

Merituulivoiman edistäminen

Petri Vihavainen, Petra Saari, Elias Länsisalo, Evgenia Tkachenko,
Karoliina Jaatinen, Anna Väisänen, Eeva-Mari Lantta, Ilpo Lehtoranta,
Lionel Irrmann, Sakari Huhtanen, Nikita Semkin, Matias Peltoniemi,
Thomas Bonn, Miia Nurminen-Piirainen, Mikko Pihlajasaari

VALTIONEUVOSTON SELVITYS- JA
TUTKIMUSTOIMINNAN JULKAISUSARJA 2024:4

tietokayttoon.fi

Merituulivoiman edistäminen

Petri Vihavainen, Petra Saari, Elias Länsisalo, Evgenia Tkachenko,
Karoliina Jaatinen, Anna Väisänen, Eeva-Mari Lantta, Ilpo Lehtoranta,
Lionel Irrmann, Sakari Huhtanen, Nikita Semkin, Matias Peltoniemi,
Thomas Bonn, Miia Nurminen-Piirainen, Mikko Pihlajasaari

Julkaisujen jakelu

Distribution av publikationer

**Valtioneuvoston
julkaisuarkisto Valto**

Publikations-
arkivet Valto

julkaisut.valtioneuvosto.fi

Valtioneuvoston kanslia
CC BY 4.0

ISBN pdf: 978-952-383-063-9
ISSN pdf: 2342-6799

Taitto: Valtioneuvoston hallintoyksikkö, Julkaisutuotanto

Helsinki 2024

Merituulivoiman edistäminen

Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2024:4

Julkaisija Valtioneuvoston kanslia

Tekijä/t Vihavainen, Saari, Länsisalo, Tkachenko, Jaatinen, Väisänen, Lantta, Lehtoranta, Irrmann, Huhtanen, Semkin, Peltoniemi, Bonn, Nurminen-Piirainen, Pihlajasaari

Yhteisötekijä AFRY Management Consulting Oy, AFRY Finland Oy

Kieli suomi

Sivumäärä 243

Tiivistelmä

Tuulivoimalla on merkittävä rooli Suomen tavoitteessa saavuttaa hiilineutraalius vuoteen 2035 mennessä. Suomen merialueilla on tunnistettu valtavasti potentiaalia tuottaa puhdasta sähköä ja hankekehittäjien kiinnostus Suomen merialueita kohtaan on kasvanut merkittävästi niin aluevesillä kuin talousvyöhykkeelläkin.

Selvityksen tavoitteena on esitellä keinoja edistää merituulivoiman markkinaehtoista kehitystä Suomessa kustannustehokkaalla ja kestäväällä tavalla. Selvityksen kohteena ovat merituulivoimahankkeiden sijoittelu erityisesti talousvyöhykkeellä, hankkeiden vaikutukset muuhun toimintaan merellä, hankkeiden keskinäiset vaikutukset sekä vaihtoehdot merialueella sijaitseville sähkön hinta-alueille.

Yksi selkeä havainto selvityksessä on olemassa olevan tiedon puute Suomen talousvyöhykkeellä. Merellisen tiedon kartuttaminen Suomen talousvyöhykkeellä yhteistyössä viranomaisten ja hanketoimijoiden kanssa on tärkeää merialuesuunnittelun ja vaikutusarvioinnin mahdollistamiseksi, jotta merituulivoiman yhteensovittaminen onnistuu ympäristön ja muiden merellisten toimintojen kanssa.

Hankkeen tuloksia hyödynnetään merituulivoimahankkeiden sijoittelua koskevassa arvioinnissa talousvyöhykkeellä sekä taustamateriaalina tukemaan merialuesuunnittelun päivitustyötä ja asiaan liittyvää lainsäädäntötyötä.

Julkaisu on läpikäynyt ulkopuolisen tieteellisen arvioinnin.

Julkaisu on päivitetty 15.3.2024, s. 19, 200, 201, 206, 224.

Klausuuli Tämä julkaisu on toteutettu osana valtioneuvoston selvitys- ja tutkimussuunnitelman toimeenpanoa. (tietokayttoon.fi) Julkaisun sisällöstä vastaavat tiedon tuottajat, eikä tekstisisältö välttämättä edusta valtioneuvoston näkemystä.

