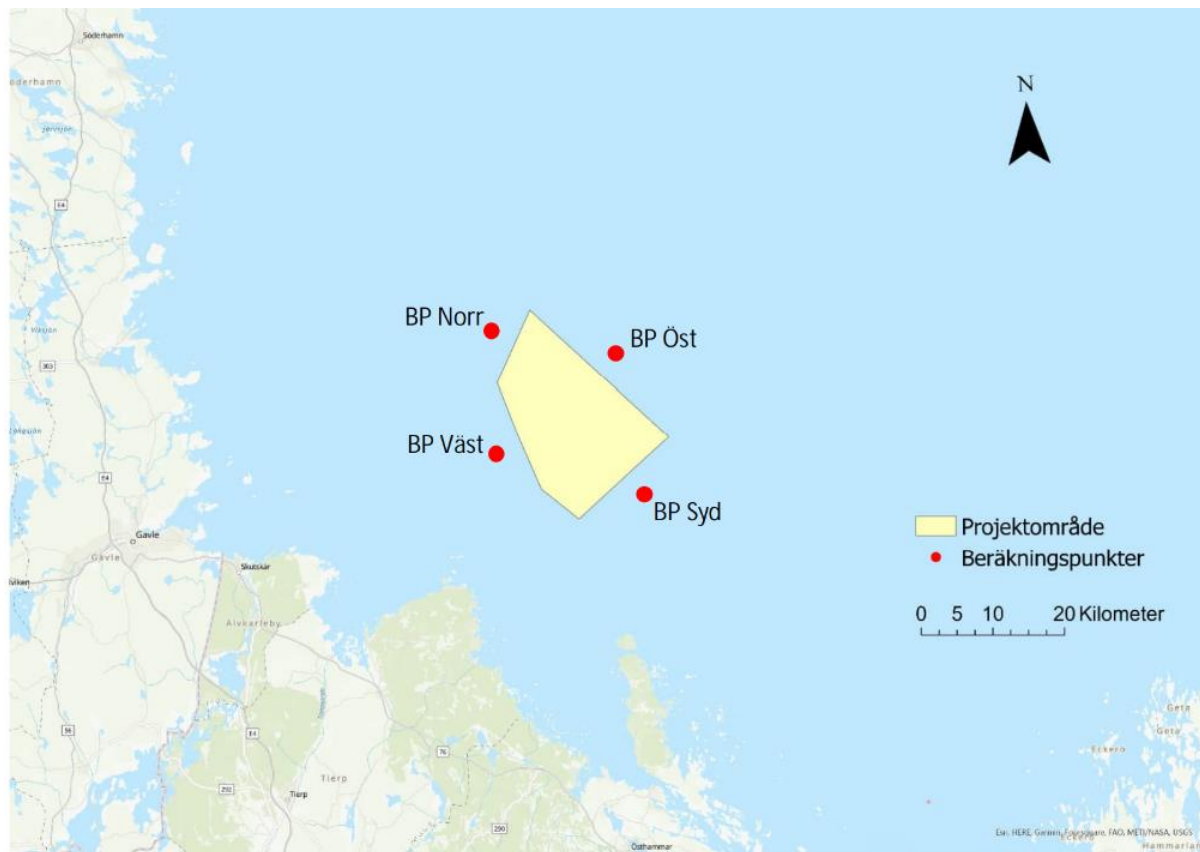
Äänitasot vaihtelevat vallitsevan tuulen nopeuden mukaan, mutta ne jäävät selvästi alhaisemmiksi kuin rakennusvaiheen aikana syntyvät äänet, ja ovat myös alempia kuin suurten alusten tavanomaisesti tuottamat äänitasot (Naturvårdsverket, 2022b).

8.9.3.1 Laskentaoletukset

Lähteen äänitasot on määritetty Bellman ym. (2020) mukaan, jossa on koottu useita mittauksia tuulivoimaloiden vedenalaisesta melusta. Laskelmissa käytetty lähteen voimakkuus, 154 dB suhteessa 1 μ Pa 1 metrin etäisyydellä perustuksesta, vastaa tilannetta, jossa tuulen nopeus on 10 m/s.

Vertailussa laivameluun tämä 154 dB:n lähdetaso on alhaisempi kuin mitä kaupallisilta aluksilta normaalisti mitataan. Keskikokoisten ja suurten kaupallisten alusten tyypillinen lähdetaso on 165–185 dB suhteessa 1 μ Pa 1 metrin etäisyydellä, mutta myös tätä korkeampia tasoja esiintyy.

Koska pohjan syvyys vaikuttaa melun leviämiseen, leviämismallit vaihtelevat eri suuntiin. Näiden erojen havainnollistamiseksi melulaskelmat on tehty pohjoiseen, länteen, etelään ja itään. Kuvassa 52 on esitetty uloimmat laskentapisteen, jotka sijaitsevat 3 kilometrin päässä hankealueen rajasta. Täydellinen menetelmäkuvaus on liitteessä C.13.



Kuva 5. Punaisilla pisteillä merkityt laskentapisteen 3 km:n päässä hankealueen rajasta (lähde: liite C.13).

8.9.3.2 Tulos

Taulukossa 24 esitetään laskennalliset melualtistustasot SEL24h tuulipuiston käyttövaiheen aikana Najaderna alueella. Tulokset on esitetty paikallaan oleville vastaanottimille eri etäisyyksillä hankealueen rajasta. Melutasot on laskettu esimerkkiasettelulla, jossa on 67 tuulivoimalaa. Samoin kuin rakennusvaiheen paalutusta koskevissa laskelmissa, myös tässä on huomioitu nopeusprofiilin kausivaihtelut (ks. kohta 8.9.2.1). Koska kevätskenaariossa arvioidaan hieman korkeampia vedenalaisen melun tasoja, esitetään vain nämä tulokset.

Taulukko 11. Lasketut äänialtistustasot SEL24h,PCW eri etäisyyksillä hankealueen rajasta. Tasot on mukautettu painotussuodattimilla hylkeiden osalta. Laskelmat koskevat keväistä skenaariota

Etäisyys, m	Hylkeiden arvioitu äänialtistustaso, SEL24h,PCW dB rel. 1 μ Pa(2) s, eri etäisyyksillä hankealueen rajasta eri suuntiin			
	Pohjoinen	Itä	Etelä	Länsi
200	145	150	146	150
500	145	149	146	150
1 000	144	149	145	149

Etäisyys, m	Hylkeiden arvioitu äänialtistustaso, SEL24h,PCW dB rel. 1 µPa(2) s, eri etäisyyksillä hankealueen rajasta eri suuntiin			
	Pohjoinen	Itä	Etelä	Länsi
2 000	143	148	144	148
3 000	143	147	143	147

Laskelmat osoittavat, että äänitasoissa on merkittävä marginaali määritettyihin kynnysarvoihin nähden (muut äänet: SEL24h,PCW 181 dB TTS:lle ja 201 dB PTS:lle). Esimerkiksi hylkeen TTS-kynnykseen jää vähintään 31 dB:n turvamarginaali, jos eläin sijaitsee 200 metrin päässä alueen rajasta paikallaan 24 tunnin ajan. Jotta TTS-kynnys ylittyisi laskennallisesti, hylkeen olisi oleskeltava muutaman metrin päässä tuulivoimalasta yhtäjaksoisesti vuorokauden ajan. Tällaisilla etäisyyksillä melua hallitsee lähes täysin yksittäinen, lähin turbiini.

Hankealueella jatkuvan toimintamelun, joka on painotettu PCW-suodattimella hylkeitä varten, arvioidaan vaihtelevan noin 100 dB SPLPCW hankealueen rajalla ja noin 139 dB SPLPCW yksittäisten tuulivoimaloiden läheisyydessä. Kun tarkastellaan paikallaan olevien vastaanottimien 24 tunnin altistusta, vastaa tämä noin 150–188 dB:n vaihteluväliä SEL24h, PCW Najaderna hankealueella.

8.10 Öljy- ja kemikaalivuodot

Rakentamis- ja käytöstäpoistovaiheessa tuulipuistoalueella tapahtuva alusliikenteen lisääntyminen kasvattaa öljy- ja polttoainevuotojen riskiä. Vuodon vaikutukset riippuvat useista tekijöistä, kuten päästön määrästä, polttoaineen tai aineen tyypistä sekä sääolosuhteista. Koska alueella esiintyy merinisäkkäitä, on olemassa riski, että yksittäiset eläimet voivat joutua vuodon kanssa kosketuksiin.

Öljy- ja kemikaalivuotojen mahdollisia vaikutuksia käsitellään luvussa 10, kohdissa 10.2.4 ja 10.3.4.

8.11 Sähkömagneettiset kentät

Sähkökaapeleiden ympärille muodostuu sähkömagneettinen kenttä, jonka voimakkuus riippuu kaapelin rakenteesta ja sähkövirran suuruudesta. Sähkömagneettisen kentän voimakkuus ilmaistaan tavallisesti yksikössä µT (mikrotesla). Kenttä on voimakkaimmillaan suoraan kaapelin yläpuolella ja heikkenee etäisyyden kasvaessa neliöllisessä suhteessa.

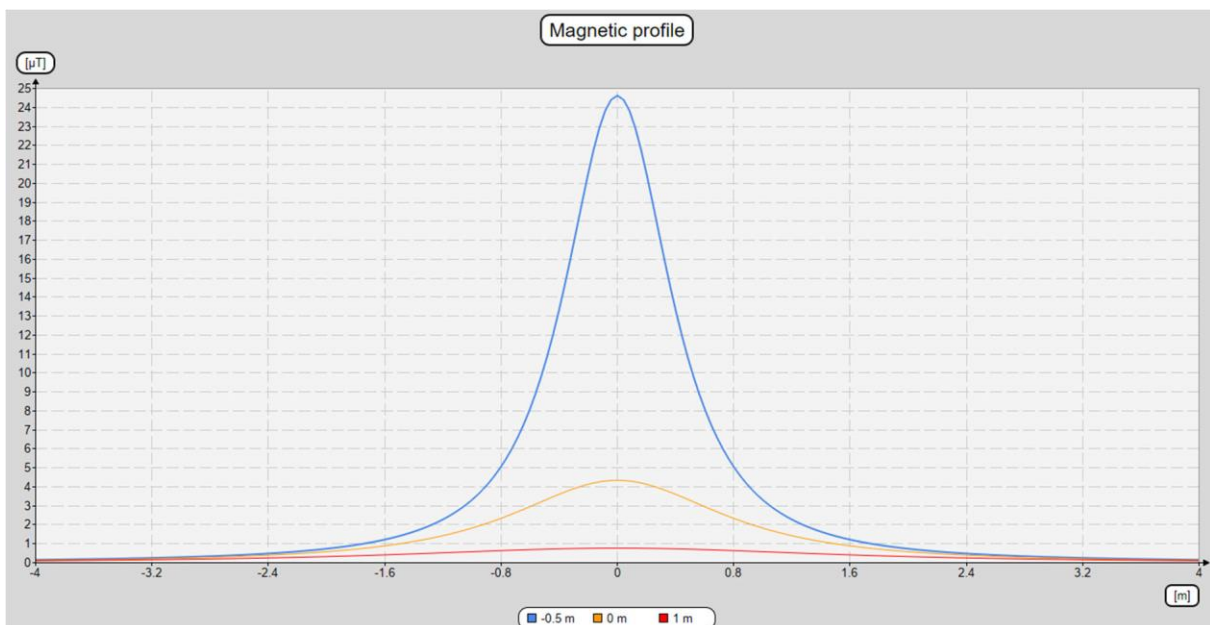
COWI on laskenut Najaderna tuulipuiston sisäisten kaapeliverkkojen ympärille muodostuvien magneettikenttien voimakkuuden; tulokset on esitetty liitteessä C.14. Laskelmat perustuvat 20 MW:n tuuliturbiiniin ja 66 kV:n jännitteellä toimivaan sisäiseen kaapeliverkkoon, joka on jaettu kahteentoista ketjuun, joissa kussakin on kuusi, seitsemän tai kahdeksan tuuliturbiinia. Laskelmat on tehty niin sanotun pahimman tapauksen (worst case) mukaan kuormitusvirtojen osalta seuraavissa tapauksissa:

- A. 1 × 3-johtiminen 400 mm² Cu-kaapeli, jossa kuormitus kolmesta turbiinista
- B. 1 × 3-johtiminen 1000 mm² Cu-kaapeli, jossa kuormitus neljästä turbiinista

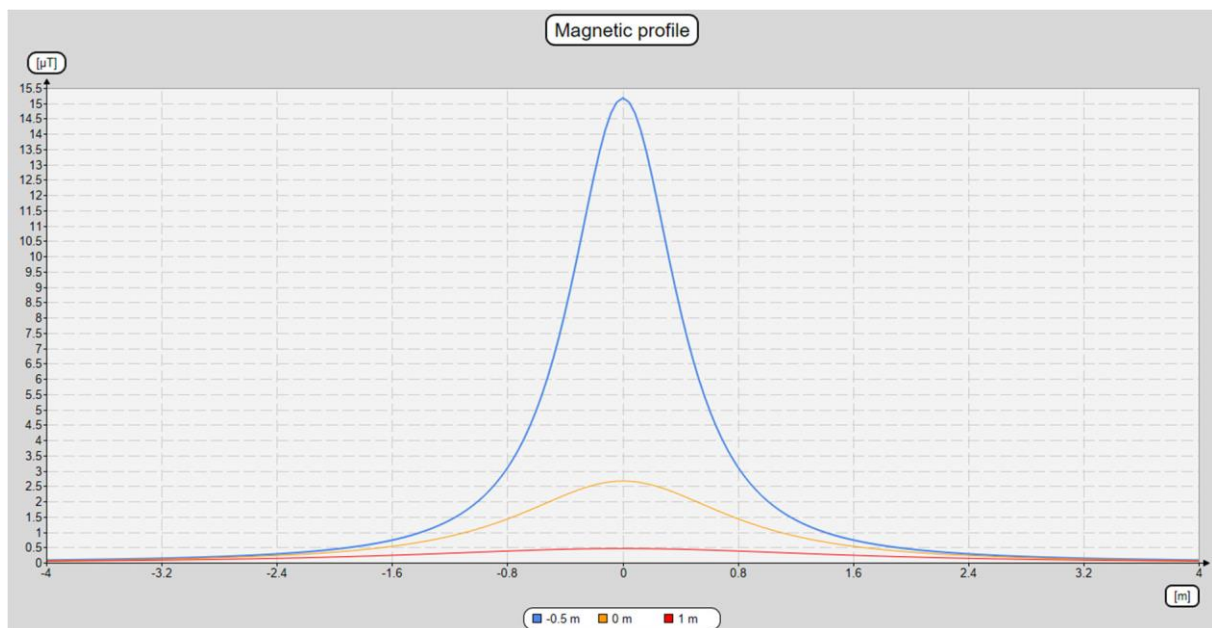
C. 2×3 -johtiminen 1000 mm^2 Cu-kaapeli, jossa kuormitus seitsemästä turbiinista (kaapeleiden välinen etäisyys 5 m tai 10 m)

Kussakin tapauksessa laskelmat on tehty sekä 20 MW:n maksimiteholla tuuliturbiinia kohden (pahin mahdollinen kuormitustilanne) että 12,3 MW:n teholla, joka vastaa tyypillistä käyttöä noin 50 % ajasta eli normaalia toimintaa. Oletuksena on, että kaapelit asennetaan 1 metrin syvyyteen merenpohjan alapuolelle. Laskelmat on suoritettu kolmella eri syvyystasolla: 0,5 metriä pohjan alapuolella, pohjan tasolla sekä 1 metri pohjan yläpuolella.

Kuvissa 53 ja 54 esitetään tapaukselle B lasketut magneettikenttien voimakkuudet sekä 20 MW:n maksimikuormituksella että 12,3 MW:n osakuormituksella, koska tämä tapaus tuottaa suurimmat kenttävoimakkuudet. Muiden kaapeliyhteyksien tulokset osoittavat samankaltaisia magneettikentän arvoja. Näidenkin tapausten tulokset on esitetty liitteessä C.14.



Kuva 6. Laskettu magneettikenttä tapauksessa B, jossa tuulivoimalan enimmäiskuorma on 20 MW.



Kuva 7. Laskettu magneettikenttä tapauksessa B, jossa tuulivoimalan enimmäiskuorma on 12,3 MW.

Magneettikentän arvioidut vaikutukset on esitetty luvun 10 kohdissa 10.2.2, 10.2.3 ja 10.2.4.

8.12 Lämpövaikutus

Sisäisen kaapeliverkon sähkökaapeleissa syntyvä lämpö voi aiheuttaa lämpövaikutuksia merenpohjaan hankealueella. Lämmöntuotto on suurinta kaapeleiden välittömässä läheisyydessä ja heikkenee etäisyyden kasvaessa. Lämpötilan nousu ympäröivissä sedimenteissä ja merenpohjaa lähinnä olevassa vesimassassa riippuu muun muassa kaapeleiden laskusyvyydestä ja kuormituksesta. Ympäröivän merenpohjan lämpötilan nousun odotetaan rajoittuvan kaapeleiden absoluuttiseen läheisyyteen. Suoraan kaapeleiden yläpuolella olevan veden ei odoteta lämpenevän, koska kaapeleista vapautuva lämpö siirtyy nopeasti ympäröivään vesimassaan.

Näin ollen DGE arvioi, että Najaderna tuulipuiston aiheuttamat muutokset lämpövaikutuksissa eivät aiheuta merkittäviä vaikutuksia ympäröivällä alueella.

8.13 Törmäysriski, elinympäristön häviäminen ja esteiden vaikutukset

Tuulivoimaloiden rakentaminen voi vaikuttaa lintuihin, lepakoihin ja merinisäkkäisiin häiriöiden, elinympäristöjen häviämisen ja törmäysriskin kautta. Häiriöt, jotka aiheutuvat tuulivoimaloiden läsnäolosta, melusta ja valaistuksesta sekä lisääntyneestä alusliikenteestä, voivat johtaa ruokailualueiden hylkäämiseen. Lisäksi voi syntyä estevaikutuksia, jos tuulivoimalat sijoitetaan luonnollisille lentoreiteille tai ruokailualueille, mikä voi pakottaa kyseiset lajit etsimään vaihtoehtoisia reittejä.

Sijoittuminen muuttoreittien läheisyyteen lisää lintujen ja lepakoiden törmäysriskiä. Törmäysriski riippuu tuulivoimapuiston rakenteesta ja kyseisellä alueella esiintyvistä lintu- ja lepakkolajeista.

Nattbakka Natur ja Enviropanning ovat tutkineet Najaderna-tuulipuiston projektialueen lepakoiden törmäysriskejä, syrjäyttämistä ja estevaikutuksia, ks. liite C.9. Törmäysriskien, syrjäyttämisen ja estevaikutusten arvioitua vaikutukset lepakoihin on esitetty luvussa 10, kohdassa 10.2.6.

Ottvall Consulting on tutkinut Najaderna-tuulipuiston vaikutuksia lintujen törmäysriskiin, syrjäyttämiseen ja estevaikutuksiin. Katso liite C.8. Estevaikutusten, törmäysriskin ja elinympäristöjen häviämisen arvioitua vaikutukset lintuihin on esitetty luvussa 10, kohdassa 10.2.5.

8.13.1 Esteen vaikutus

Estevaikutuksia voi esiintyä tuulipuiston kaikissa vaiheissa. Rakennus- ja käytöstäpoistovaiheissa niitä voi syntyä kuljetus- ja rakennusalueiden vuoksi, mutta niiden katsotaan olevan vähäisiä, koska nämä vaiheet kestävät vain rajoitetun ajan ja riippuvat samanaikaisesti työskentelevien alueiden määrästä. Aluksi vaikutukset ovat hyvin vähäisiä, mutta lisääntyvät tuulivoimaloiden valmistumisen myötä. Käytöstäpoistovaiheessa tilanne on päinvastainen. Toimintavaiheessa voi esiintyä estevaikutuksia, jotka johtuvat fyysisten tuulivoimaloiden läsnäolosta. Toimintavaihe on siten vaihe, jonka aikana muuttolintuihin kohdistuvat merkittävät estevaikutukset voivat ilmetä, koska tuulivoimalat kattavat laajemman alueen.

Erityisesti estevaikutukset voivat vaikuttaa lintuihin siten, että ne välttelevät tuulipuistoa, jolloin lintujen on pakko lentää tuulipuiston ympäri tai sen yli. Pidempi lentomatka johtaa suurempaan energiankulutukseen, millä voi viime kädessä olla kielteinen vaikutus lisääntymismenestykseen ja eloonjäämiseen.

Merituulipuistoissa on havaittu estevaikutuksia muuttaviin merilintuihin ja petolintuihin. Lentomatkan pidentymiseen johtavat esteet ovat muuttolintujen kannalta yleensä vähäisiä, kun taas lintujen, jotka lentävät päivittäin ruokailualueen ja levähdyspaikan välillä, kohdalla niillä voi olla suurempi merkitys.

8.13.2 Törmäysriski

Törmäysriskillä tarkoitetaan riskiä, että linnut osuvat tuulivoimaloiden roottorin lapoihin, ja se liittyy pääasiassa toimintavaiheeseen. Rakennus- ja käytöstäpoistovaiheissa on olemassa teoreettinen riski törmäyksistä, vaikka tuulivoimalat eivät olisi toiminnassa, mutta tätä riskiä pidetään Najaderna osalta vähäisenä. Törmäysriski koskee ilmassa liikkuvaa elämistään, kuten lintuja ja lepakoita.

Lintujen osalta jotkin lajit ovat alttiimpia törmäyksille kuin toiset, sillä välttelykäyttäytyminen vaihtelee lajien välillä. Lajit, joilla on hidas lisääntymiskierto, pitkä elinikä, myöhäinen sukukypsyys ja pieni poikasmäärä, ovat erityisen herkkiä kuolleisuuden lisääntymiselle, esimerkiksi tuulivoiman aiheuttamalle. Suuret petolinnut ovat esimerkki lajeista, joiden populaatiot ovat usein pieniä ja jotka voivat olla erityisen herkkiä törmäyksistä johtuvalle kuolleisuudelle.

Törmäystapauksia on havaittu erityisesti joidenkin petolintujen, kuten merikotkan ja haarahaukan kohdalla. Petolintujen ei kuitenkaan odoteta esiintyvän hankealueella.

Lokkilinnut muodostavat linturyhmän, joka ei tyypillisesti vältä tuulipuistoja, mikä johtaa korkeampaan törmäysriskiin verrattuna linturyhmiin, joilla on voimakkaampi välttelykäyttäytyminen. Tiirat käyttäytyvät tuulivoimaloiden suhteen samankaltaisesti kuin lokit. Välttelykäyttäytyminen vaihtelee kuitenkin tiiralajien välillä, ja vaikutusten merkittävyys riippuu muun muassa kyseisten lajien populaatiokoosta.

Laulujoutsenten odotetaan kevätmuuton aikana ensisijaisesti kiertävän Najaderna alueen ja toissijaisesti lentävän tuulipuiston läpi. Törmäysriskiä pidetään vähäisenä, sillä ne havaittiin lentävän enintään 24 metrin korkeudella.

8.13.3 Syrjäytyminen

Syrjäytymistä voi esiintyä tuulipuiston kaikissa vaiheissa. Rakennus- ja käytöstäpoistovaiheessa sitä voi tapahtua kuljetus- ja rakennusalueen läsnäolon vuoksi, ja toimintavaiheessa tuulivoimaloiden fyysisen olemassaolon seurauksena.

Suurin riski merilintuihin kohdistuvasta vaikutuksesta liittyy syrjäytymiseen, kun tuulivoimapuisto sijoittuu alueelle, jota linnut alkavat välttää vaihtelevassa määrin tuulivoiman käyttöönoton jälkeen. Tämä vaikutus ei rajoitu pelkästään tuulipuiston alueeseen, vaan voi ulottua myös sen ympäristöön.

Välttelykäyttäytyminen vaihtelee eri lajien välillä; osa lajeista välttelee tuulipuistoja selvästi, kun taas toiset sietävät niitä paremmin. Esimerkiksi kaakkurin on todettu välttävän merituulipuistoja jopa noin 10 kilometrin etäisyydelle saakka. Alli ja pilkkasiipi puolestaan näyttävät välttelevän aluetta noin kahden kilometrin säteellä.

Lajit, joiden on dokumentoitu olevan herkkiä syrjäytymiselle merituulivoiman vaikutuksesta, kuten alli, pilkkasiipi, mustalintu, kaakkuri ja kuikka, puuttuvat käytännössä kokonaan hankealueelta, koska alueen syvyysolosuhteet eivät ole niille sopivia.

Merimeton esiintyminen voi sen sijaan lisääntyä tuulipuiston perustamisen jälkeen, koska ne voivat käyttää tuulivoimaloiden perustuksia levähdyspaikkoina.

8.14 Ilman kautta kulkeva ääni

Efterklang on laatinut meluselvityksen tuulivoimaloiden toimintavaiheessa aiheuttamasta ilmaitse etenevästä melusta (ks. liite C.15).

Toiminnassa olevat tuulivoimalat tuottavat kahta melutyypä: koneistoääntä, joka on nykyaikaisissa tuulivoimaloissa ulkopuolelta mitattuna hyvin vähäistä, sekä aerodynaamista ”suhisevaa” ääntä, joka syntyy roottorin lapojen liikkuaessa ilman läpi. Voimaloiden suurista komponenteista, kuten roottorin lavoista ja torneista, syntyy lisäksi matalataajuisia ääntä.

8.14.1 Laskentaoletukset

Melulaskennat perustuvat suunniteltuun puistokokoonpanoon, jossa on 67 tuulivoimalaa, kunkin yksikköteho 20 MW ja kokonaiskorkeus 365 metriä. Voimalat on sijoitettu skenaarioon, jossa ne painottuvat hankealueen lounaisosaan. Tätä pidetään melun kannalta asutuksen näkökulmasta pahimpana mahdollisena tapauksena, sillä tuulivoimalat sijaitsevat silloin lähimpänä asuinrakennuksia. Laskennassa on lisäksi oletettu teoreettinen worst case - tilanne, jossa tuuli puhaltaa samanaikaisesti kaikista ilmansuunnista.

Koska 20 MW:n tehoisia tuulivoimaloita ei ole vielä markkinoilla, laskennat perustuvat olemassa oleviin turbiinimalleihin. Äänitehon kasvun ja roottorin koon sekä yksikkötehon välillä on oletettu lineaarinen riippuvuus. Tämän oletuksen perusteella Najaderna tuulivoimaloiden äänitehotasoksi on määritetty 122 dB.

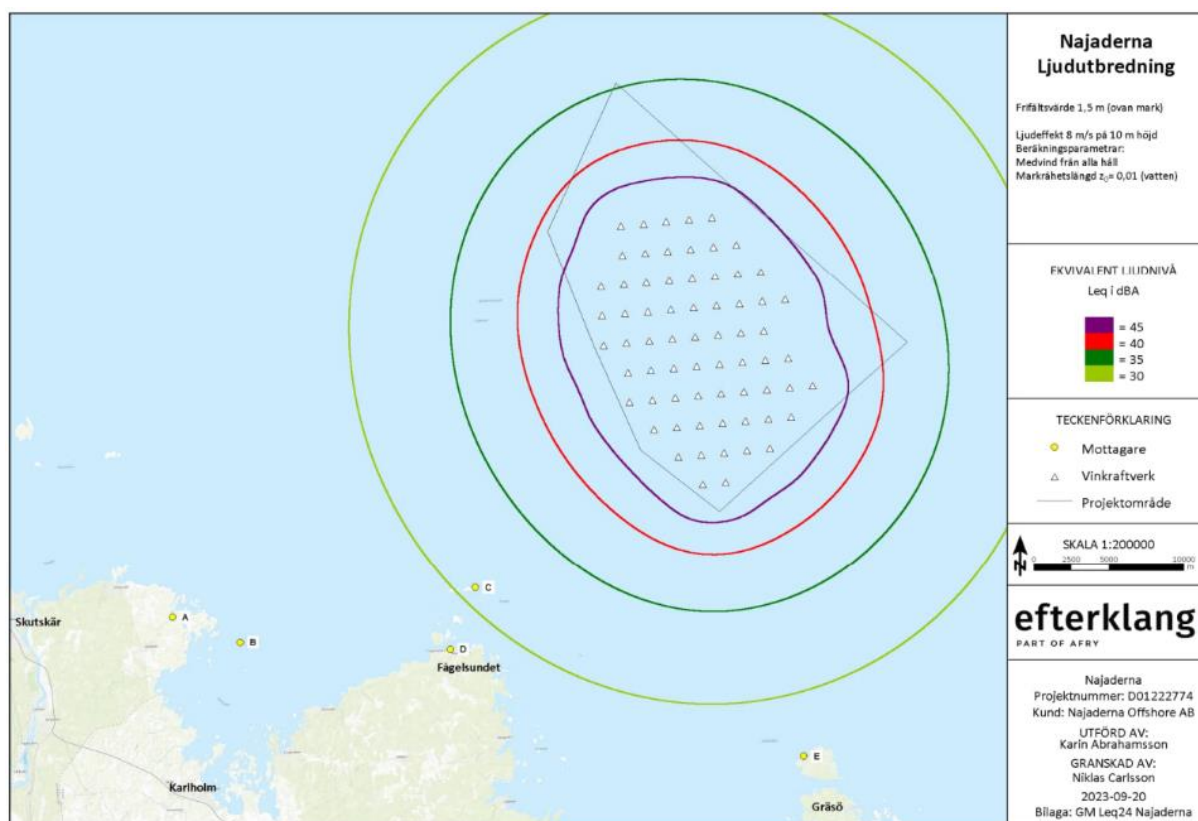
Oletettu lineaarinen suhde tehon ja melun välillä saattaa kuitenkin johtaa äänitehotason yläkanttiin arviointiin, koska melunhallintateknologia kehittyy jatkuvasti ja sen odotetaan vähentävän melupäästöjä tulevaisuuden voimaloissa.

Suuremmat turbiinit tuottavat yleensä suhteellisesti enemmän matalataajuisia ääntä. Tästä syystä käytettyjä taajuusspektrejä on muokattu siten, että matalille taajuuksille on lisätty äänitehoa ja korkeille taajuuksille vähennetty sitä.

Täydellinen menetelmäkuvaus on esitetty liitteessä C.15.

8.14.2 Tulokset

Tulokset esitetään laskennallisina äänitasoina valituissa ääniherkissä pisteissä, joissa oletetaan sijaitsevan asuinrakennuksia (ks. kuva 55). Tuloksia verrataan Ruotsin luonnonsuojeluviranomaisen (Naturvårdsverket) ulkomelun ohjearvoon, joka on 40 dBA ekvivalenttiäänitaso (ks. taulukko 25). Lisäksi on tarkasteltu matalataajuisia ääntä ja verrattu sitä Ruotsin kansanterveysviranomaisen (Folkhälsomyndigheten) sisämelun ohjearvoihin. Laskennassa on huomioitu julkisivun vaimennus; viitearvot on esitetty liitteessä C.15.



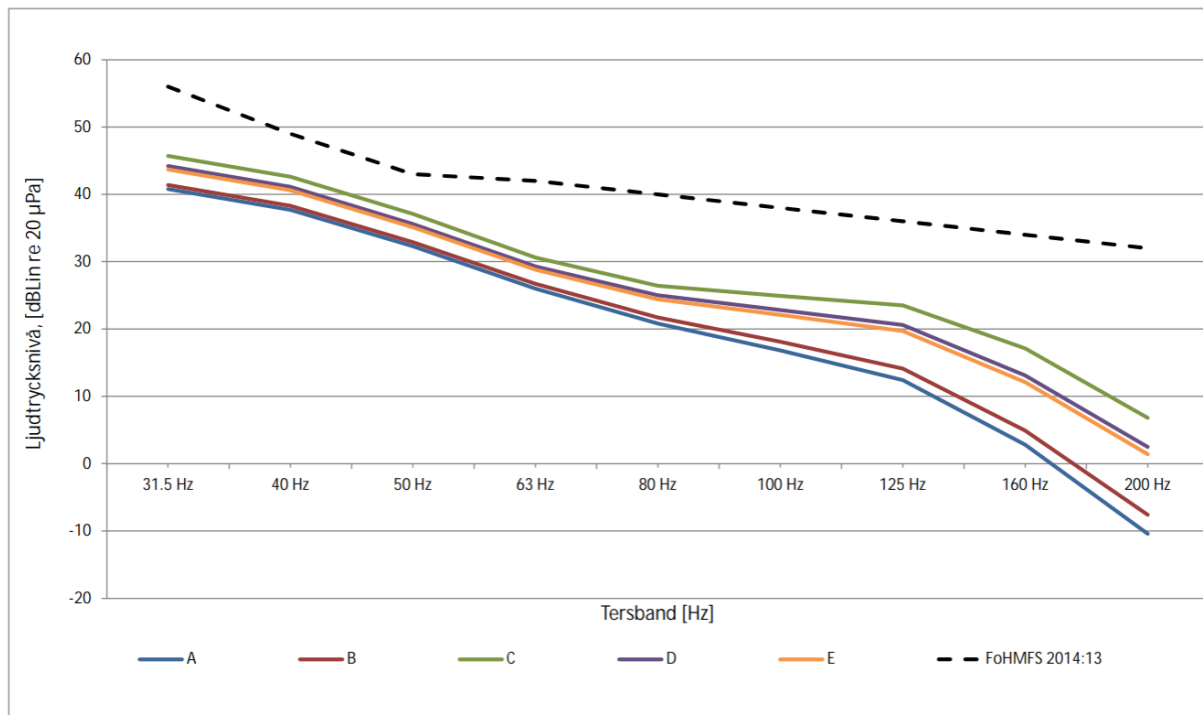
Kuva 8. Äänen eteneminen ja laskentapisteet (lähde: liite C.15).

Taulukko 12. Lasketut äänitasot laskentapisteissä ja niiden ominaisuudet.

Nimitys	Kiinteistö	Arvioitu äänitaso tuulen alapuolella kaikkiin suuntiin LAeq (dBA))
A	Älvkarleby Gårdskär 7:1	22
B	Älvkarleby Gårdskär 31:4	24
C	Tierp Björn 1:1	31
D	Tierp Hållen 8:101	28
E	Östhammar Fyrtäpp 1:1	27

Laskelmat osoittavat, että oletetuissa asunnoissa laskentapisteissä odotettavissa olevat äänitasot ovat hieman alle ympäristönsuojeluviraston 40 dBA:n ohjearvon.

Sama koskee matalataajuisen melun laskentatuloksia sisätiloissa verrattuna Ruotsin kansanterveysviraston ohjearvoihin, ks. kuva 56.



Kuva 9. Matalataajuisen äänen laskentatulokset sisätiloissa ja vertailu Ruotsin kansanterveysviraston ohjearvoihin (lähde: liite C.15).

8.15 Varjostus

Tuulivoimaloiden pyörivien roottorinlapojen aiheuttamat liikkuvat varjot voivat olla lähialueen asukkaille häiritseviä. Najaderna tuulivoimapuistossa etäisyys lähimpään asuinrakennukseen on kuitenkin niin suuri, ettei varjostusilmiötä voi esiintyä.