Asiasanat tutkimus, tutkimustoiminta, merituulivoima, talousvyöhyke, merialuesuunnitelma, kaavoitus, merituulivoimapuisto, merenkulku, sähkömarkkinat

ISBN PDF 978-952-383-063-9

ISSN PDF 2342-6799

Julkaisun osoite <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-063-9>

Främjande av havsbaserad vindkraft i Finland

Publikationsserie för statsrådets utrednings- och forskningsverksamhet 2024:4

Utgivare Statsrådets kansli

Författare Vihavainen, Saari, Länsisalo, Tkachenko, Jaatinen, Väisänen, Lantta, Lehtoranta, Irrmann, Huhtanen, Semkin, Peltoniemi, Bonn, Nurminen-Piirainen, Pihlajasaari

Utarbetad av AFRY Management Consulting Oy, AFRY Finland Oy

Språk finska

Sidantal

243

Referat

Vindkraften spelar en betydande roll i Finlands mål att uppnå kolneutralitet senast år 2035. Enorm potential för produktion av ren el har identifierats i finska havsområden, vilket har synts som ökat intresse bland projektutvecklare för finska havsområden, både för territorialvatten och inom den finska ekonomiska zonen.

Syftet med studien är att presentera alternativ som främjar utvecklingen av havsbaserad vindkraft i Finland under marknadsvillkor, på ett kostnadseffektivt och hållbart sätt. Studien fokuserar på placering av havsbaserad vindkraft speciellt inom den ekonomiska zonen, projektens inverkan på annan aktivitet till havs, projektens ömsesidiga inverkan på varandra, samt möjligheter för havsbaserade priszoner för el.

En tydlig observation i studien är bristen på befintliga data för finska ekonomiska zonen. Kartläggning av data för havsområden inom den finska ekonomiska zonen som samarbete mellan myndigheterna och projektutvecklarna är viktig för att utföra havsplanering och konsekvensbedömning, vilket möjliggör en lyckad samordning av havsbaserad vindkraft med miljön och annan marin aktivitet.

Studiens resultat kommer att användas i bedömning av projekt för havsbaserad vindkraft inom den finska ekonomiska zonen, samt som bakgrundsmaterial för att stöda uppdateringsarbete inom havsplanering och för relevant lagstiftning.

Publikationen har genomgått en extern vetenskaplig utvärdering.

Publikation uppdaterades den 15 mars 2024, s. 19, 200, 201, 206, 224

Klausul

Den här publikation är en del i genomförandet av statsrådets utrednings- och forskningsplan. (tietokaytoon.fi) De som producerar informationen ansvarar för innehållet i publikationen. Textinnehållet återspeglar inte nödvändigtvis statsrådets ståndpunkt

Nyckelord

forskning, forskningsverksamhet, havsplanering, elmarknad, ekonomisk zon, havsområdesplan, planering, vindkraftspark till havs, sjöfart

ISBN PDF 978-952-383-063-9

ISSN PDF

2342-6799

URN-adress

<https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-063-9>

Promoting offshore wind in Finland

Publications of the Government's analysis, assessment and research activities 2024:4

Publisher Prime Minister's Office

Author(s) Vihavainen, Saari, Länsisalo, Tkachenko, Jaatinen, Väisänen, Lantta, Lehtoranta, Irrmann, Huhtanen, Semkin, Peltoniemi, Bonn, Nurminen-Piirainen, Pihlajasaari

Group author AFRY Management Consulting Oy, AFRY Finland Oy

Language Finnish

Pages 243

Abstract

Wind power plays a significant role in Finland's goal of achieving carbon neutrality by 2035. A huge potential for producing clean electricity has been identified in Finland's sea areas, and project developers' interest in Finland's sea areas has grown significantly, both in territorial waters and in the economic zone.

The aim of the report is to present ways to promote the market-based development of offshore wind power in Finland in a cost-effective and sustainable way. The subjects of the report are the placement of offshore wind power projects in the economic zone, the effects of the projects on other activities at sea, the mutual effects of the projects on each other, and alternatives for electricity bidding areas located in the maritime area.

One clear observation in the survey is the lack of existing information in Finnish territorial waters. Collecting marine information in Finland's economic zone in cooperation with authorities and project developers is important to enable maritime spatial planning and impact assessment, so that offshore wind power can be successfully coordinated with the environment and other maritime activities.

The results of the project will be used in the assessment of the placement of offshore wind power projects in the economic zone and as background material to support the updating work of maritime spatial planning and legislative work.