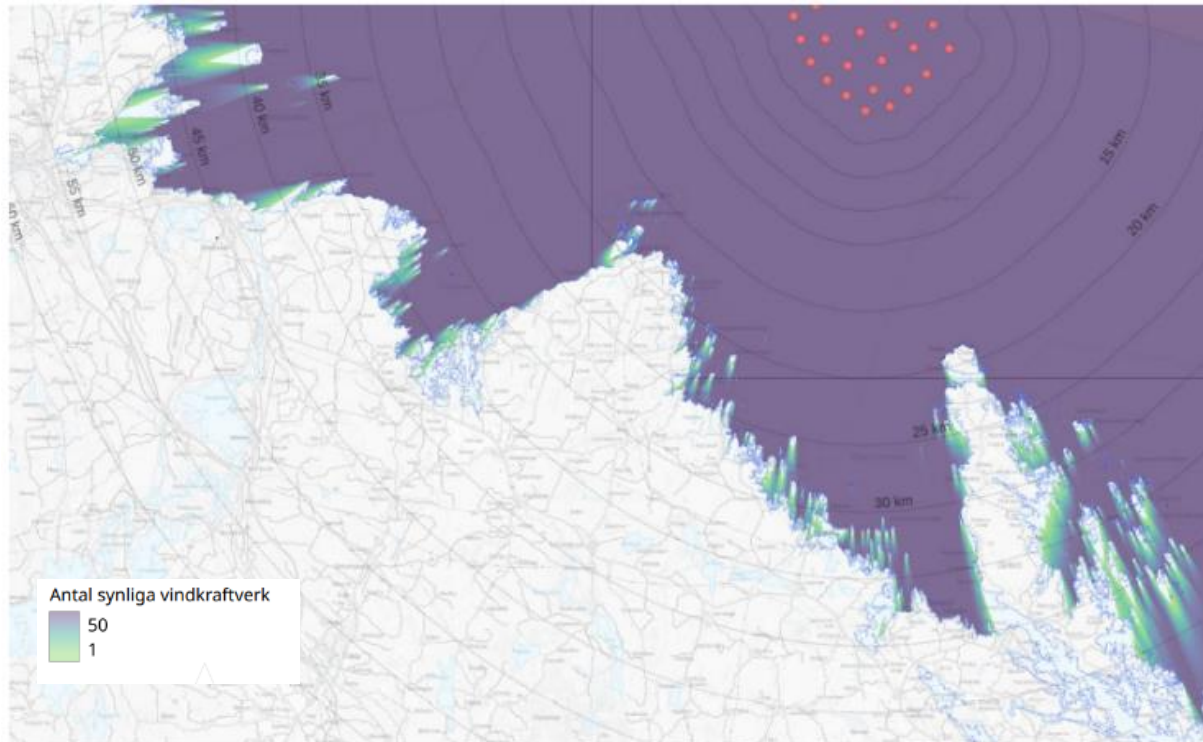
8.16 Näkyvyys

Tuulivoimalat vaikuttavat maisemaan visuaalisesti. Vaikutuksen laajuus riippuu muun muassa voimaloiden koosta, lukumäärästä, etäisyydestä havainnoijaan sekä maisematyypistä. Kokemus vaikutuksesta vaihtelee myös yksilöllisesti esimerkiksi asenteiden mukaan.

Eolus on teettänyt näkyvyysanalyysin, jonka tarkastelua Folkesson Landskapsarkitektur on jatkanut (ks. liite C.2). Näkyvyysanalyysi (ks. kuva 57) osoittaa, että tuulivoimalat tulevat olemaan näkyvissä erityisesti merialueilta ja rannikkoalueilta. Vaikka etäisyys mantereelta voimaloille on pääosin pitkä, voivat ne optimaalisissa näkyvyysolosuhteissa teoriassa näkyä useiden kymmenien kilometrien päähän. Näkyvyyden vaikutuksia arvioidaan luvussa 10, erityisesti kohdissa 10.1 ja 10.3.1.

Voimalat varustetaan myös estevaloilla, jotta ne ovat havaittavissa hämärässä, aamunkoitteessa ja yöllä erityisesti lentoliikenteelle. Estevalaistus koostuu yleensä kiinteästä punaisesta valosta ja vilkkuvasta, voimakkaasta valkoisesta valosta. Valopisteet pimeässä muodostavat selkeän visuaalisen kontrastin, johon katse helposti kiinnittyy. Koska ympäröivä maisema on suurelta osin luonnontilainen, saa estevalaistus yöaikaan maiseman näyttämään

nykyistä urbaanimmalta.



Kuva 10. Näkyvyysanalyysi (lähde: liite C.2).

Koska tuulivoimapuisto sijaitsee merellä, se ei häiritse olemassa olevaa maisemarakennetta. Sisämaan tasaisen ja enimmäkseen metsäisen maaston vuoksi on hyvin vähän paikkoja, joista voimalat näkyisivät maalta käsin. Tuulipuiston suuri mittakaava, laaja näkyvyys ja voimakas visuaalinen ilme merkitsevät kuitenkin sitä, että hanke muodostaa uuden maamerkin monista lähialueen paikoista katsottuna ja tulee jatkossa olemaan hallitseva maisemallinen kiintopiste.

Tuulivoimaloiden vaikutus kulttuuriympäristöön riippuu suurelta osin siitä, minkä historian aikakausien piirteet ovat kyseisessä maisemassa hallitsevia. Koska tuulivoimalat tuovat maisemaan väistämättä modernin leiman, saattaa syntyä vaihtelevan asteisia ajallisia ristiriitoja. Alueella on sekä nykyaikana muotoutuneita alueita että erityisesti rannikkoalueilla säilyneitä, luonnontilaisempia ja arkaaisempia maisemakokonaisuuksia.

Kohdassa 4.8.3 mainituista kulttuuriympäristön valtakunnallisesti merkittävistä kohteista visuaalisia vaikutuksia arvioidaan kohdistuvan seuraaviin alueisiin: C6 Hållens by ja Fågelsundets fiskehamn, C16 Djursten sekä K802 Norrlandet–Utvalsnäs. Näihin kohteisiin kohdistuvia vaikutuksia arvioidaan tarkemmin kohdassa 10.4.6.

Ulkoilumahdollisuuksiin kohdistuvien visuaalisten vaikutusten voidaan yleisesti ottaen katsoa syntyvän erityisesti alueilla, joilla on luonnontilaisia ominaispiirteitä. Alueen ulkoilun kannalta merkitykselliseksi katsottuista kohteista (ks. liite C.2) tuulivoimaloiden näkyvyys vaihtelee huomattavasti. Kokonaisuutena arvioiden vaikutusten ei kuitenkaan katsota olevan niin merkittäviä, että ne heikentäisivät kohteiden virkistysarvoa tai viihtyisyyttä.

Joihinkin alueen valtakunnallisesti merkittäviin ulkoilualueisiin, FC 01 Nedredalälven ja Billudden sekä FC 05 Öregrund–Gräsön saaristo, arvioidaan kohdistuvan lievää visuaalista vaikutusta. Näitä vaikutuksia käsitellään tarkemmin kohdassa 10.4.5.

Tuulivoimaloiden arvioidaan olevan teoriassa osittain näkyvissä joistakin liitteessä C.2 mainituista matkailullisesti merkittävistä kohteista. Vaikutusten ei kuitenkaan arvioida olevan sellaisia, että ne vähentäisivät kohteiden vetovoimaa tai vierailukokemuksen arvoa.

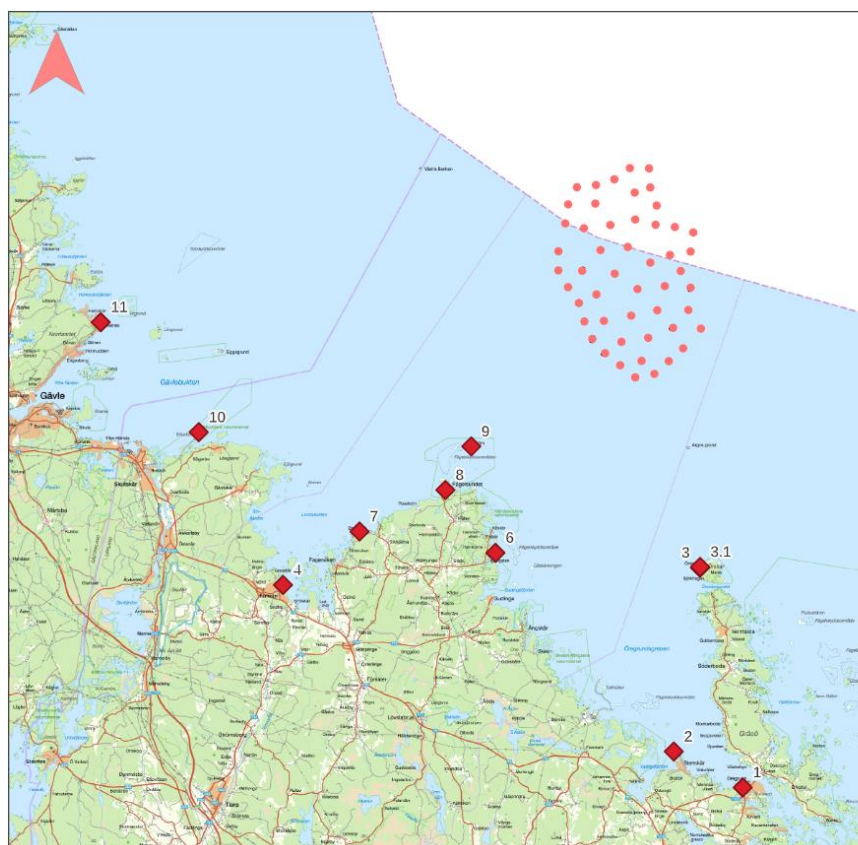
Tuulivoimapuiston kokoon ja rannikon pituuteen nähden visuaaliset vaikutukset kohdistuvat vain harvoin asuinrakennuksiin. Vaikutuksen kohteena olevat asunnot sijaitsevat rannikolla tai saarilla. Näkymän kokemiseen voivat vaikuttaa esimerkiksi kauniit maisemalliset näkymät, sijainti suhteessa auringonnousuun tai -laskuun sekä maiseman suunta, joka voi korostaa tai pehmentää visuaalista vaikutelmaa.

8.16.1 Valokuvamontaasi

GisVis on tuottanut digitaalisia visualisointeja (valokuvamontaaseja), ks. liite C.16, havainnollistamaan Najaderna visuaalisia vaikutuksia useista valokuvauspisteistä, jotka sijaitsevat valituilla paikoilla lähimaisemassa (ks. kuva 58). Paikat on valittu, koska niistä voidaan odottaa hankkeen aiheuttavan erityisen selkeitä maisemavaikutuksia.

Valintaperusteina ovat lisäksi olleet paikkojen vilkas käyttö ja/tai erityinen merkitys asumisen näkökulmasta, niiden mahdolliset suojeluarvot ja/tai suuri toiminnallinen merkitys esimerkiksi ulkoilun, matkailun tai elinkeinotoiminnan kannalta. Valokuvauspisteiden valintaan ovat vaikuttaneet myös yleisön, kuntien ja viranomaisten esittämät toiveet.

Jotta valokuvamontaasien antama vaikutelma vastaisi todellista näkymää, on tärkeää tarkastella kuvia samalla tavalla kuin kamera on ”nähty” maiseman taustavalokuvaa otettaessa. Koska käytetty polttoväli on 50 mm, kuvia tulisi katsoa etäisyydeltä, joka vastaa noin kaksinkertaista kuvan korkeutta.



Fotopunkt Namn

- 1 Tallparksbadet Öregrund
- 2 Stenskar Norra udden
- 3 Örskärs fyr
- 3.1 Örskärs fyr
- 4 Karlholm strand
- 6 Slada hamn, Kapellet Klippan
- 7 Hamnen på Björkskatudden, Storsand
- 8 Fågelsundet
- 9 Björns fyr, 2
- 10 Billudden
- 11 Utvalsnäs

Teckenförklaring

- ◆ Fotopunkt
- Vindkraftverk, Najaderna

Karttitel		Najaderna Fotopunkter		
Kund	Eolus Vind	Datum	2023-10-06	
Projektnummer	477	Skapad av	Martin	
Skala (A4)	1:400000	Blad	/	Koordinatsystem SWEREF99 TM
0 10 000 20 000 m				

Kuva 11. Kartta visualisointeja varten otetuista valokuvapisteistä (lähde: liite C.16).

Valokuvamallinnukset on tehty esimerkkimalleista, joissa on 50 ja 67 tuulivoimalaa, joiden kokonaiskorkeus on 365 metriä, ja jälkimmäinen vaihtoehto edustaa pahinta mahdollista tilannetta.

Kuvissa 59 ja 60 esitetään valikoima kahdesta valokuvamontagesta, jotka molemmat kuvaavat 67 tuulivoimalan puistosuunnitelmaa ja jotka on valittu sillä perusteella, että tuulivoimalat näkyvät niissä selkeimmin. Kaikki valokuvamosaiikit, mukaan lukien hämärä- ja yökuvaus, ovat liitteessä C.16. Kunkin yksittäisen valokuvamontaasin vaikutuksia arvioidaan liitteessä C.2.



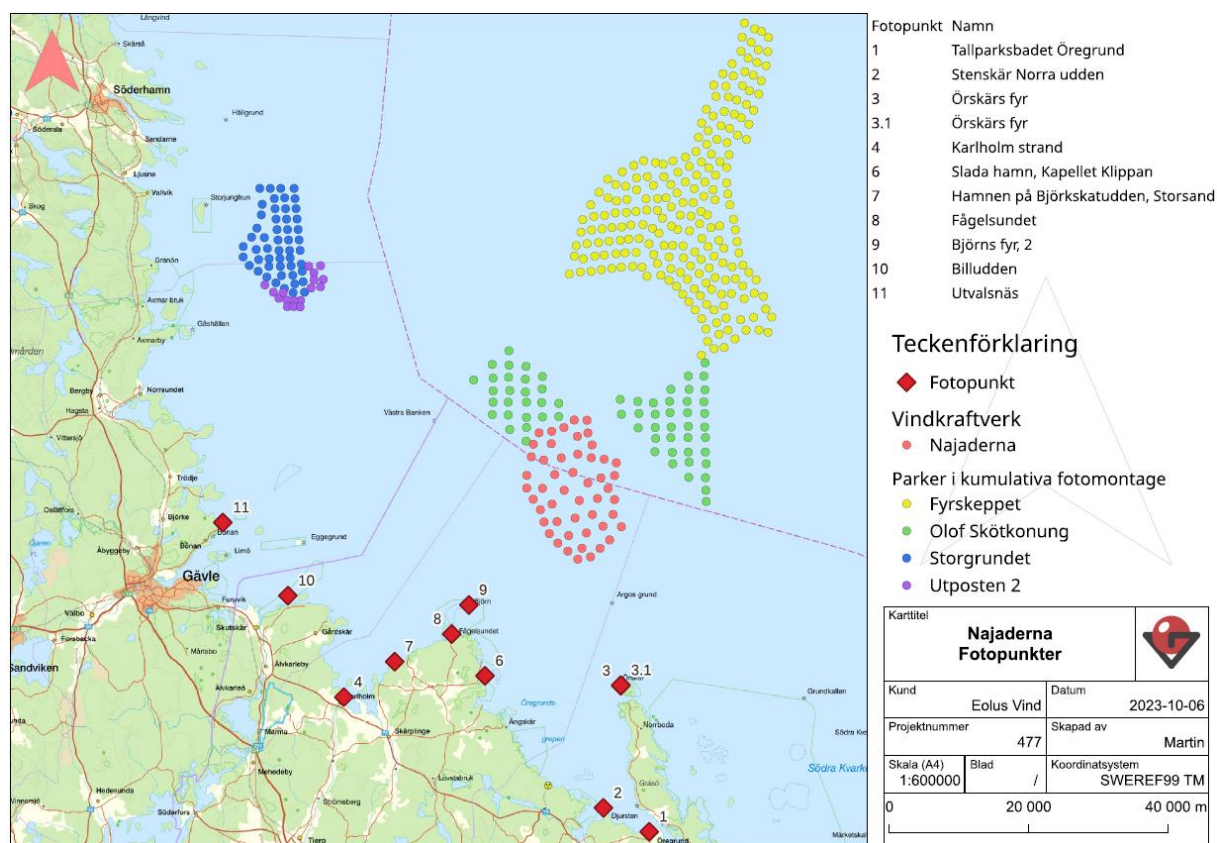
Kuva 12. Visualisointi 67 tuulivoimalasta Stenskärin pohjoisrannikolta. Punaiset symbolit pienemmässä valokuvakollaasissa osoittavat tuulivoimaloiden sijainnin. Etäisyys lähimpään voimalaan on noin 35,9 km (lähde: liite C.16).



Kuva 13. Björns fyrin 67 tuulivoimalan visualisointi. Etäisyys lähimpään tuulivoimalaan on noin 15,4 km (lähde: liite C.16).

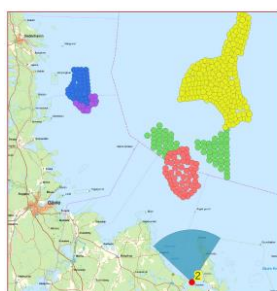
8.16.2 Kumulatiivinen vaikutus

Najaderna lähiympäristöön suunnitellaan parhaillaan useita muita tuulivoimapuistoja. Useista rannikon tarkastelupisteistä katsottuna nämä eri hankkeet, mikäli ne toteutuvat, tulevat visuaalisesti limittymään toisiinsa ja Najadernaan. Tämä tarkoittaa, että muiden hankkeiden voimaloita näkyy Najadernaan kuuluvien voimaloiden taustalla samassa näkymässä. GisVis on tuottanut valokuvamontaasit kumulatiivisen vaikutuksen havainnollistamiseksi, ks. liite C.16. Vaikutuksia arvioidaan liitteessä C.2. Valokuvauspisteet on esitetty kuvassa 61.

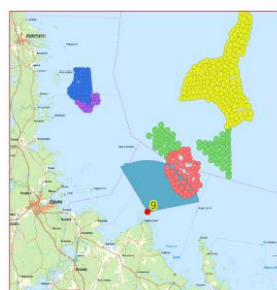


Kuva 14. Kartta visualisointeja varten otetuista valokuvapististä, mukaan lukien alueen muut tuulipuistot (lähde: lisäys C.16).

Kuvissa 6362 ja on valikoima valmiita valokuvamontageja, jotka kuvaavat Najaderna tuulipuistoa ja neljää muuta tuulipuistoa (Fyrskippet, Olof Skötkonung, Storgundet ja Utposten 2). Kaikki valokuvamosaiikit ja niiden vaikutusten arvioinnit ovat liitteessä C.2.



Kuva 15. Havainnekuva 67 tuulivoimalasta ja lähistöllä sijaitsevista suunnitelluista tuulipuistoista Stenskarin pohjoisesta niemestä. Pienemmässä kuvassa olevat punaiset symbolit selventävät tuulivoimaloiden sijaintia. Etäisyys lähimpään tuulivoimalaan on noin 35,9 km (lähde: liite C.16).



Kuva 16. Björns fyrin 67 tuulivoimalan ja läheisten suunniteltujen tuulipuistojen visualisointi. Etäisyys lähimpään tuulivoimalaan on noin 15,4 km (lähde: liite C.16).

Kaiken kaikkiaan vaikutusten arvioidaan vaihtelevan tarkastelupaikasta riippuen kumulatiivisten vaikutusten puuttumisesta monimutkaisiin ja vaikeasti hahmotettaviin visuaalisiin vaikutuksiin, joissa on vaikea erottaa, mitkä tuulivoimalat kuuluvat mihinkin hankkeeseen.

8.17 Merenkulun riskit

SSPA/RISE on toteuttanut merenkulun riskien tunnistamisen, joka toimii perustana myöhemmälle riskinarvioinnille ja täydelliselle merenkulun riskianalyysille.

Tunnistaminen kattaa sekä suorat että epäsuorat vaikutukset merenkulkuun. Suorat vaikutukset ovat niitä, jotka voivat vaikuttaa merenkulun turvallisuuteen, kun taas epäsuorat vaikutukset liittyvät tilanteisiin, joissa merenkulun reitit muuttuvat tai niiden esteettömyys heikkenee tuulivoimapuiston rakentamisen seurauksena.

Riskien tunnistaminen toteutettiin hazid-työpajana (hazard identification workshop), johon osallistui SSPA/RISE. Työpajan tulokset toimitettiin myös Ruotsin merenkululaitokselle, jolla oli mahdollisuus antaa lausunto.

Raportissa esitetään tunnistetut vaaratekijät sekä alustava vertaileva arviointi, jonka avulla valittiin ne vaarat, jotka edellyttävät tarkempaa analyysiä.

Yhteensä tunnistettiin 42 vaaratekijää, jotka luokiteltiin kahdeksaan eri kategoriaan:

1. Alueen koillispuolella kulkeva liikenne.
2. Luoteis-kaakkoissuuntainen liikenne hankealueen läpi.
3. Länsi-itä-suuntainen liikenne hankealueen läpi.
4. Noin 3,5 meripeninkulman etäisyydellä hankealueen eteläkulman ohittava liikenne.
5. Noin 0,8 meripeninkulman etäisyydellä hankealueen eteläkulman ohittava sekä itse puiston eteläkulman läpi kulkeva liikenne.
6. Mahdolliset kumulatiiviset vaikutukset muiden läheisten tuulivoima-alueiden kanssa.
7. Muu meriliikenne / yleinen liikenne.
8. Rakentamisvaiheeseen liittyvä liikenne.

Arviointi tehtiin vertailevalla menetelmällä eli vaaratekijöitä tarkasteltiin suhteessa toisiinsa, jotta voitiin tunnistaa kriittisimmät riskit. Arviot koskivat tilanteita, joissa riskinhallintatoimenpiteitä ei ole vielä otettu käyttöön. Rakentamisvaiheen osalta oletettiin kuitenkin, että merenkulkijoille annetaan tietoa meneillään olevista töistä Meri-ilmoitusten (Ufs/NtMs, Underrättelser för sjöfarande / Notice to Mariners) kautta..

9 Suojatoimenpiteet

9.2 Rakennusvaihe

9.2.1 Vedenalainen melu

Najaderna Offshore sitoutuu käyttämään melua vaimentavia toimenpiteitä paalutuksen aikana, jotta paalutuksen aiheuttama melu ei ylitä merinisäkkäisiin ja kaloihin kohdistuville vaikutuksille suositeltuja kynnysarvoja. Tämä voidaan esimerkiksi toteuttaa yhdistämällä

Hydro Sound Damper (HSD) -tekniikka kaksoiskuplaverhoon sekä käyttämällä niin sanottua tehostuvaa käynnistystä (up-ramp), mutta käyttöön voidaan ottaa myös muita vaikutukseltaan vastaavia menetelmiä.

9.3 Käyttövaihe

9.3.1 Lepakot

Vaikka hankealueen kautta tapahtuvasta muuttoliikkeestä ei ole havaintoja, yhtiö sitoutuu laatimaan ja noudattamaan Nattbakka Naturin suositusten mukaisesti seurantaohjelmaa, jossa lepakoiden aktiivisuutta mitataan yhdestä tai useammasta tuulivoimalasta tuulipuiston rannikonpuoleisimmissa osissa sen jälkeen, kun tuulipuisto on otettu käyttöön. Seurantaohjelmaa ehdotetaan, koska tuulivoimalat voivat muuttaa lepakoiden elinolosuhteita, esimerkiksi houkuttelemalla hyönteisiä. Seurantaohjelman perusteella arvioidaan mahdollisten suojatoimenpiteiden tarve.

9.4 Purkuvaihe

Purkuvaiheeseen liittyvät suojatoimenpiteet laaditaan sen yhteydessä, kun kyseinen purkaminen otetaan viranomaiskäsitteilyyn.

10 Vaikutusten arviointi

Ympäristövaikutusten arvioinnit (luku 8), ympäristöä ja olemassa olevia arvoja kuvaavat lähtötiedot, inventoinnit ja selvitykset (luku 4) sekä ehdotetut lieventämistoimenpiteet (luku 9) muodostavat yhdessä perustan vaikutusten arvioinnille seuraavissa kokonaisuuksissa:

1. väestö ja ihmisten terveys,
2. eläin- ja kasvilajit sekä muu biologinen monimuotoisuus,
3. maa, maaperä, vesi, ilma, ilmasto, maisema ja kulttuuriympäristö,
4. maa- ja vesialueiden sekä muun fyysisen ympäristön kestävä käyttö,
5. materiaalien, raaka-aineiden ja energian kestävä käyttö, sekä
6. ympäristön muut osatekijät.

Vaikutusten arviointi on tehty hankkeen kannalta olennaisille vaiheille, mikä käy ilmi kunkin aihealueen kohdalla jäljempänä.

Arvioinnit on laatinut kunkin osa-alueen asiantuntija, ja täydelliset raportit ovat saatavilla liitteen C.1 mukaisessa liiteluettelossa. Mikäli asiantuntijat eivät ole soveltaneet DGE:n arviointimenetelmää (ks. luku 7), DGE on tulkinnut ja soveltanut kyseiset arviot omaan menetelmäänsä. Niissä tapauksissa, joissa DGE on laatinut arvioinnin kokonaisuudessaan, tämä on ilmoitettu erikseen.

10.2 Väestö ja ihmisten terveys

Folkesson Landskapsarkitektur on laatinut maisemakuva-analyysin Najaderna hankealueen ympäristön maisemarakenteesta ja visuaalisista arvoista (ks. liite C.2). Arvioinnit on osittain tehty käyttäen DGE:n arviointimenetelmää, joka on kuvattu luvussa 7.

Vaikutuksia väestöön ja ihmisten terveyteen arvioidaan esiintyvän erityisesti toimintavaiheessa, pääasiassa näkyvyysvaikutusten seurauksena (ks. luku 8.16), sillä varjostusvaikutuksia tai ilman kautta leviävää melua ei odoteta esiintyvän mantereella. Näkyvyyden vaikutuksen voimakkuus riippuu sekä tarkastelijan asenteesta tuulivoimaa kohtaan että siitä, miltä sijainnilta tuulipuisto on näkyvissä.

Maisemakuva-analyysin mukaan tuulipuisto on hyvissä näkyvyysolosuhteissa täysin tai osittain nähtävissä laajoilla vesialueilla, erityisesti rannikkoalueilla ja saaristossa. Sama pätee myös yöaikaan, jolloin tuulivoimaloiden estevalaistus voi muodostaa monimuotoisen valokuvion.

Asutus keskittyy pääasiassa Gävleen sekä Skutskärin, Karlholmin ja Öregrundin taajamiin. Näiden alueiden välissä sijaitseva maisema on harvaan asuttua. Rannikkovyöhykkeellä esiintyy kuitenkin loma-asutusta muun muassa Norrlandetin rannikolla, Långsandissa, Fagervikenissä, Storsandissa ja Stenskäriissä. Suurin osa saarista on asumattomia, vaikka yksittäisiä vapaa-ajan asuntoja voi esiintyä.

Koska alue on harvaan asuttua, vain suhteellisen pieni määrä vakituksia asuinrakennuksia tulee altistumaan visuaaliselle vaikutukselle. Lisäksi tuulipuisto on sijoitettu hyvin suhteessa maisemallisesti herkkiin alueisiin ja näkymiin.

Edellä esitetyn sekä lukujen 4.8 ja 8.16 perusteella DGE arvioi alueen arvon/herkkyyden olevan vähäinen–kohtalainen. Näkyvyydestä johtuvat vaikutukset väestöön ja ihmisten terveyteen vaihtelevat vähäisistä kohtalaisiin riippuen tarkastelukohdasta sekä yksilöllisestä kokemuksesta. Näin ollen kokonaisvaikutukset arvioidaan vaihtelevan erittäin vähäisistä kohtalaisiin.

10.2.1 Kumulatiiviset vaikutukset

Jos sekä Najaderna että muut lähialueen tuulivoimahankkeet (Fyrskäppet, Olof Skötkonung, Storgrundet ja Utposten 2, ks. kohta 8.16.2) toteutetaan, ovat kumulatiiviset vaikutukset maisemakokemukseen luonnollisesti suuremmat kuin tilanteessa, jossa alueelle rakennettaisiin vain yksi hanke. Paikoissa, joista useampi hanke näkyy samassa näkymäsektorissa, syntyy suurempaa visuaalista monimuotoisuutta ("visuaalista sekavuutta") kuin jos näkymässä olisi vain yksi hanke. Tämä kumulatiivinen vaikutus korostuu erityisesti öisin, kun samassa näkymäsektorissa esiintyy useiden tuulivoimaloiden estevalaistus. Paikoissa, joissa hankkeet eivät näy samanaikaisesti samassa näkymässä, ei synny vastaavaa visuaalista sekavuutta, mutta horisonttilinja pitenee verrattuna tilanteeseen, jossa vain yksi hanke rakennettaisiin.

10.3 Eläin- ja kasvilajit ja biologinen monimuotoisuus

10.3.1 Natura 2000

Ilman lupaa on kielletty toteuttaa toimia tai hankkeita, joilla saattaa olla merkittävä vaikutus Natura 2000 -alueen ympäristöön. Tämä koskee myös alueen ulkopuolisia toimia, jos niillä voi olla vaikutuksia Natura 2000 -alueen sisäisiin luontoarvoihin.

Tuulivoimapuiston hankealueella tai sen välittömässä läheisyydessä ei sijaitse Natura 2000 -alueita. Yli 4 km:n etäisyydellä hankealueen pohjois-, luoteis- ja koillispuolella sijaitsevat Finngrundetin pohjois-, länsi- ja itämatalikot, jotka on nimetty luontodirektiivin mukaisiksi Natura 2000 -alueiksi (SE0630263, SE0630262 ja SE0630260). Etäämmältä löytyy lisäksi muita Natura 2000 -alueita, joista on lisätietoa kohdassa 4.6.

Finngrundet on alle 10 metriä syvä avomerimatalikko, jolla vallitsevat merelliset ja luonnontilaiset olosuhteet ja joka edustaa eteläistä Selkämerta. Alueella on laajoja matalia kovapohjaisia alueita, jotka tarjoavat suotuisat elinympäristöt makroleville ja muille kovapohjalajeille. Vaikutuksia edellä mainittuihin kolmeen Natura 2000 -alueeseen on selvitetty perusteellisesti NIRASin toimesta, kuten liitteistä C.5, C.6 ja C.7 ilmenee. Arviointien perustana ovat muun muassa AFRY:n ja Efterklangin tekemät mallinnukset sedimentin leviämisestä ja laskeumasta sekä vedenalaisesta melusta, jotka on esitetty kohdissa 8.4 ja 8.9 (ks. myös liitteet C.3 ja C.13). Vaikutukset pohjaeläimiin ja merinisäkkäisiin on arvioitu merkityksettömiksi suhteessa Natura 2000 -alueisiin, minkä vuoksi seuraavissa jaksoissa käsitellään ainoastaan vaikutuksia kaloihin.

Kalojen osalta NIRAS toteaa, että Finngrundetin Natura 2000 -alueet sijaitsevat lähimmillään 4 kilometrin etäisyydellä hankealueen ulkoreunasta. Tämä tarkoittaa, että vaikka sedimenttiä saattaa kulkeutua alueiden rajoille, pitoisuudet jäävät hyvin alhaisiksi (alle 100 mg/l), eikä niistä aiheudu merkittävää vaikutusta kaloihin. Lisäksi mallinnukset osoittavat sedimentin laskeutuvan nopeasti etäisyyden kasvaessa lähteestä: 5 cm/s virtausnopeudella porauskohdasta 10 metrin päässä voi muodostua 1 metrin paksuinen kerros, 100 metrin päässä 30 cm ja kilometrin päässä noin 0,5 cm. Alue, jolla laskeuman paksuus ylittää 10 cm, voi kattaa jopa 3 hehtaaria. Koska etäisyys Najaderna hankealueelta Finngrundetiin on vähintään 4 km, ei merkittävää laskeumaa odoteta tapahtuvaksi Natura-alueilla. Vaikutuksia ei siis ole odotettavissa.

Silakan kutukäyttäytymiseen ja lisääntymismenestyskseen kohdistuvia vaikutuksia vedenalaisesta melusta ei tunneta tarkasti. Finngrundetin matalikoilla oleskelevien kalojen ei kuitenkaan arvioida olevan vaarassa saada kuulovaurioita (TTS) paalutuksen aikana. Tämä johtuu todennäköisesti alueen batymetriasta, jossa matalat vedet vaimentavat äänien etenemistä. Lisäksi alueella oleskelevien kalojen arvioidaan siirtyvän pois melulähteistä pehmeän käynnistyksen ja asteittaisen tehonlisäyksen aikana, mikä vähentää häiriölle altistuvien yksilöiden määrää. Toukkakalojen ja mätimunien, jotka eivät kykene aktiivisesti väistämään melulähteitä kuten aikuiset yksilöt, arvioidaan altistuvan paalutukseen liittyvälle vedenalaiselle melulle ainoastaan Najaderna hankealueella, mikäli lieventäviä meluntorjuntatoimia toteutetaan. Haitallisten melutasojen ei siten odoteta yltävän Finngrundetin matalikoille, joilla mahdollinen silakan kutu voisi tapahtua.

Edellä esitetyn perusteella DGE arvioi, että Najaderna tuulivoimapuiston rakentamisesta, käytöstä ja käytöstä poistamisesta ei aiheudu vaikutuksia Natura 2000 -alueiden ympäristölle projektialueen läheisyydessä. Natura 2000 -lupaa ei näin ollen katsota tarvittavan.

10.3.2 Pohjaeläimistö

Benttiseen eliöstöön kohdistuvia vaikutuksia on arvioitu NIRASin toimesta, ja arvioinnit on esitetty liitteessä C.5. Arvioinnit on tehty käyttäen DGE:n vaikutustenarviointimenetelmää, joka on kuvattu luvussa 7.

10.3.2.1 Rakennusvaihe

Najaderna-hankkeen alueella ja sen läheisyydessä esiintyvien yleisimpien lajien suojeluarvon katsotaan olevan merkityksetön, koska lajit ovat yleisiä suuressa osassa Itämerta eikä niitä ole luokiteltu kansallisen uhanalaisuusarvioinnin perusteella uhanalaisiksi tai punaisella listalla esiintyviksi.

Sedimenttien leviämisen vaikutusten, jotka on kuvattu kohdassa 8.4, arvioidaan olevan merkityksettömiä, koska pitoisuudet ovat yleisesti ottaen suhteellisen matalia ja vaikutukset ajallisesti rajoittuneita. Korkeammat pitoisuudet ovat paikallisia ja vaikuttavat vain hyvin pieniin alueisiin suhteessa koko hankealueeseen. Leviämistäisyyden ollessa enintään 12,5 km ja pitoisuuksien jäädessä alle 10 mg/l, tilanne vastaa Itämeren luonnollista kesäkauden sameutta. Lyhytaikainen sedimenttipitoisuuden kohoaminen tasolle 100 mg/l ei aiheuta haittaa alueen pohjaekosysteemeille. Rakennusvaiheen aikaisen sedimentin leviämisen ja sedimentaation vaikutusten benttisiin yhteisöihin arvioidaan siksi olevan erittäin vähäisiä.

Koska hankealueella ei esiinny erityisen herkkiä tai uhanalaisia lajeja ja alueen eliölajisto koostuu pääosin Pohjanmeren yleisistä lajeista, benttisen eliöstön herkkyyden pohjan fyysisille häiriöille (ks. kohta 8.5) arvioidaan olevan merkityksetön. Punaisella listalla olevan biotoopin AB.H3N1 mahdollinen taantuminen liittyy ensisijaisesti Marenzelleria spp. -lajin nopeaan leviämiseen, joka uhkaa syrjäyttää alkuperäisiä simpukkalajeja.