This publication has undergone an external scientific review.

Publication was updated on 15 March 2024, p. 19, 200, 201, 206, 224

Provision This publication is part of the implementation of the Government Plan for Analysis, Assessment and Research. (tietokayttoon.fi) The content is the responsibility of the producers of the information and does not necessarily represent the view of the Government.

Keywords research, research activities, offshore wind power, economic zone, maritime spatial plan, zoning, offshore wind farm, shipping, electricity market

ISBN PDF 978-952-383-063-9

ISSN PDF 2342-6799

URN address <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-063-9>

Sisältö

Esipuhe	10
1 Johdanto	11
1.1 Tutkimusmenetelmät ja aineistot.....	11
1.2 Menetelmien ja käytettyjen aineistojen keskeiset rajoitteet	15
1.3 Selvityksen rakenne	15
1.4 Työn ohjaus	16
2 Merituulivoimahankkeiden sijoittelu talousvyöhykkeelle	17
2.1 Kansainväliset ja valtakunnalliset merituulivoiman kehitystavoitteet.....	20
2.2 Talousvyöhykkeen epäselvä hallinnollinen kehys.....	22
2.2.1 Päälekkäiset tutkimusluvut	24
2.2.2 Aluehallintoviraston vesilupa	25
2.3 Suomen merialuesuunnitelma 2030.....	26
2.3.1 Merialuesuunnitelman potentiaaliset energiantuotantoalueet	30
2.4 Merituulivoima ja merialuesuunnitelma talousvyöhykkeellä	31
2.4.1 Tiedonpuute talousvyöhykkeellä	33
2.4.1.1 Merituulivoimaloiden vaikutukset meren virtauksiin.....	35
2.4.1.2 Geologisen aineiston alhainen kattavuus	36
2.4.1.3 Merituulivoimahankkeiden vaikutukset lintujen muuttoon	36
2.4.1.4 Merituulivoimahankkeiden vaikutukset kalojen vaellukseen.....	39
2.4.1.5 Tuulivoima jäätyvillä merialueilla	40
2.4.1.6 Vedyn tuotanto merituulivoimahankkeiden yhteydessä.....	41
2.4.2 Merialuesuunnitelman ja maakuntakaavoituksen yhteensovittaminen.....	42
2.4.3 Merituulivoimahankkeiden sijoittuminen merialuesuunnitelman potentiaalisten energiantuotantoalueiden ulkopuolelle	43
2.4.3.1 Merituulivoimateknologian kehitys	43
2.4.3.2 Hankkeiden suuri määrä	43
2.4.3.3 Merialuesuunnitelman potentiaaliset energiantuotantoalueet osittain aluevesillä ja osittain talousvyöhykkeellä	44
2.4.3.4 Merialuesuunnitelman potentiaaliset energiantuotantoalueet eivät sovellu kokonaan hankekehitykseen	46
2.4.3.5 Merialuesuunnitelman potentiaalisilta energiantuotantoalueilta poikkeamisen riskit	47
2.4.4 Yhteenveto ja johtopäätökset	48
2.5 Suomen merialuesuunnitelman päivittäminen.....	50
2.5.1 Laaja sidosryhmien osallistaminen.....	50