Najaderna-hankkeen seurauksena pehmeäpohjaista merenpohjaa häviää jonkin verran, mutta menetys on vähäinen suhteessa projektialueen kokonaispinta-alaan eikä sen arvioida vaikuttavan haitallisesti benttisten lajien populaatiodynamiikkaan tai levinneisyyteen. Näin ollen vaikutusten kokonaisvaikutus arvioidaan merkityksettömäksi. Fyysisen häiriön vaikutukset pohjayhteisöihin ovat siten merkityksettömiä.

Projektialueella ja sen läheisyydessä esiintyy lajeja, jotka voivat olla herkkiä kohonneille metallipitoisuuksille ja orgaanisille epäpuhtauksille. Herkimpien lajien (lähinnä äyriäis- ja simpukkalajit) perusteella herkkyyden arvioidaan olevan vähäinen eikä vaikutuksia populaatiotasolla odoteta. Rakennusvaiheen aikainen sameus aiheuttaa sedimentin leviämistä vesipatsaassa, mutta sameuden ollessa vähäistä ja mitattujen pitoisuuksien (ks. kohdat 4.12.4 ja 8.8) pysyessä matalina, haitallisten aineiden leviämiskäsi arvioidaan erittäin vähäiseksi. Koska uudelleensedimentoituminen tapahtuu alueilla, joilla pilaantumistilanne on jo olemassa, pohjasedimenttien pilaantuneisuus ei todennäköisesti lisäännä hankealueella tai sen läheisyydessä. Rakennusvaiheen kokonaisvaikutusten arvioidaan siten olevan vähäiset.

Itämeren ekosysteemi on haavoittuva ja lajirikkaudeltaan rajallinen, minkä vuoksi lajikoostumuksen muutoksilla voi olla laajempia vaikutuksia. Tämän vuoksi herkkyys vieraslajien leviämälle arvioidaan kohtalaiseksi. Koska vieraslajien leviäminen ei ole täysin poissuljettua (ks. kohta 8.7), vaikutuksen suuruusluokka arvioidaan vähäiseksi. Yhteenvedona

Najaderna-hankkeen mahdollisten vieraslajien leviämisen ympäristövaikutusten arvioidaan olevan vähäiset.

10.3.2.2 Käyttövaihe

Selkämeren benttien yhteisöjen biologinen monimuotoisuus on vähäistä, ja niiden herkkyys arvioidaan alhaiseksi. Toimintavaiheessa tapahtuvat fyysiset muutokset, kuten perustusten sijoittaminen merenpohjaan, vaikuttavat vain 0,02 %:iin koko hankealueesta, eikä niiden arvioida vaikuttavan merkittävästi, koska kova pohja on yleinen Perämerellä. Fyysisen muutoksen vaikutus arvioidaan näin ollen merkityksettömäksi pohjaeläimistön kannalta.

Pehmeäpohjaisten alueiden virtausolosuhteet voivat muuttua, mutta kuten kohdassa 8.2 on kuvattu, herkkyys näille muutoksille on vähäinen. Koska virtausmuutokset ovat hyvin paikallisia ja vaikutukset happiolosuhteisiin jäävät olemattomiksi, vaikutusten arvioidaan olevan merkityksettömiä pohjaeläimistölle ja -kasvillisuudelle.

Merenalaisten kaapeleiden mahdollisesti aiheuttamien magneettikenttien ei ole osoitettu vaikuttavan haitallisesti pohjaeläimiin. Magneettikenttien voimakkuus heikkenee nopeasti etäisyyden kasvaessa, ja vaikutukset rajoittuvat kaapelin välittömään läheisyyteen (ks. kohta 8.11). Sähkömagneettisten kenttien vaikutusten arvioidaan olevan merkityksettömiä.

Kuten kohdassa 8.7 on esitetty, kovat pinnat voivat mahdollistaa vieraslajien kiinnittymisen. Koska kovia pohjaympäristöjä esiintyy jo valmiiksi läheisillä alueilla, kuten Finngrundensissa, uudet rakenteet eivät muodosta ainutlaatuista ympäristöä. Etäisyydet tuulivoimaloiden välillä ovat lisäksi suuria, eivätkä ne muodosta yhtenäistä leviämisalustaa. Vaikka herkkyyden arvioidaan olevan kohtalainen, vieraslajien leviämisen mahdolliset vaikutukset arvioidaan merkityksettömiksi. Yhteenvetona tämän vaikutustekijän ympäristövaikutusten arvioidaan olevan erittäin vähäisiä.

10.3.2.3 Lopettamisvaihe

Käytöstäpoistovaiheen vaikutusten arvioidaan vastaavan rakennusvaiheen vaikutuksia. Sedimentaation ja sedimentin leviämisen vaikutusten katsotaan olevan erittäin vähäisiä, ja epäpuhtauksien leviämisen vaikutusten vähäisiä.

Merenpohjan fyysinen muuttaminen ei aiheuta merkittävää vaikutusta alueen lajeihin tai luontotyyppeihin, joiden arvo ja herkkyys on arvioitu merkityksettömäksi. Käytöstäpoiston kokonaisvaikutusten arvioidaan olevan rakennusvaihetta vähäisempiä ja siten merkityksettömiä. Merenpohjan fyysisten muutosten seurauksia lopettamisvaiheessa pidetään merkityksettöminä.

10.3.2.4 Kumulatiiviset vaikutukset

Najaderna-hankkeen benttiseen eliöstöön ja elinympäristöihin voi kohdistua kumulatiivisia vaikutuksia, jos muiden hankkeiden vaikutukset ajoittuvat tai sijoittuvat päällekkäin. Kumulatiivisia vaikutuksia voivat aiheuttaa sedimentaatio, epäpuhtauksien leviäminen, vieraslajien leviäminen sekä rakennus- ja purkuvaiheiden aikaiset toimenpiteet.

Lähellä sijaitsevien hankkeiden, kuten Fyrskeppet, Storgrundet ja Eystrasalt (ks. luku 4.4), ei odoteta aiheuttavan kumulatiivisia vaikutuksia.

Sedimenttien leviämisen on arvioitu rajoittuvan enintään 12,5 km:n etäisyydelle, ja pitoisuuksien jäävän alle 10 mg/l. Lähin hanke, Fyrskeppet, sijaitsee 15 km:n päässä. Vaikka useiden pluumien mahdollinen kohtaaminen samanaikaisessa rakentamisessa voi nostaa pitoisuuksia paikallisesti, kokonaispitoisuudet jäävät mataliksi eikä vaikutuksia benttiseen eliöstöön odoteta. Näin ollen sedimenttien leviämisen kumulatiiviset vaikutukset arvioidaan merkityksettömiksi.

On olemassa riski, että useista tuulipuistoista peräisin olevat epäpuhtaudet kulkeutuvat samoille alueille. Pitoisuudet ovat kuitenkin matalia ja epäpuhtaudet laimenevat veden mukana. Tämän vuoksi leviämisen kumulatiivinen vaikutus arvioidaan merkityksettömäksi.

Käyttövaiheen aikana uudet kovapintaiset rakenteet voivat edistää vieraslajien leviämistä. Useat eri puistot voivat toimia reittinä lajeille. Vaikka potentiaalisesti merkittäviä vaikutuksia aiheuttavat tuulipuistot sijaitsevat kaukana Najadernasta, vieraslajien leviämisen kumulatiiviset vaikutukset arvioidaan erittäin vähäisiksi.

10.3.3 Kala

Arviointiin kalojen osalta on vastannut NIRAS, ja se esitetään liitteessä C.6. Arvioinnit on laadittu DGE:n arviointimenetelmän mukaisesti, kuten kuvataan luvussa 7.

10.3.3.1 Rakentamisvaihe

Silakan ja muiden lajien käyttäytymisreaktiot voivat sisältää tilapäistä alueen välttelyä, esimerkiksi paalutustyön aikana. Tällaiset reaktiot ovat kuitenkin tilapäisiä, eikä niillä ole välttämättä kielteistä vaikutusta yksilöiden selviytymiseen. Koska Perämeren silakkaa pidetään yhtenäisenä populaationa ja koska Najaderna edustaa vain hyvin pientä osaa sen kokonaislevinneydestä, eikä hankealueella ole tyypillisiä kutualueita, ei alueella katsota olevan kriittistä merkitystä silakkakannalle. Silakka on kuitenkin alueella yleinen laji ja sillä on erittäin hyvä kyky aistia ääntä, minkä vuoksi varovaisuusperiaatetta tulee soveltaa. Näin ollen silakan arvo ja herkkyys arvioidaan kohtalaisiksi, ja yhteisvaikutukset ympäristöön vähäisiksi. Huomioiden myös suojelutoimenpiteet, jotka esitetään kohdassa 9.1.1, arvioidaan vaikutukset kaloihin vähäisiksi.

Najaderna alueella oleskelevat kalat voivat mahdollisesti altistua hienosedimentin aiheuttamille vaikutuksille, kuten kohdassa 8.4 kuvataan. Koska hankealue muodostaa vain hyvin pienen osan Perämeren silakan kokonaislevinneydestä eikä ole tyypillinen kutualue, arvioidaan kalakantojen ja erityisesti silakan arvo ja herkkyys vähäisiksi. Lisäksi sedimenttimallinnusten perusteella suspendoituneen sedimentin leviäminen on pääosin paikallista ja lyhytaikaista.

10.3.3.2 Käyttövaihe

Najaderna merituulivoimapuiston suunniteltu käyttöikä on 45 vuotta. Tänä aikana alueella liikkuvat kalat voivat havaita turbiinien tuottamaa ääntä. Käyttövaiheen aikaiset äänitasot, jotka on kuvattu kohdassa 8.9, eivät todennäköisesti aiheuta merkittäviä fysiologisia

vaikutuksia alueella liikkuville kaloille. Aiempiin tutkimuksiin perustuen ei myöskään ole todennäköistä, että kalat välttelisivät aluetta näiden keinotekkoisten äänien vuoksi. Turbiinien käyttöäni voi kuitenkin peittää luonnollisia ääniä ja siten heikentää lajien evolutiivista sopeutumista erilaisiin biologisiin prosesseihin. Silakka on vaeltava laji, joka oleskelee hankealueella tilapäisesti, erityisesti ravinnonhankinnan yhteydessä. Kalakantojen ja erityisesti silakan arvo ja herkkyys arvioidaan näin ollen kohtalaisiksi. Silakan hyvä kuulokyky saattaa altistaa sen käyttövaiheen äänten aiheuttamalle peittymisvaikutukselle hankealueen välittömässä läheisyydessä. Useissa tutkimuksissa eri lajeista on kuitenkin havaittu kalatiheyksien lisääntyvän meritulivoimapuistojen alueilla, mikä viittaa siihen, ettei taustamelulla ole merkittävää vaikutusta. Vaikutusten arvioidaan siten olevan merkityksettömiä. Käyttövaiheen aikaisen vedenalaisen melun kokonaisvaikutus arvioidaan hyvin vähäiseksi.

Najaderna tulivoimapuiston rakenteiden odotetaan muodostavan useita pieniä keinotekoisia riuttoja (ks. kohta 8.6), jotka voivat houkuttaa kaloja kuten kiviinilkkää, hietatokkoa ja simpua. Vaikka silakka kykenee liikkumaan laajalla alueella eikä todennäköisesti altistu merkittävästi, voi se mahdollisesti hyötyä voimaloiden perustusten ympärille muodostuvista tuottavammista elinympäristöistä. Koska lajit kuten siika, turska ja lohi ovat alueella harvinaisia ja kalalajisto on yleisesti niukkaa, arvioidaan kalakantojen arvo ja herkkyys vähäisiksi ja vaikutukset mahdollisesti positiivisiksi. Yhteenvetona arvioidaan, että merenpohjan fysikaalisista muutoksista aiheutuvat vaikutukset kalakantoihin ovat paikallisesti myönteisiä.

Pohjakaloilla on suurempi todennäköisyys altistua sähkömagneettisille kentille (ks. kohta 8.11) kuin pelagisilla lajeilla kuten silakalla, lohella ja ankeriaalla. Vaikka tutkimuksissa on todettu mahdollisia vuorovaikutuksia ankeriaan ja merikaapeleiden sähkömagneettisten kenttien välillä, viittaavat tulokset siihen, että ympäristövaikutukset ankeriaan osalta ovat vähäisiä. Koska ankerias on luokiteltu äärimmäisen uhanalaiseksi, on tärkeää minimoida mahdolliset häiriöt, jotka voivat vaikuttaa sen selviytymiseen ja lisääntymiseen. Najaderna alueella ankeriaan esiintyminen arvioidaan kuitenkin vähäiseksi, ja mahdolliset yksilöt eivät todennäköisesti oleskele pysyvästi alueilla, joilla kaapelien aiheuttamat kentät ovat voimakkaimpia. Lisäksi tulipuiston sisäisen kaapeliverkon ei arvioida vaikuttavan merkittävästi muihin vaelluskaloihin, kuten loheen ja taimentaan, jotka vaeltavat pelagisesti ja siten liikkuvat sähkömagneettisten kenttien ulkopuolella. Näin ollen kalakantojen arvo ja herkkyys arvioidaan pieniksi ja vaikutukset merkityksettömiksi. Sisäisen kaapeliverkon sähkömagneettisten kenttien kokonaisvaikutus arvioidaan merkityksettömäksi.

10.3.3.3 Poistovaihe

Meritulivoimapuiston poistamisen aikaisia vedenalaisia äänitasoja ei ole tutkittu. On kuitenkin todennäköistä, että poistovaiheen työvaiheissa ei synny yhtä voimakkaita ja häiritseviä ääniä kuin paalutuksessa. Tämän perusteella kalojen arvo ja herkkyys arvioidaan kohtalaisiksi ja ympäristövaikutukset merkityksettömiksi. Näin ollen vedenalaisen melun vaikutusten kokonaisarvio poistovaiheessa on hyvin vähäinen.

Myöskään sedimentin leviämistä tulivoimaloiden poistamisen yhteydessä ei ole tutkittu. Koska kaapelit todennäköisesti haudataan rakennusvaiheessa, niiden poistaminen saattaa siirtää ja levittää niihin kertynyttä sedimenttiä. Pahimmassa tapauksessa sedimenttiä voisi

levitä yhtä paljon kuin rakentamisvaiheessa. Tämän vuoksi kalojen arvo ja herkkyys arvioidaan pieniksi ja vaikutukset poistovaiheessa vähäisiksi. Suspendoituneen sedimentin ja sedimentaation vaikutukset kaloihin arvioidaan poistovaiheessa hyvin vähäisiksi.

10.3.3.4 Yhteisvaikutukset

Paikallisten kalojen osalta yhteisvaikutuksia arvioidaan mahdollisiksi vain, jos muita hankkeita rakennetaan samanaikaisesti ja vaikutukset päällekkäisillä alueilla olisivat huomattavia. Tätä pidetään kuitenkin epätodennäköisenä, sillä vedenalaisen melun ja suspendoituneen sedimentin aiheuttamat vaikutukset rakentamisen aikana ovat pääosin paikallisia. Lähialueiden hankkeiden, kuten Fyrskeppet, Storgundet ja Eystrasalt (ks. kohta 4.4), käyttövaiheen ei arvioida aiheuttavan yhteisvaikutuksia.

10.3.4 Merinisäkkäät

NIRAS on tehnyt merinisäkkäisiin kohdistuvien vaikutusten arvioinnin, ja se esitetään liitteessä C.7. Arvioinnit on laadittu käyttäen DGE:n arviointimenetelmää, joka on kuvattu luvussa 7.

10.3.4.1 Rakentamisvaihe

Kohdassa 9.1.1 esitettyjen melua vaimentavien suojatoimenpiteiden avulla tilapäisen kuulonaleneman (TTS, Temporary Threshold Shift) ja pysyvän kuulonaleneman (PTS, Permanent Threshold Shift) vaikutusetäisyys hylkeillä jää suhteellisen lyhyeksi. Kun lisäksi huomioidaan, että vaikutuksen kesto on myös melko lyhyt, arvioidaan vaikutuksen olevan merkityksetön. Näin ollen myös hylkeisiin kohdistuvan vedenalaisen melun ja vedenpinnan yläpuolisen melun yhteisvaikutus rakentamisvaiheessa arvioidaan merkityksettömäksi.

Koska hylkeet ovat sopeutuneet elämään merialueilla, joissa sameus ja pimeys ovat luonnollisia ilmiöitä, ne kykenevät saalistamaan ja pyytämään kalaa myös heikossa näkyvyydessä tai pimeässä. Tämän vuoksi hylkeiden herkkyys kohdassa 8.4 kuvatulle vaikutustekijälle, suspendoituneelle sedimentille ja sedimentin leviämislle, arvioidaan vähäiseksi. Hylkeet voisivat tosin altistua välillisille vaikutuksille, mikäli esimerkiksi kalat kärsisivät suspendoituneesta sedimentistä tai sedimentaatiosta, mutta tätä ei kuitenkaan pidetä todennäköisenä riskinä, koska vaikutus kaloihin on arvioitu lyhytaikaiseksi. Vaikutuksen arvioidaan siten olevan merkityksetön. Suspendoituneen sedimentin kokonaisvaikutus hylkeisiin rakentamisvaiheessa arvioidaan merkityksettömäksi.

10.3.4.2 Käyttövaihe

Efterklangin laskelmien mukaan (esitetty kohdassa 8.9) tuulivoimaloiden käytön aikainen vedenalainen melu on melutasoltaan suhteellisen vähäistä, jolloin vaikutusalue rajoittuu paikallisesti yksittäisten turbiinien ympäristöön. Vaikutuksen kesto on kuitenkin pitkä, sillä Najaderna-hankkeen arvioitu käyttöikä on noin 45 vuotta. Alusliikenteen aiheuttaman melun ei arvioida vaikuttavan hylkeisiin, koska niiden katsotaan olevan tottuneita melko tiheään laivaliikenteeseen ja siihen liittyvään korkeampaan melutasoon. Vaikutuksen arvioidaan näin ollen olevan merkityksetön. Kokonaisuutena vedenalaisen melun ympäristövaikutus hylkeisiin käyttöjakson aikana arvioidaan merkityksettömäksi.