2.5.2	Tiedonkeruun tehostaminen ja vastuiden jakaminen.....	53
2.5.2.1	Suomen toiseen merialuesuunnitelmaan päivitettävät tiedot	54
2.5.2.2	Tiedonkeruun tehostaminen ja koordinointi	55
2.5.2.3	Uusien menetelmien hyödyntäminen.....	57
2.5.2.4	Meritieteellisen koulutuksen lisääminen	58
2.5.2.5	Merialuesuunnitelman päivityssykli	58
2.5.3	No go -lähestymistapa merialuesuunnitelmaan.....	59
2.5.4	Merialuesuunnitelmaan sitoutumisen lisääminen	62
2.5.5	Potentiaalisten energiantuotantoalueiden lisääminen	64
2.5.6	Kumulatiivisten ympäristövaikutusten arviointi osana merialuesuunnittelua	66
2.5.6.1	Kumulatiivisten vaikutusten arvioinnin haasteet YVA-menettelyssä.....	66
2.5.6.2	Kansallinen kumulatiivisten vaikutusten arviointi	67
2.5.6.3	Kansainvälinen kumulatiivisten vaikutusten arviointi.....	68
2.5.7	Yhteenvedo ja johtopäätökset	70
2.6	Hinnoittelumallit ja laadulliset kriteerit talousvyöhykkeelle.....	73
2.6.1	Hinnoittelumallit.....	73
2.6.1.1	Ajallinen aspekti	73
2.6.1.2	Hinnoittelun kohde	78
2.6.2	Laadulliset kriteerit.....	82
2.6.2.1	Vaihtoehdot laadullisten kriteerien arviointiprosessiksi	98
2.7	Yhteenvedo ja johtopäätökset.....	99
3	Merituulivoimahankkeiden vaikutukset muuhun toimintaan merellä.....	105
3.1	Merituulivoimahankkeiden vaikutukset merenkulkuun erityisesti talviolosuhteissa	106
3.1.1	Tunnistetut keskeiset vaikutukset merenkulkuun	107
3.1.1.1	Vaikutukset merenkulun liikennöintialueisiin	107
3.1.1.2	Vaikutukset merenkulkuun talviolosuhteissa	111
3.1.1.3	Vaikutukset merenkulun tutka- ja radiojärjestelmiin.....	114
3.1.1.4	Vaikutukset merenkulun turvallisuuteen ja meripelastuksen järjestämiseen	118
3.1.1.5	Hankkeiden koordinoinnin haasteet Suomen talousvyöhykkeellä	119
3.1.1.6	Hankkeiden koordinoinnin haasteet eri maiden välillä.....	120
3.1.1.7	Muut vaikutukset ja haasteet	120
3.1.2	Potentiaaliset vaikutuksien arviointi- ja mallinnusmenetelmät paremman tiedon tuottamiseksi päätösten pohjalle.....	121
3.1.2.1	Arviointi- ja mallinnusmenetelmien keskeisimmät kehitystarpeet.....	121
3.1.2.2	Nykyisen osaamisen ja menetelmien hyödyntäminen sekä yhteensovittaminen	123
3.1.3	Toimenpiteitä merenkulkuun kohdistuvien haitallisten vaikutuksien vähentämiseksi.....	126
3.1.3.1	Hankkeiden sijoitteluun liittyvät toimet.....	126
3.1.3.2	Yhteistyön ja tiedonvaihdon lisääminen.....	133
3.1.3.3	Viranomaisvaatimukset vaikutuksien arvioinnille.....	135
3.1.4	Yhteenvedo ja johtopäätökset	138
3.1.4.1	Tunnistetut keskeiset vaikutukset merenkulkuun	138
3.1.4.2	Potentiaaliset vaikutuksien arviointi- ja mallinnusmenetelmät paremman tiedon tuottamiseksi päätösten pohjalle.....	140