Ei ole tutkimusnäyttöä siitä, että hylkeillä olisi vaikeuksia suunnistaa alueella, jossa rakenteet ulottuvat koko vesipatsaaseen. Käyttövaiheessa mahdollisesti ilmenevä riuttavaikutus (kuvattu kohdassa 8.6) voi lisätä alueen saaliseläinten määrää ja tehdä alueesta houkuttelevamman merinisäkkäille niiden ravinnonhankintajaksojen aikana. Yhdessä sen kanssa, että alue voi tarjota suojaa vilkkaasti liikennöidyiltä väyliltä, tällä voi olla lievästi positiivinen vaikutus yksilötasolla. Tästä huolimatta vaikutuksen arvioidaan olevan merkityksetön populaatiotasolla. Kokonaisuutena merenpohjan fyysisen muutoksen ympäristövaikutus hylkeisiin käyttöjakson aikana arvioidaan merkityksettömäksi.

Koska sähkömagneettinen kenttä syntyy vain kaapelin välittömässä läheisyydessä ja kentän voimakkuus heikkenee nopeasti etäisyyden kasvaessa, eikä ole olemassa tutkimuksia, jotka osoittaisivat hylkeiden käyttävän sähkömagneettisia kenttiä, vaikutuksen arvioidaan olevan merkityksetön. Kokonaisuutena sähkömagneettisten kenttien ympäristövaikutus hylkeisiin arvioidaan merkityksettömäksi.

10.3.4.3 Purkuvaihe

Vaikutus arvioidaan merkityksettömäksi, koska vedenalaisen melun vaikutusalue purkuvaiheessa arvioidaan paikalliseksi ja vaikutuksen kesto lyhyeksi. Kokonaisuutena melun ympäristövaikutus purkuvaiheen aikana arvioidaan merkityksettömäksi hylkeille.

Suspendoituneen sedimentin pitoisuuksien nousun vaikutusalue on paikallinen ja vaikutuksen kesto lyhyt. Koska sekä harmaahylje (*Halichoerus grypus*) että itämerennorppa (*Pusa hispida botnica*) ovat sopeutuneet elämään vaihtelevassa sameudessa ja kykenevät edelleen metsästämään ja suunnistamaan heikossa näkyvyydessä, vaikutuksen arvioidaan olevan merkityksetön. Yhteenvedona suspendoituneen sedimentin ja sedimentaation ympäristövaikutukset hylkeisiin purkuvaiheessa arvioidaan merkityksettömiksi.

10.3.4.4 Kumulatiiviset vaikutukset

Najaderna-hankkeen ja alueella esiintyvien hylkeiden osalta kumulatiivisten vaikutusten arvioidaan olevan mahdollisia vain, jos samanaikaisesti toteutetaan muita hankkeita, joiden vaikutusalueet ovat päällekkäisiä Najaderna vaikutusalueen kanssa.

Hylkeiden kannalta vedenalainen melu on ainoa vaikutustekijä, jolla saattaa olla kumulatiivisia vaikutuksia. Näiden vaikutusten arvioidaan kuitenkin olevan vähäisiä, koska vedenalaisen melun vaikutusalue rakentamisvaiheessa on rajallinen ja paikallinen rakennuspaikkojen ympärillä, edellyttäen että esitetyt suoja-toimenpiteet toteutetaan. Alusliikenteen lisääntyminen alueella tai sen läheisyydessä voi kuitenkin vaikuttaa merinisäkkäisiin, mikäli noin 15 kilometrin päässä sijaitseva Fyrskeppet-hanke on samanaikaisesti vastaavassa vaiheessa. Tällöin vaikutus voisi ilmetä käyttäytymisen muutoksina, joissa hylkeet tilapäisesti väistäisivät vilkkaamman liikenteen alueita.

Fyrskeppet- ja Najaderna-hankkeiden käyttöjakson aikaiset kumulatiiviset vaikutukset eivät todennäköisesti vaikuta hylkeisiin, koska havaintojen mukaan hylkeet hakeutuvat aktiivisesti toimivien tuulivoimapuistojen alueille ravintoa etsimään. Kumulatiivisten vaikutusten arvioidaan siten olevan merkityksettömiä.

Suspendoituneen sedimentin ja sen leviämisen osalta kumulatiivisia vaikutuksia voi ilmetä, mikäli Najaderna ja Fyrskeppet rakennetaan samanaikaisesti. Koska hylkeet kykenevät saalistamaan tilapäisesti sameassa vedessä, vaikutuksen arvioidaan olevan merkityksetön. Myös merenpohjan fyysisen muutoksen kumulatiivisten vaikutusten arvioidaan olevan merkityksettömiä, koska kalojen mahdollinen houkuttelevuus alueelle ei todennäköisesti aiheuta merkittävää positiivista vaikutusta. Kumulatiivisia vaikutuksia sähkömagneettisista kentistä ei myöskään odoteta esiintyvän, ja vaikutuksen arvioidaan olevan merkityksetön.

Sekä Storgrundetin että Eystrasaltin hankkeet sijaitsevat niin etäällä Najadernasta, ettei niiden odoteta aiheuttavan kumulatiivisia vaikutuksia..

10.3.5 Fel! Hittar inte referenskölla.Linnut

Ottvall Consulting AB on tehnyt arvioinnit lintuihin kohdistuvista estevaikutuksista, törmäysriskistä ja elinympäristön väistämisestä (liite C.8). Arvioinnit on laadittu käyttäen DGE:n arviointimenetelmää, joka on kuvattu luvussa 7.

10.2.5.1. Pesivät linnut

Taulukossa 26 esitetään yhteenveto pesiviin lintuihin kohdistuvien vaikutusten arvioinnista.

Taulukko 13. Najaderna vaikutusten arviointi pesivien lintujen siirtymisen, estevaikutuksen ja törmäysriskin osalta toimintavaiheessa (liite C.8).

Laji	Herkkyys	Vaikutuksen suuruus	Seuraus	Perustelu
Pikkulokki (Hydrocoloeus minutus)	Pieni	Merkityksetön	Merkityksetön	Ei esiinny pesimäaikaan hankealueella. Estevaikutuksen, torjunnan ja törmäysriskin arvioidaan olevan merkityksettömiä. Matala lentokorkeus.
Kalatiira (Sterna hirundo)	Pieni	Merkityksetön	Merkityksetön	Vain vähän yksilöitä arvioidaan ruokailevan hankealueella pesimäaikaan. Vaikutukset merkityksettömiä. Matala lentokorkeus.
Harmaalokki (Larus argentatus)	Pieni	Merkityksetön	Merkityksetön	Vain vähän yksilöitä arvioidaan ruokailevan hankealueella pesimäaikaan. Vaikutukset merkityksettömiä.
Merilokki (Larus marinus)	Pieni	Merkityksetön	Merkityksetön	Vain vähän yksilöitä arvioidaan ruokailevan hankealueella pesimäaikaan. Vaikutukset merkityksettömiä.
Selkälokki (Larus fuscus)	Pieni esteiden vaikutus, syrjäyttäminen ja törmäykset, mutta kohtalainen vaikutus populaatioihin	Vähäinen	Vähäinen ilman häiritsee populaatiolle	Lentää ja ruokailee säännöllisesti hankealueen kautta. Torjunnan aiheuttama vaikutus on pieni ja siksi kokonaisvaikutus vähäinen.
Lapintiira (Sterna paradisaea)	Pieni	Merkityksetön	Merkityksetön	Vain vähän yksilöitä arvioidaan ruokailevan hankealueella pesimäaikaan. Vaikutukset merkityksettömiä. Matala lentokorkeus.
Riuttatiira (Thalasseus sandvicensis)	Kohtalainen	Merkityksetön	Merkityksetön	Lajia tavataan vain satunnaisesti hankealueella.
Ruokki (Uria aalge)	Kohtalainen	Vähäinen	Hyvin vähäinen	Matala lentokorkeus → pieni törmäysriski. Kohtalainen herkkyys estevaikutukselle ja torjunnalle. Alhainen yksilöitiheys → vähäinen vaikutus.

Laji	Herkkyys	Vaikutuksen suuruus	Seuraus	Perustelu
Riskilä (Cephus grylle)	Kohtalainen	Vähäinen	Hyvin vähäinen	Kuten ruokki – pieni törmäysriski, kohtalainen herkkyys, alhainen tiheys → hyvin vähäinen seuraus.
Ruokkilintu (Alca torda)	Kohtalainen	Vähäinen	Hyvin vähäinen	Sama kuin edellä – pieni törmäysriski, kohtalainen herkkyys, vähäinen yksilömäärä → vähäinen vaikutus.

10.2.5.2 Levähtävät ja ruokailemassa olevat merilinnut

Taulukossa 27 esitetään yhteenveto merilintuja koskevasta vaikutustenarvioinnista.

Taulukko 14. Najaderna-aluksien vaikutusten arviointi merilintuihin syrjäyttämisen, esteiden ja törmäysriskin osalta käyttövaiheessa (liite C.8).

Laji	Herkkyys	Vaikutuksen suuruus	Seuraus	Perustelu
Alli (Clangula hyemalis)	Kohtalainen siirtymisen osalta	Merkityksetön	Hyvin vähäinen	Hankealueella ei tapahdu ravinnonhankintaa, eikä se vaikuta Finngrundin oleskelun edellytyksiin, koska etäisyys sinne on vähintään 4 km. Herkkyys arvioidaan kohtalaiseksi siirtymisen vuoksi, kun taas törmäysriski on pieni, koska laji lentää matalalla ja estevaikutus arvioidaan tässä yhteydessä vähäiseksi. Vaikutus arvioidaan merkityksettömäksi ja sen seuraukset hyvin vähäisiksi.
Mustalintu (Melanitta nigra)	Kohtalainen siirtymisen osalta	Merkityksetön	Hyvin vähäinen	Liian syvällä Najaderna-ollakseen ruokailualue. Herkkyys arvioidaan kohtalaiseksi siirtymisen vuoksi. Törmäysriski on merkityksetön, koska laji lentää matalalla ja estevaikutus arvioidaan tässä yhteydessä vähäiseksi. Vaikutus arvioidaan merkityksettömäksi ja sen seuraukset hyvin vähäisiksi.
Kaakkuri ja kuikka (Gavia stellata & Gavia arctica)	Korkea syrjäytymisen osalta	Merkityksetön	Hyvin vähäinen	Hankealueella ei tapahdu ravinnonhankintaa, mutta lajin suuri herkkyys siirtymiselle saattaa johtaa siihen, että Finngrundin joitakin alueita ei käytetä, minkä arvioidaan olevan vähäinen vaikutus muutamien yksilöiden osalta. Vaikutus arvioidaan näin ollen hyvin vähäiseksi.
Mustakurkku- uikku (Podiceps auritus)	Vähäinen	Merkityksetön	Merkityksetön	Vähäinen herkkyys tuulivoimalle ja vaikutus on vähäinen rannikon ja tuulipuiston välisen etäisyyden vuoksi. Vaikutus arvioidaan näin ollen merkityksettömäksi.
Laulujoutsen (Cygnus cygnus)	Vähäinen	Merkityksetön	Merkityksetön	Vähäinen herkkyys siirtymiselle, estevaikutukselle ja törmäysriskille. Vaikutus arvioidaan merkityksettömäksi, koska estevaikutus on marginaalinen ja törmäysten määrän odotetaan olevan vähäinen. Vaikutus arvioidaan näin ollen merkityksettömäksi, koska vaikutuksen kohteena olevan väestön osuuden arvioidaan olevan pieni.
Taigametsäha- ni (Anser fabalis fabalis)	Vähäinen	Merkityksetön	Merkityksetön	Vähäinen herkkyys siirtymiselle, estevaikutukselle ja törmäysriskille. Vaikutus arvioidaan merkityksettömäksi, koska estevaikutus on marginaalinen ja törmäysten määrän odotetaan olevan vähäinen. Vaikutus arvioidaan näin ollen merkityksettömäksi, koska vaikutuksen kohteena olevan väestön osuuden arvioidaan olevan pieni.
Valkoposkian- hi (Branta leucopsis)	Vähäinen	Merkityksetön	Merkityksetön	Kulkee muuttoaikana, jolloin esteen vaikutus on vähäinen ja törmäysriski pieni. Herkkyys arvioidaan vähäiseksi ja vaikutus merkityksettömäksi.

10.2.5.3 Muuttolinnut

Taulukossa 28 esitetään yhteenveto muuttolintuja koskevasta vaikutustenarvioinnista.

Taulukko 28. Najaderna-alueen muuttolintujen vaikutusten arviointi. Arviointi kattaa estevaikutuksen, törmäysriskin ja syrjäyttämisen (liite C.8).

Laji	Herkkyys	Vaikutuksen suuruus	Seuraus	Perustelu
Merikotka (Haliaeetus albicilla)	Korkea	Merkityksetön	Hyvin vähäinen	Törmäysalttius on suuri, mutta Najaderna on riittävän kaukana rannikosta, joten merikotkat lentävät hyvin harvoin hankealueen läpi. Törmäysriski arvioidaan merkityksettömäksi, joten seuraukset ovat hyvin vähäiset.
Muuttavat petolinnut	Vähäinen	Merkityksetön	Merkityksetön	Vähäinen herkkyys estevaikutukselle ja törmäysriskille hankealueen riskien osalta. Vain harvojen yksilöiden odotetaan kulkevan Najaderna kautta, jotka ovat päävaellusreitit ulkopuolella. Vaikutus arvioitu vähäiseksi ja vaikutus näin ollen merkityksettömäksi.
Muuttavat varpuslinnut	Vähäinen	Merkityksetön	Merkityksetön	Törmäysriski arvioidaan vähäiseksi suhteessa hankealueen ohi kulkevien pikkulintujen määrään. Koska alle 1‰ (promillea) ohikulkevista pikkulinnuista todennäköisesti kuolee, vaikutus arvioidaan merkityksettömäksi, ja sen seuraukset lajille ovat siten myös merkityksettömät.
Kahlaajat	Vähäinen	Merkityksetön	Merkityksetön	Kahlaajalinnut eivät ruokaile Najaderna, ja muuttoaikana suurin osa niiden lennosta tapahtuu korkeammalla kuin tuulivoimalat, minkä vuoksi niiden herkkyys on vähäinen. Vaikutus arvioidaan merkityksettömäksi, joten vaikutus on vähäinen.

10.2.5.4 Kumulatiiviset vaikutukset

Kumulatiivisen vaikutuksen riski on arvioitu merkityksettömäksi kaikkien lintulajien osalta lukuun ottamatta kalalokkeja, joiden osalta vaikutusriski on arvioitu vähäiseksi, mikä johtaa vähäiseen vaikutukseen, ks. taulukko 29.

Taulukko 15. Kumulatiivisen vaikutuksen riski arvioidaan merkityksettömäksi kaikkien lintulajien osalta lukuun ottamatta silakkoja, joiden osalta vaikutusriski arvioidaan pieneksi, mikä merkitsee vähäistä vaikutusta (liite C.8).

Laji	Herkkyys	Vaikutuksen suuruus	Seuraus	Perustelu
Pesivät linnut	Kohtalainen	Vähäinen	Vähäinen	Pesivät merilinnut ja ruokkilinnut arvioidaan kohtalaisen herkiksi tuulivoimapuistojen, laivaliikenteen ja esimerkiksi öljypäästöjen aiheuttamille yhteisvaikutuksille. Najaderna ja Storgundetin ei katsota sijaitsevan merkittäville ruokailualueilla, eivätkä ne kuulu samojen lintupopulaatioiden vaikutuspiiriin, jotka mahdollisesti ruokailevat Najaderna alueella. Lisäksi etäisyys tuulipuistoihin on valtaosalle pesivistä linnuista liian suuri, minkä vuoksi yhteisvaikutus arvioidaan vähäiseksi. Tämän vuoksi vaikutuksen merkittävyys arvioidaan vähäiseksi.

Laji	Herkkyys	Vaikutuksen suuruus	Seuraus	Perustelu
Levähtävät linnut	Kohtalainen	Merkityksetön	Hyvin vähäinen	Najaderna ja Storgrundetin suunnitelluilla tuulivoima- alueilla voivat levähtää ja ruokailla käytännössä ainoastaan ruokki, riskilä ja loppilinnut. Ruokin ja riskilän herkkyyden yhteisvaikutuksille, kuten siirtymiselle, laivaliikenteelle ja öljypäästöille, arvioidaan olevan kohtalainen. Yhteisvaikutusten riski arvioidaan kuitenkin merkityksettömäksi, koska näiden lajien tiheydet suunnittelualueilla arvioidaan alhaisiksi. Yhteisvaikutusten merkittävyys arvioidaan siten hyvin vähäiseksi.
Muuttolinnut	Vähäinen	Vähäinen	Merkityksetön	Nykyisen tiedon perusteella yömuuttavien pikkulintujen törmäyksiin liittyvä kuolleisuus Najaderna ja Storgrundetin tuulivoimaloiden yhteydessä muodostaa erittäin pienen osuuden alueen kautta kevä- ja syysmuutolla kulkevista yksilömääristä. Negatiivinen vaikutus pikkulintujen populaatiokehitykseen ei arvioida todennäköiseksi, ja yhteisvaikutuksen merkittävyys arvioidaan merkityksettömäksi.

10.3.6 Lepakot

Koska Najaderna hankealue sijaitsee lähimmillään 17 kilometrin etäisyydellä rannikolta, mahdolliset vaikutukset voisivat kohdistua muuttaviin lepakoihin.