3.1.4.3	Toimenpiteitä merenkulkuun kohdistuvien haitallisten vaikutusten vähentämiseksi.....	141
3.2	Merituulivoimahankkeiden yhteensovittaminen Puolustusvoimien aluevalvonnan kanssa	142
3.2.1	Eri osapuolten näkemykset merituulivoiman ja aluevalvonnan yhteensovittamisesta.....	144
3.2.1.1	Lausuntoprosessi.....	144
3.2.1.2	Aluevalvontajärjestelmä	148
3.2.1.3	Merituulivoimahankkeiden sijoittelu	152
3.2.1.4	Merituulivoimahankkeiden hallinnointi	153
3.2.1.5	Yhteensovittaminen kansainvälisesti	154
3.2.2	Yhteenvedo ja johtopäätökset	155
3.3	Merituulivoimahankkeiden vaikutukset vedenalaiseen luontoon, kalastoon ja kalastukseen.....	160
3.3.1	Tunnistetut keskeiset vaikutukset vedenalaiseen luontoon, kalastoon ja kalastukseen	161
3.3.1.1	Keskeiset rakentamisen aikaiset vaikutukset	161
3.3.1.2	Keskeiset käytön aikaiset vaikutukset.....	165
3.3.1.3	Vaikutukset hankkeiden elinkaaren päässä	171
3.3.1.4	Yleiset haasteet yhteensovittamiselle	172
3.3.2	Potentiaaliset vaikutusten kartoittamisen ja arvioinnin menetelmät paremman tiedon tuottamiseksi päätöksenteon tueksi	175
3.3.2.1	Vedenalaisen luonnon potentiaaliset vaikutusten kartoittamisen ja arvioinnin menetelmät.....	175
3.3.2.2	Kalaston potentiaaliset kartoitus- ja vaikutusarvioinnin menetelmät	177
3.3.2.3	Kalastuksen potentiaaliset vaikutusten kartoittamisen ja arvioinnin menetelmät...	178
3.3.2.4	Vaikutusten kartoittamisen ja arvioinnin menetelmien kehittäminen yleisesti	178
3.3.3	Toimenpiteitä vedenalaiseen luontoon, kalastoon ja kalastukseen kohdistuvien haitallisten vaikutusten vähentämiseksi.....	182
3.3.3.1	Hankkeiden sijoitteluun liittyvät ehkäisevät toimet	182
3.3.3.2	Rakennustöiden aikaiset vaikutusten vähentämisen toimet.....	183
3.3.3.3	Toiminta hankkeiden elinkaaren päättyessä	184
3.3.3.4	Elinkeinotoiminnan haitallisten vaikutusten minimointi	184
3.3.4	Yhteenvedo ja johtopäätökset	185
3.3.4.1	Tunnistetut keskeiset vaikutukset vedenalaiseen luontoon, kalastoon ja kalastukseen.....	185
3.3.4.2	Potentiaaliset vaikutusten kartoittamisen ja arvioinnin menetelmät paremman tiedon tuottamiseksi päätösten pohjalle	186
3.3.4.3	Toimenpiteitä vedenalaiseen luontoon, kalastoon ja kalastukseen kohdistuvien haitallisten vaikutusten vähentämiseksi	188
4	Merituulivoimahankkeiden keskinäiset vaikutukset.....	190
4.1	Hankkeiden keskinäiset vaikutukset.....	193
4.1.1	Jättövanaan liittyvät tutkimukset	194
4.1.2	Jättövanan huomiointi sijoittelussa	198
4.2	Vaikutus sähköjärjestelmään.....	199
4.2.1	Suomen sähköjärjestelmä	199

4.2.2	Merituulivoiman liittämisen edellytykset Suomessa.....	202
4.2.2.1	Liittymisjohto	202
4.2.2.2	Liittymispiste ja verkonhaltijan velvollisuus liittää voimalaitos.....	203
4.2.2.3	Liittymisjohdon lupamenettely	204
4.2.2.4	Sähköjärjestelmän mitoitus	205
4.2.3	Merituulivoiman liittämisen edellytykset muissa maissa	206
4.2.4	Merituulivoiman liittämisen vaihtoehdot	207
4.2.4.1	Merituulivoiman liittäminen sähköverkkoon.....	207
4.2.4.2	Merituulivoiman liittäminen suoraan kulutukseen	209
4.2.4.3	Merituulivoiman liittäminen osaksi vetyverkkoja	210
4.3	Yhteenveto ja johtopäätökset.....	212
5	Mahdolliset hinta-alueet merellä	213
5.1	Hinta-alueet merellä.....	214
5.1.1	Hinta-alueet ja niiden toimintamalli.....	215
5.1.1.1	Pullonkaulatulot	215
5.1.1.2	Vientialueet.....	216
5.1.2	Hinta-alueiden muutosprosessi.....	217
5.1.3	Erillisten hinta-alueiden vaikutukset yleisesti merituulivoimahankkeisiin ja muihin verkonkäyttäjiin.....	218
5.2	Analyyssi hinta-alueiden tarpeellisuudesta Suomessa	219
5.2.1	Mallinnuksen lähtöarvot ja oletukset	219
5.2.2	Mallinnuksen tulokset.....	221
5.2.2.1	Perusskenaario	222
5.2.2.2	Rajoitettu kapasiteetti	223
5.2.2.3	Hybridi hinta-alue	224
5.2.2.4	Tulosten yleisesittelyt ja päätelmät	225
5.3	Yhteenveto ja johtopäätökset.....	227
6	Lähteet.....	229

ESIPUHE

Tämä selvitys on toteutettu osana Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoimintaa maaliskuun 2023 ja tammikuun 2024 aikana. Työn tavoitteena on ollut edistää merituulivoiman markkinaehtoista kehitystä Suomessa. Suomen alue- ja talousvesivyöhykkeillä on valtava potentiaali tuottaa tulevaisuudessa puhdasta sähköä. Aluevesillä onkin jo olemassa Metsähallituksen ylläpitämä malli merialueiden hyödyntämiseen merituulivoiman osalta. Tämä työ keskittyy talousvyöhykkeeseen ja tarjoaa monipuolisen katsauksen merituulivoiman edistämiseen.

Selvityksessä on käytetty apuna alan uusinta tutkimusta, AFRY:n omaa asiantuntemusta sekä laajaa sidosryhmäjoukkoa, joita on haastateltu työn aikana. Suuret kiitokset kaikille haastatelluille, teitä oli lopulta yli 50 henkilöä!

Työssä oli asiantuntevana ohjausryhmä, jonka vetäjänä toimi Outi Vilén työ- ja elinkeinoministeriöstä. Muut ohjausryhmän jäsenet olivat Elina Hautakangas, Tuuli Oikarinen, Olli Salo ja Tatu Pahkala työ- ja elinkeinoministeriöstä, Hanna-Maria Urjankangas ja Satu Kaskinen liikenne- ja viestintäministeriöstä, Leena Arpiainen maa- ja metsätalousministeriöstä, Soile Hartikka, Sanna Jylhä ja Tiina Tihlman ympäristöministeriöstä, ja Joonas Laito sekä Anu Sallinen puolustusministeriöstä. Lämpimät kiitokset ohjausryhmälle erinomaisesta ohjauksesta ja menestystä merituulivoimaa edistäviin muutostöihin!

Petri Vihavainen
Projektipäällikkö, AFRY Management Consulting Oy

1 Johdanto

Suomen pitkän aikavälin tavoitteena on hiilineutraali yhteiskunta. Tavoite on teollisuuden ja muiden toimialojen osalta saavutettavissa olemassa olevilla tai näköpiirissä olevilla teknologioilla edellyttäen, että investointiympäristö on suotuisa. Maalle rakennetun tuulivoiman valtava kasvu ja teknologian kehittyminen siirtävät katsetta merelle ja merituulivoiman hyödyntämiseen. Merituulivoima on tunnistettu ilmasto- ja energiastrategien tiekartoissa yhdeksi teknologisista ratkaisuista vähähiilisuuden edistämiseksi. Myös Suomen pääministeri Petteri Orpon hallitus on hallitusohjelmassaan vuonna 2023 luvannut määrittää kunnianhimoisen tavoitteen merituulivoiman kapasiteetille vuonna 2035 ja luoda Suomelle kilpailuedun suhteessa Itämeren maihin, jotta Suomeen saadaan suuria merituulivoimahankkeita.

Tämän selvityksen päätavoitteena on edistää merituulivoiman markkinaehtoista kehitystä Suomessa kustannustehokkaalla ja kestäväällä tavalla. Selvityksen kohteena ovat hankkeiden sijoittelussa huomioon otettavat tekijät potentiaalinen tehokkuus hyödyntämiseksi (Luku 2), hankkeiden vaikutukset muuhun toimintaan merellä (Luku 3), merituulivoimahankkeiden keskinäiset vaikutukset toisiinsa (Luku 4) sekä merialueella sijaitsevien sähkön hinta-alueiden sääntelyvaihtoehdot (Luku 5).

Hankkeen tuloksia hyödynnetään merituulivoimahankkeiden sijoittelua koskevassa arvioinnissa talousvyöhykkeellä sekä taustamateriaalina tukemaan merialue-suunnittelun päivitystyötä ja lokakuussa 2023 käynnistynyttä lainsäädäntöhanketta, jossa Suomen talousvyöhykkeeseen kuuluvia vesialueita koskeva lainsäädäntö, lupaprosessit sekä korvaus- ja veroasiat määritellään sekä yhteensovitetään aluevesillä ja maa-alueilla toteutettavien hankkeiden pelisääntöjen kanssa.

1.1 Tutkimusmenetelmät ja aineistot

Selvityksessä on hyödynnetty laajoja asiantuntija- ja sidosryhmähaastatteluja, alan kirjallisuutta sekä tutkimuksia sekä AFRYn asiantuntijanäkemyksiä. Haastattelut olivat asiantuntijahaastatteluja, joihin osallistui laajasti keskeisten eri merellisten toimintojen sidosryhmien edustajia. Haastattelukysymykset valittiin AFRYn asiantuntijoiden näkemyksen sekä alan viimeaikaisten tutkimusaiheiden perusteella

yhteistyössä selvitystä ohjaavan ohjausryhmän kanssa. Haastattelukysymyksiä valmisteltiin kutakin haastattelua varten noin 10–20 kappaletta. Haastattelujen tavoitteena oli kartoittaa merituulivoiman vaikutuksia kuhunkin työn osakokonaisuuteen. Haastateltuja sidosryhmiä oli yhteensä 31 kappaletta, edustaen viranomaisia, hankekehittäjiä, ministeriön virkahenkilöitä, järjestöjä ja muita toimijoita (Taulukko 1-1).