Muuttavat lepakot lentävät pitkin koko Itämeren rannikkoa ja saaristoja syksyisin ja keväisin, ja ne valitsevat todennäköisesti muuttoreittejä, jotka kulkevat saarten kautta tai kohdista, joissa matka avomeren yli on lyhin. Tätä ei kuitenkaan ole vielä tieteellisesti vahvistettu, ja lepakoiden halukkuuteen lentää pitkiä matkoja avomeren yli liittyy epävarmuutta.

Ei voida sulkea pois, etteivät muuttavat lepakot voisi esiintyä Najaderna hankealueella, vaikka todennäköisimmät muuttoreitit sijaitsevat etelämpänä hankkeeseen nähden.

Edellä esitettyjen Nattbakan (liite C.9) ja luvun 4.17 johtopäätösten perusteella DGE arvioi, että alueen arvo lepakoiden kannalta on vähäinen ja että vaikutukset, jotka on kuvattu kohdassa 8.13.2, ovat vähäisiä tai merkityksettömiä. Näin ollen myös kokonaisvaikutusten arvioidaan olevan merkityksettömiä. Arvioinnissa on huomioitu lepakoiden mahdollinen muuttokäyttäytyminen avomeren yli, minkä vuoksi vaikutusta ei voida täysin sulkea pois.

10.4 Maa, maaperä, vesi, ilma, ilmasto, maisema, rakennettu ympäristö ja kulttuuriympäristö

10.4.1 Maisema ja käyttöarvot

Meren avoimuuden sekä tuulivoimaloiden määrän ja koon vuoksi Najaderna tuulivoimapuisto on hyvissä sääolosuhteissa osittain tai kokonaan nähtävissä laajojen vesialueiden yli. Koska tuulivoimapuisto sijaitsee merellä, sillä ei kuitenkaan arvioida olevan vaikutusta maiseman tilalliseen rakenteeseen tai suuntautumiseen. Tuulivoimapuisto voi toimia uutena maamerkinä, joka saattaa kilpailla joidenkin nykyisten merellisten maamerkkien, kuten majakoiden ja merimerkkien, kanssa. Maan puolella voimat ovat kuitenkin nähtävissä vain harvoista paikoista.

Rannikon läheisyydessä voi esiintyä jonkinasteista vaikutusta koskemattomuuden kokemukseen, joka perustuu alueen harvaan asutukseen ja laajoihin luonnontilaisiin alueisiin. Tämä koskee myös yöaikaa, jolloin voimaloiden ilmailuvalot voivat vaikuttaa maisemakuvaan.

Maiseman käyttömahdollisuuksiin ei kuitenkaan kohdistu vaikutuksia, eikä maisemassa harjoitettavia toimintoja tai aktiviteetteja arvioida vaikeutuvan. Visuaalisen kokemuksen laatu voi mahdollisesti muuttua, mutta kulttuuri-, matkailu- tai virkistysarvoihin ei arvioida kohdistuvan vaikutuksia siinä määrin, että kohteiden vetovoima tai käyntikokemuksen arvo heikkenisi.

Kokonaisuudessaan tuulivoimapuiston kokoon nähden vaikutukset maisemaan arvioidaan lieviksi. Tämä johtuu erityisesti siitä, että alue on harvaan asuttu ja että tuulivoimapuiston sijainti on hyvin valittu suhteessa herkkiin alueisiin.

DGE arvioi edellä esitetyn perusteella, että maiseman käyttöarvon herkkyyks on vähäinen ja kokonaisvaikutus pieni. Näin ollen vaikutuksen kokonaismerkitys maiseman käyttöarvolle on hyvin vähäinen. Kumulatiivinen vaikutus näkyvyyden osalta on arvioitu kohdassa 10.1.1.

10.4.2 Rannikkoeroosio

Aaltojen korkeuden pieneneminen voisi vaikuttaa rannikkoon, jos ranta on herkkä muutoksille sedimentin kuljetuksessa. Saatavilla olevien ilmakuvi perusteella lähin ruotsalainen rannikko Najaderna etelä- ja itäpuolella koostuu pääosin kallioista ja karkeasta aineksesta. Rannikko on lisäksi hyvin epäsäännöllinen, ja siinä on paljon lahtia ja niemiä. Sekä aineksen koostumus että rannikon muoto viittaavat siihen, ettei rantaan kohdistu eroosiovaikutuksia aallonkorkeuden pienenemisestä.

Jos matalilla vesialueilla esiintyy paikallisesti kasaantuvia pohjia, saattaa tällaisilla alueilla esiintyä pitkällä aikavälillä hienoista sedimentaation lisääntymistä.

DGE arvioi edellä esitetyn perusteella rannikkoeroosion herkkyyden olevan vähäinen. Ottaen huomioon, että tuulivoimapuiston jälkeisessä suojasuunnassa aallonkorkeuden pieneneminen on vain noin 5 % ja että vaikutus ulottuu mitattavasti noin 50 kilometrin päähän (ks. luku 8.3), vaikutus arvioidaan pieneksi. Näin ollen myös vaikutuksen kokonaismerkitys on vähäinen.

10.4.3 Ympäristön seuranta

Najaderna tuulivoimapuiston projektialueella ei sijaitse kansallisia tai alueellisia ympäristönseurannan havaintopisteitä.

Toimivan ympäristönseurantaohjelman arvo on arvioitu suureksi. Ennen rakentamisvaiheen alkua sekä myöhemmin purkuvaiheen yhteydessä seurannan koordinointi voi todennäköisesti helpottaa näytteenottoa myös kyseisten vaiheiden aikana.

Vaikutusten, esimerkiksi sedimentin leviämisen ja vedenalaisen melun osalta, arvioidaan olevan merkityksettömiä, ja siten seurausten hyvin vähäisiä. Käyttövaiheessa ei arvioida syntyvän vaikutuksia, eikä kumulatiivisia vaikutuksia voida ennakoida.

10.4.4 Ympäristön laatumormit

Tuulivoimapuiston hankealue ei sijoitu vesimuodostumaan, jota koskisivat ympäristön laatumormit (MKN) ympäristöbalkin 5 luvun mukaisesti, mutta se ulottuu osittain vesimuodostumaan "Osa Selkämeren avomeren vesialuetta" (osat SE620333-175418 ja SE603634-183531), jota säädellään EU:n yhteisellä meriympäristön puitelainsäädännöllä. Ruotsissa tätä on osittain toimeenpantu meriympäristöasetuksella (2010:1341).

Meriympäristödirektiivissä on kaksi tilaluokkaa: hyvä ympäristön tila ja ei hyvä ympäristön tila. Mitä pidetään hyvänä tilana, määritetään Ruotsin meri- ja vesiviranomaisen asetuksen (HVMFS 2012:18) liitteen 2 perusteella.

DGE on arvioinut hankkeen vaikutuksia mahdollisuuksiin saavuttaa hyvä tila kyseisillä avomeren vesialueilla, ks. taulukko 30. Kullekin ympäristön laatumormille on määritetty indikaattorit, joiden tavoitearvojen täytyessä normin katsotaan täyttyvän. Ympäristön laatumormien katsotaan toteutuvan, kun kuhunkin indikaattoriin asetettu tavoitearvo saavutetaan.

Taulukko 30. Arvio Najaderna tuulipuiston vaikutuksesta mahdollisuuteen saavuttaa tai säilyttää ympäristön hyvä tila asiaankuuluvien kuvaajien ja niihin liittyvien indikaattorien osalta. Arvioitu tila on esitetty kunkin indikaattorin kohdalla.

Kuvaaja	Indikaattorit	Arviointi
Kuvaaja 1. Biologinen monimuotoisuus	Linnut (1.2A, 1.2B) Saavuttaa hyvä tila (2018)	Arvioidut vaikutukset merkityksellisiin lintulajeihin vaihtelevat merkityksettömistä vähäisiin. Näin ollen hankkeella ei arvioida olevan vaikutusta lintujen hyvän tilan saavuttamiseen tai ylläpitämiseen.
	Pelagiset ja pohjakalat (1.2H, C.4.1) Ei saavuta hyvä tila (2018)	Arvioidut vaikutukset kaloihin vaihtelevat positiivisista vähäisiin negatiivisiin. Näin ollen hankkeella ei arvioida olevan vaikutusta kalojen hyvän tilan saavuttamiseen.
	Harmaahylje (1.2C, 1.3A, 1.3B, 1.4B) Ei saavuta hyvä tila (2018)	Arvioidut vaikutukset harmaahylkeeseen ovat merkityksettömiä. Näin ollen hankkeella ei arvioida olevan vaikutusta harmaahylkeen hyvän tilan saavuttamiseen tai ylläpitämiseen.
Kuvaaja 2. Vieraslajit	Uusien vieraslajien tuominen (2.1A) Ei saavuta hyvää tilaa (2018)	Vieraslajien tuomista ei voida täysin sulkea pois, mutta sen vaikutukset on arvioitu hyvin vähäisiksi. Tietty riski tilaan vaikuttamisesta on olemassa.
Kuvaaja 4. Merelliset ravintoketjut	Linnut (1.2A, 1.2B) Pelagiset ja demersaalit kalat (1.2H, C.4.1) Harmaahylje (1.2C, 1.3A, 1.3B, 1.4B) Tilan arviointi ei ole mahdollista, koska kriteereiden kvantitatiivista arviointia varten ei ole olemassa menetelmää.	Käsitellään deskriptorissa 1, koska koko ravintoketjua koskevia indikaattoreita ei ole ja vaikutusten arviointi ympäristön tilaan ei ole mahdollista.

Kuvaaja	Indikaattorit	Arviointi
Kuvaaja 6. Merenpohjan eheys	Fyysinen häiriö bentisissä elinympäristöissä (6.3A) Täydellinen tilan arviointi ei mahdollista Pohjaeläimistö avomerellä (5.8B) Arviointia ei tehty (2018)	Ei arvioida olevan vaikutusta hyvän tilan saavuttamiseen, koska vaikutus merenpohjaan on vähäinen suhteessa pehmeäpohjaisten alueiden pinta-alaan sekä projektialueella että koko Pohjanlahdella. Havaitut pohjaeläinlajit ovat yleisiä sekä Pohjanlahdella että muualla Itämerellä.
Kuvaaja 7. Pysyvät muutokset hydrografiassa	Indikaattorit puuttuvat Arviointi ei mahdollista	Koska indikaattoreita ei ole, tuulipuiston vaikutusta ympäristön tilaan ja ympäristön laatuunormeihin ei voida arvioida, mutta hydrografisten olosuhteiden muutosten ei odoteta vaikuttavan haitallisesti meren ekosysteemeihin.
Kuvaaja 8. Vaaralliset aineet	Havaitut laittomat tai onnettomuuksiin liittyvät öljy- ja öljymäisten aineiden päästöt (8.3A) Ei saavuta hyvä tila (2018)	Meriliikenteen riskit tutkitaan tarkemmin projektin kuluessa.
Kuvaaja 11. Vedenalainen melu	Indikaattorit puuttuvat Arviointi ei mahdollista	Koska indikaattoreita ei ole, tuulipuiston vaikutusta ympäristön tilaan ja ympäristön laatuunormiin ei voida arvioida. Jos suojatoimenpiteitä toteutetaan paalutuksen melunvaimennuksena, ei odoteta haitallisia vaikutuksia merinisäkkäiden tai kalojen populaatioihin.

10.4.5 Ilmastohyödyt ja ilmastovaikutukset

Ruotsissa sähkö tuotetaan pääosin fossiilivapaista lähteistä, kuten vesivoimasta. Ruotsi on kuitenkin nettosähkönviejä, ja ruotsalaiset fossiilivapaat tuotantolähteet edistävät näin fossiilisen energiantuotannon tarpeen vähenemistä muualla Euroopassa, jossa sähköntuotannon keskimääräiset hiilidioksidipäästöt ovat korkeammat. Najaderna tuulivoimapuiston arvioitu sähköntuotanto, noin 4–5 TWh vuodessa, vastaa kasvihuonekaasupäästöjen vähenemistä noin 2,7 miljoonalla tonnilla vuodessa, mikä vastaa noin kuutta prosenttia Ruotsin vuoden 2022 kokonaispäästöistä. Yleisesti arvioidaan, että merituulivoimala tuottaa valmistukseen kuluneen energiamäärän takaisin noin kahdeksassa kuukaudessa (Energimyndigheten, 2021).

Ilmastomuutoksen mahdolliset vaikutukset hankkeeseen liittyvät pääasiassa merenpinnan nousuun ja rajumpien sääolosuhteiden yleistymiseen. Suunniteltu tuulivoimapuisto mitoitetaan kestäväksi tällaiset skenaariot.

Ilmaston arvo on arvioitu korkeaksi, ja hankkeen vaikutukset ilmastoon arvioidaan positiivisiksi koko sen elinkaaren ajalta (kaikki vaiheet). Seuraukset ovat siten myönteisiä.

10.4.6 Meriarkeologia

Meriarkeologisiin arvoihin voisi kohdistua vaikutuksia erityisesti suorien fyysisten toimenpiteiden kautta. Kuten jaksossa 4.9 todetaan, projektialueella on merkitty kaksi hylynjäännöstä merikulttuuriperintörekisterissä (KMR): L1939:2649 ja L139:2648. Näiden lisäksi alueella on uppoamistietoja aluksista Ludwig ja Wermland.

Heti kun geofysikaaliset tutkimukset on suoritettu projektialueella, meriarkeologiset selvitykset jatkuvat. Najaderna Offshore aikoo sijoittaa kaikki rakenteet lopullisesti niin, että vaikutuksia mahdollisiin muinaisjäännöksiin voidaan välttää; kokemuksen mukaan 50–80 metrin suojaetäisyys on arvioitu riittäväksi. Tällöin vaikutuksia meriarkeologiaan ei synny. Kaikki jatkotoimet meriarkeologian osalta toteutetaan kulttuuriympäristölainsäädännön puitteissa.

10.5 Maankäytön, vesivarojen ja muun fyysisen ympäristön kestävä käyttö

Najaderna tuulivoimapuiston projektialueella ja sen läheisyydessä sijaitsee useita valtakunnallisia intressialueita, ks. kuva 8 sivulla 35.

Ympäristöbalkin 3 luvun 1 §:n mukaan maa- ja vesialueita on käytettävä siihen tai niihin tarkoituksiin, joihin ne ominaisuuksiensa, sijaintinsa ja olemassa olevan tarpeen perusteella parhaiten soveltuvat. Etusija on annettava käytölle, joka edistää yleisesti kestävää luonnonvarojen käyttöä. Maa- ja metsätalous on katsottu valtakunnallisesti tärkeäksi. Lisäksi ympäristöbalkin mukaan lupaa ei voida myöntää toiminnalle, joka on ristiriidassa asemakaavan tai alueellisten määräysten kanssa.

Alla DGE arvioi, aiheuttaako haettu toiminta merkittäviä haittoja olemassa oleville valtakunnallisille intressialueille. Arviossa tarkastellaan myös, edustaako toiminta kestävää maankäyttöä, vesivarojen hallintaa ja fyysisen ympäristön käyttöä yleisemmin.

10.5.1 Energiantuotanto

Projektialueen läheisyydessä sijaitsee neljä valtakunnallista merituulivoiman intressialuetta: Finngrundet (Itäinen ja Läntinen matalikko), Campsgrund ja Storgrundet. Useat vanhemmista valtakunnallisista energiantuotannon intressialueista sijoittuvat enintään noin 30 metrin syvyyteen. Merituulivoimateknologian kehityksen myötä tuulivoimaloita on nykyään teknisesti ja taloudellisesti mahdollista rakentaa myös syvempiin vesiin. Tämän vuoksi useat matalammat alueet on hylätty, erityisesti niiden korkeiden luontoarvojen vuoksi.

Neljän alueen joukosta ainoastaan Storgrundet on tällä hetkellä ajankohtainen rakennuskohde, ja se voidaan toteuttaa ilman vaikutuksia Najaderna hankkeeseen. Mitään merkittävää haittaa ei siten arvioida syntyvän.

Forsmarkin ydinvoimala on myös valtakunnallinen intressialue energiantuotannolle ja tulevalle loppusijoitukselle. Ottaen huomioon suuren etäisyyden Forsmarkin ja Najaderna projektialueen välillä ei arvioida aiheutuvan merkittävää haittaa.

10.5.2 Merenkulku

Projektialue rajautuu kahteen merenkulun valtakunnalliseen intressialueeseen ja osittain myös sijoittuu niihin. Kyseessä ovat Grundkallen–Söderhamn/Hudiksvall koillisessa sekä Grundkallen–Gävle etelässä. Lähimmät valtakunnallisesti tärkeät satamat ovat Forsmarkin ja Gävlen satamat. Pohjoisempana sijaitsevat myös Söderhamnin kaksi valtakunnallista satamaa.

Ympäristöbalkin 3 luvun 8 §:n mukaan liikennejärjestelmien valtakunnallisia intressialueita on suojeltava toimenpiteiltä, jotka voivat merkittävästi vaikeuttaa niiden rakentamista tai käyttöä.

Liikenneanalyysi on tehty ja esitetty jaksossa 4.19 sekä liitteessä C.10. Lisäksi on toteutettu Hazid-työpaja ja parhaillaan laaditaan meriliikenteen riskianalyysi, joka perustuu muun muassa työpajan ja liikenneanalyysin tuloksiin. Lopullisessa suunnittelussa tullaan ottamaan huomioon tarvittavat suojatoimenpiteet sekä tuulivoimaloiden lopullinen sijoittelu siten, ettei Najaderna tuulivoimapuisto rajoita meriliikenteen käyttöä eikä siten aiheuta merkittävää haittaa valtakunnalliselle intressille – ei satamien eikä väylien osalta.

Vaikka ohittavat alukset todennäköisesti pitävät jonkin verran etäisyyttä tuulivoimaloihin, jää väyliin edelleen riittävästi tilaa merenkululle.

10.5.3 Ammattikalastus

Kuten jaksosta 4.6 käy ilmi, projektialue rajautuu Finngrundetin matalikkojen väliselle alueelle, joka on osoitettu ammattikalastuksen valtakunnalliseksi intressiksi ympäristöbalkin 3 luvun 5 §:n mukaisesti. Muita valtakunnallisia intressejä, mukaan lukien satamat, sijaitsee kauempana.

Suunniteltu toiminta ei arvioida vaikuttavan fyysisesti niihin alueisiin, jotka on osoitettu ammattikalastuksen valtakunnalliseksi intressiksi. Ottaen huomioon, että kalastoon kohdistuvat vaikutukset ovat NIRASin (liite C.6 ja jakso 10.2.3) arvioiden mukaan vähäisiä tai jopa positiivisia, DGE arvioi, ettei valtakunnallisiin intresseihin kohdistu merkittävää haittaa.

10.5.4 Luonnonsuojelu

Projektialueen länsipuolisilla rannikkoalueilla sijaitsee useita luonnonsuojelun valtakunnallisia intressialueita ympäristöbalkin 3 luvun 6 §:n mukaisesti. Lähin näistä on Björnin saaristo, noin 13 km päässä projektialueesta. Etäisyyden huomioon ottaen ei arvioida syntyvän merkittävää haittaa.

10.5.5 Ulkoilu

Skutskär sijaitsee Dalälven-joen suistossa. Dalälven on valtakunnallinen intressialue ulkoilun sekä liikkuvan ulkoilun kannalta ympäristöbalkin 3 luvun 6 §:n ja 4 luvun 2 §:n mukaisesti. Myös Gräsön itäinen saaristo on osoitettu valtakunnalliseksi ulkoilualueeksi.

Fyysisiä vaikutuksia näihin valtakunnallisiin intresseihin ei arvioida syntyvän. Merkittävää haittaa ei siten arvioida aiheutuvan..

10.5.6 Kulttuuriympäristö

Kaikista kulttuuriympäristön valtakunnallisista intressialueista Folkesson Landskapsarkitektur on arvioinut (liite C.2), että visuaalisia vaikutuksia voi syntyä kolmella alueella, jotka on esitetty taulukossa 31. Vaikka Najaderna tulee olemaan näkyvissä näiltä alueilta, ei arvioida syntyvän merkittävää haittaa.

Taulukko 31. Kulttuuriympäristön kansallisesti merkittävät alueet, joihin Najaderna tuulipuisto arvioidaan vaikuttavan visuaalisesti, sekä vaikutusten arviointi.

Valtakunnallinen intressialue	Vaikutus	Vaikutusten arviointi
C6 Hällensin kylä ja Fågelsundetin kalasatama	Tuulivoimat eivät ole näkyvissä Hällensin kylästä. Osittain näkyvissä kalasatamasta. Voimat muodostavat maisemassa ristiriidan alueen perinteiseen ilmeeseen. Etäisyys on kuitenkin suuri, ja voimat ovat näkyvissä vain harvoista paikoista.	Kohtalainen kielteinen vaikutus
C16 Djursten	Tuulivoimaloihin on erittäin pitkä etäisyys. Tuulipuisto muodostaa uuden, suuren maamerkin. Etäisyydestä johtuen se ei heikennä kokemusta majakasta maamerkinä.	Vähäinen kielteinen vaikutus
K802 Norrlandet–Utvalsås	Etäisyys tuulipuistoon on erittäin suuri. Koko Norrlandetin rannikko kuitenkin suuntautuu kohti tuulipuistoa. Tuulivoimat ovat käytännössä näkyvissä koko rannikon pituudelta, mukaan lukien kulttuurihistoriallisesti merkittävät kohteet.	Kohtalainen kielteinen vaikutus

10.5.7 Voimakkaasti hyödynnetty rannikko

Rannikko Arkösundin ja Forsmarkin välillä on osoitettu voimakkaasti hyödynnetyksi rannikoksi ympäristöbalkin 4 luvun 4 §:n mukaisesti. Riksentressin rajoitukset koskevat vapaa-ajanasutusta ja tiettyjä teollisuuslaitoksia. Lisäksi hankkeita ei saa toteuttaa, jos ne aiheuttavat huomattavaa haittaa alueiden luonto- ja kulttuuriarvoille. Folkesson Landskapsarkitektur -raportin (Liite C.2) mukaan voimakkaasti hyödynnetyn rannikon riksentressialueella esiintyy kulttuuriarvoja. Näihin voi kohdistua jonkinlaista visuaalista vaikutusta, mutta vaikutuksen ei katsota olevan merkittävä. DGE:n arvion mukaan riksentressialueella esiintyviin luontoarvoihinkaan ei kohdistu merkittävää haittaa.

10.5.8 Merialuesuunnitelmat

Najaderna-merituulivoimapuiston sijainti vastaa suurimmilta osin uusia ehdotettuja energia-alueita, joista kerrotaan tarkemmin kohdassa 4.3.2.1. Hankealue on lisäksi yhdenmukainen voimassa olevien merialuesuunnitelmien kanssa, kuten ilmenee kuvasta 5 sivulla 30.

10.6 Aineiden, raaka-aineiden ja energian kestävä käyttö

Najaderna tuottaa fossiilitonta sähköä, mikä itsessään muodostaa perustan energian kestäväälle käytölle. Hankkeen materiaaalitehokkuuteen vaikuttaa myös perustustyyppi, sillä painoperustukset ovat tyypillisesti materiaaliltaan vaativampia kuin muut perustustyytit.

Najaderna-hankealue ei ole priorisoitu merenpohjahiekan ottoon. Tämä käy ilmi SGU:n (Ruotsin geologinen tutkimuskeskus) hallituksen toimeksiannosta tekemästä selvityksestä, jossa ainoastaan yksi alue Merenkurkun pohjoisosassa (Svalans/Falkens grund) on tunnistettu mahdolliseksi ottoalueeksi (SGU, 2017). Alueiden osoittaminen on perustunut luontoarvoihin, biologisiin ja geologisiin tekijöihin, teknisiin ominaisuuksiin sekä sedimenttidynamiikkaan. Näin ollen hankealueen arvo tämän näkökulman osalta arvioidaan vähäiseksi. Hiekanoton vaikeutumisesta aiheutuvat vaikutukset ovat myös vähäisiä, koska vaihtoehtoisia ottoalueita on olemassa. Tämän vuoksi seuraukset ovat merkityksettömiä hiekanoton näkökulmasta, mutta positiivisia energian kokonaishallinnan kannalta.

10.7 Ympäristön muut osa-alueet

10.7.1 Ammattikalastus

Rannikolla tapahtuva silakkakalastus on perinteisesti ollut tärkeä elinkeino Norrlandin rannikolla, ja lähialueilla sijaitsee riksintressejä koskevia ammattikalastusalueita, mutta ne eivät ulotu hankealueelle. Kohdassa 4.18 todetaan myös, että varsinainen ammattikalastus tapahtuu pääosin hankealueen ulkopuolella. Näiden seikkojen perusteella DGE arvioi, että ammattikalastuksen arvo hankealueella on vähäinen.

10.7.1.1 Rakentamisvaihe

Voimalapuiston rakentamisvaihe kestää noin kaksi vuotta, ja tänä aikana alue on todennäköisesti suurelta osin suljettu ulkopuoliselta liikenteeltä. On todennäköistä, että hankealueella aiemmin harjoitettu kalastus siirtyy muille kalastusalueille, mikä voi lisätä kalastuspaineita niillä alueilla. Myös kalan saatavuus voi tilapäisesti vähentyä melun ja sedimentin leviämisen seurauksena. Koska vaikutuksen kalan määrään on arvioitu vähäiseksi rakentamisvaiheen aikana (ks. Liite C.6 ja kohta 10.2.3), vaihdellen erittäin vähäisestä vähäiseen, DGE arvioi vaikutuksen ammattikalastukseen olevan pieni. Koska kalastusta ei todennäköisesti voida harjoittaa aktiivisina rakennusvaiheen aikoina, melu- ja sedimenttivaikutukset jäävät lisäksi vähäisiksi.

DGE arvioi, että vaikutus ammattikalastukseen rakentamisvaiheen aikana on kokonaisuutena kohtalainen, koska vaikutus rajoittuu ajallisesti lyhyeen vaiheeseen. Koska ammattikalastuksen arvo hankealueella on pieni, seuraukset ovat pieniä ja lisäksi tilapäisiä.

10.7.1.2 Käyttövaihe

Käyttövaiheen aikana kalastusalueiden menetykset ja ristiriidat kalastusvälineiden ja tuulivoimainfrastruktuurin välillä voivat aiheuttaa sosioekonomisia vaikutuksia ammattikalastukselle. Najaderna alueella trolaus voi olla mahdollista, mutta tuulivoimaloiden rakenteista johtuvat riskit voivat silti johtaa siihen, että suuri osa nykyisestä kalastuksesta siirtyy muualle.

On myös olemassa riski, että kalastusvälineet takertuvat, mikä voi aiheuttaa vahinkoa joko kalastusvälineille tai tuulivoimaloille. Pelagiset kalastusvälineet voivat olla erittäin pitkiä, mikä tekee niiden navigoinnista tuulivoima-alueilla vaikeaa ja riskialtista. Pohjatroolaukset arvioidaan mahdolliseksi, jos se on sallittua voimassa olevan lainsäädännön mukaan, mutta tällöinkin välineet voivat tarttua rakenteisiin, kaapeleihin tai kaapelisuojausjauksiin. Kaapeleiden peittäminen soralla tai kivillä tai aiemmin peitettyjen kaapeleiden paljastuminen voi estää troolauksen alueella. Jos troolaukset ei ole mahdollista koko alueella, voidaan arvioida, että troolikäytävät tuulivoimapuiston läpi mahdollistavat vetojen jatkamisen alueen poikki. Kiinteillä välineillä tapahtuva kalastus aiheuttaa vähemmän riskiä, vaikka väline jäisikin kiinni perustuksiin, ja voidaan odottaa, että tällaisen kalastuksen määrä lisääntyy alueella ja sen läheisyydessä.

Tuulivoimapuiston ei odoteta vähentävän kalakantoja alueella käyttövaiheen aikana (Liite C.6). Kalastuksen siirtyminen alueille, joilla kalastus on jo intensiivistä, voi kuitenkin vähentää kalastuksen tehokkuutta. "Spill-over"-vaikutuksia voi syntyä riuttavaikutusten seurauksena ja siitä, että kalastus tuulivoimapuistossa rajoittuu. Tämä voi lisätä kalamääriä muilla alueilla ja tehdä kalastuksesta puiston reunoilla tuottoisampaa.

DGE arvioi, että vaikutus ammattikalastukseen voi vaihdella positiivisesta kohtalaiseen kielteiseen riippuen kalastusmenetelmistä, sopeutumiskyvystä, riuttavaikutuksista ja "spill-over"-vaikutuksista. Kokonaisvaikutukset vaihtelevat siten positiivisista pieniin kielteisiin.

10.7.1.3 Purkuvaihe

Tuulivoimapuiston purku tapahtuu käytännössä samalla tavalla kuin rakentaminen, ja alue tulee tällöin olemaan suljettu kalastukselta. Kovapohjaiset rakenteet ja pinnalla olevat kaapelit voivat rajoittaa pohjatroolauksia.

DGE arvioi, että vaikutus ammattikalastukseen purkuvaiheessa on kokonaisuudessaan kohtalainen, koska vaikutus rajoittuu ajallisesti lyhyeen jaksoon. Koska ammattikalastuksen arvo hankealueella on vähäinen, vaikutukset ovat pieniä ja lisäksi tilapäisiä. Lopullinen arvio voidaan kuitenkin tehdä vasta purkuvaiheessa, koska on vaikeaa arvioida, miten ammattikalastus kehittyy noin 45 vuoden käyttöiän aikana.

10.7.1.4 Yhteisvaikutukset

Osa kohdassa 4.4 esitellyistä tuulivoimapuistoista sijoittuu alueille, joilla ammattikalastus on intensiivisempää kuin Najaderna hankealueella. Useiden tuulivoimapuistojen samanaikainen rakentaminen voi vaikuttaa laajoihin alueisiin nykyisestä kalastuksesta. Käyttövaiheen yhteisvaikutusten laajuus riippuu pitkälti siitä, sallitaanko ammattikalastus tuulivoimapuistoalueilla. On todennäköistä, että tuulivoimapuistojen rakentaminen johtaa kalastusponnistelujen uudelleenjakautumiseen eri merialueilla.

10.7.2 Merenkulku ja navigointiriskit

Merenkululla alueella on kohtalainen arvo, mikä käy ilmi kohdassa 4.19 esitetystä liikennekuvauksesta.

Riskien tunnistaminen on tehty hankealueen suunnittelun perusteella. Päivitetty riskianalyysi suunnitellaan tehtäväksi projektin myöhemmässä vaiheessa. Lopullinen arvio vaikutuksista ja seurauksista voidaan tehdä vasta tämän analyysin valmistuttua.

10.7.3 Puolustusvoimat

Hankealueella tai sen läheisyydessä ei ole julkisesti ilmoitettuja puolustukseen liittyviä intressejä. Yhteysmenettelyssä Puolustusvoimat on kuitenkin ilmoittanut, että suunniteltu hanke voi aiheuttaa merkittävää haittaa kokonaisturvallisuuden sotilaallisen osan riksintressille, joka on salassa pidettävä 15 luvun 2 §:n mukaan julkisuus- ja salassapitolain (2009:400) nojalla. Puolustusvoimat ei tarkemmin yksilöi kyseistä haittaa, koska se voisi paljastaa tietoja, joiden ilmitulo aiheuttaisi merkittävää vahinkoa kokonaisturvallisuudelle tai valtion turvallisuudelle.

Najaderna Offshore arvioi, FOI:n raportin "Möjligheter till samexistens mellan Försvarmaktens verksamhet och utbyggd vindkraft" (FOI, 2022) mukaisesti, että tekniset mukautukset voivat mahdollistaa yhteensovittamisen Puolustusvoimien mahdollisen toiminnan kanssa hankealueella, ja toivottaa tervetulleeksi vuoropuhelun Puolustusvoimien kanssa, jotta tällaiset mukautukset voitaisiin toteuttaa parhaalla mahdollisella tavalla.

Koska Puolustusvoimien toiminta on salassa pidettävää, DGE ei ole voinut tehdä omaa arviota suunnitellun toiminnan vaikutuksista. Tämän vuoksi vaikutuksia ei ole voitu arvioida minkään hankevaiheen osalta. On lisäksi huomattava, että sähköön toimitusvarmuus muodostaa osan kokonaisturvallisuuden intressistä.

10.8 Yhteenvedoinen arviointi

Luvuissa 10.1–10.6 esitetyt arviot on koottu taulukkomuotoon taulukossa 32. On huomattava, että arvioinnit, jotka koskevat Natura 2000 -alueita, ympäristönlaadun normeja sekä maa- ja vesialueiden ja muun fyysisen ympäristön kestäväää käyttöä, poikkeavat muista intressialueista. Näitä ei ole arvioitu perustuen arvoon/herkkyyteen ja vaikutuksiin, vaan suhteessa lainsäädännössä asetettuihin vaatimuksiin vaikutusten arvioinnin osalta. Tämä käy ilmi myös mainittujen jaksojen teksteistä.

Yhteenvedona voidaan todeta, että korkeimmat arvioidut vaikutukset ovat kohtalaisia verrattuna nollavaihtoehtoon, ja ne johtuvat tuulivoimaloiden näkyvyydestä maalta käsin käyttövaiheen aikana. Seuraavaksi merkittävimmät vaikutukset ovat vähäisiä ja koskevat lintuja käyttövaiheessa, pohjaeläimistöä rakentamis- ja purkuvaiheissa, kaloja rakentamisvaiheessa sekä ammattikalastusta kaikissa hankevaiheissa. Joidenkin vaikutusten on arvioitu olevan myös positiivisia, erityisesti kalojen ja ammattikalastuksen osalta käyttövaiheessa sekä ilmaston osalta projektin käyttöaikana. Najaderna tuulivoimapuiston odotettu sähköntuotanto, noin 4–5 TWh vuodessa, edistäisi kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä noin 2,7 miljoonalla tonnilla vuodessa, mikä vastaa noin kuutta prosenttia Ruotsin vuoden 2022 kokonaispäästöistä.

*Taulukko 32. Matriisi, joka kokoaa yhteen haetun toiminnan ympäristövaikutukset.
n/a tarkoittaa ei ole merkityksellistä..*

positiivinen merkityksetön hyvin pieni pieni kohtalainen suuri

Alue	Rakennusvaihe	Toimintavaihe	Käytöstäpoistovaihe
Väestö ja ihmisten terveys			
- Asutus (tuulivoimaloiden näkyvyys maalta).	n/a		n/a
Eläimet, kasvit ja biologinen monimuotoisuus			
- Natura 2000	Natura 2000-prövning bedöms ej krävas		
- Pohjaeläimistö			
- Kala			
- Merinisäkkäät			
- Linnut	n/a		n/a
- Lepakot	n/a		n/a
Maa, maaperä, vesi, ilma, ilmasto, maisema ja kulttuuriympäristö.			
- Maisema ja käyttöarvot	n/a		n/a
- Rannikkoeroosio Ruotsin rannikolla	n/a		n/a
- Ympäristön seuranta	n/a	n/a	n/a
- Ympäristölaadun normit			
- Ilmastohyöty ja ilmastovaikutukset			
- Meriarkeologia	n/a	n/a	n/a
Maan, veden ja muun fyysisen ympäristön kestävä käyttö			
	Hyvä taloudenhoito ja ei näkyviä vahinkoja		
Materiaalien, raaka-aineiden ja energian kestävä käyttö			
	Hyvää taloudenhoitoa		
Muut ympäristön osa-alueet			
- Ammattikalastus			
- Merenkulku	Arvioidaan myöhemmässä vaiheessa merenkulun riskianalyysin toteuttamisen jälkeen		
- Kokonaisturvallisuus	Arviointi ei mahdollista puolustusalan salassapitovelvollisuuden vuoksi.		