Haastattelut toteutettiin kevään ja syksyn 2023 aikana puolistrukturoidulla menetelmällä. Puolistrukturoitu haastattelu on yhteiskuntatieteissä yleisimmin käytetty tutkimusmenetelmä, ja avoimempi kuin strukturoitu haastattelu, sillä strukturoidussa haastattelussa seurataan tarkkaa kysymyssarjaa, josta ei pääse poikkeamaan. Puolistrukturoitu menetelmä koettiin parhaaksi menetelmäksi tähän työhön, jotta haastatteluissa säilyi ennalta valmisteltujen kysymysten ohella vapaus keskustella aiheista myös vapaammin. Suurin osa kysymyksistä esitettiin kaikille sidosryhmille, ja lisäksi sidosryhmästä riippuen valittiin kullekin sopivat lisäkysymykset. Haastattelun lopussa annettiin haastateltaville mahdollisuus nostaa esiin aiheita, joita ei ollut vielä käsitelty. Haastattelut toteutettiin pääasiassa etäyhteyksien välityksellä. Muutama haastateltavista halusi vastata kysymyksiin kirjallisesti ja/tai täydentää vastauksiaan vielä jälkeenpäin kirjallisesti.

Haastatteluaineistoja käsiteltiin konsultin sisäisissä asiantuntijatyöpajoissa ja työn tausta-aineistona luottamuksellisesti siten, ettei vastauksia voida raportilla yhdistää haastateltavaan vaan vastaukset on yleistetty. Työssä ei ole korostettu minkään yksittäisen sidosryhmän näkökulmia, vaan on pyritty kehittämään merituulivoiman edistämisen kannalta parasta kokonaisratkaisua huomioiden lainsäädännön ja muun sääntelyn rajoitteet.

Taulukko 1-1: Haastatellut sidosryhmät selvityksen eri osioissa

Haastatellut sidosryhmät	Hankkeiden sijoittelu talousvyöhykkeelle	Hankkeiden vaikutukset muuhun toimintaan merellä	Hankkeiden keskinäiset vaikutukset	Mahdolliset hinta-alueet merellä
Arctia	Ei mukana osiossa	Mukana osiossa	Ei mukana osiossa	Ei mukana osiossa
Energiäteollisuus	Ei mukana osiossa	Ei mukana osiossa	Mukana osiossa	Ei mukana osiossa
Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus	Mukana osiossa	Mukana osiossa	Ei mukana osiossa	Ei mukana osiossa

Haastatellut sidosryhmät	Hankkeiden sijoittelu talusvyö- hykkeelle	Hankkeiden vaikutukset muuhun toimintaan merellä	Hankkeiden keskinäiset vaikutukset	Mahdolliset hinta-alueet merellä
Etelä-Suomen aluehallintovirasto	Mukana osiossa	Ei mukana osiossa	Ei mukana osiossa	Ei mukana osiossa
Fingrid	Ei mukana osiossa	Ei mukana osiossa	Mukana osiossa	Ei mukana osiossa
Fintraffic Meriliikenteen- ohjaus (Länsi- Suomen meri- liikennekeskus)	Ei mukana osiossa	Mukana osiossa	Ei mukana osiossa	Ei mukana osiossa
Finnpilot Pilotage (luotsit)	Ei mukana osiossa	Mukana osiossa	Ei mukana osiossa	Ei mukana osiossa
Hankekehittäjä - Eolus	Mukana osiossa	Ei mukana osiossa	Mukana osiossa	Ei mukana osiossa
Hankekehittäjä - OX2	Mukana osiossa	Mukana osiossa	Mukana osiossa	Ei mukana osiossa
Hankekehittäjä - Skyborn Renewables	Mukana osiossa	Mukana osiossa	Mukana osiossa	Ei mukana osiossa
Hankekehittäjä - Suomen Hyötytuuli	Mukana osiossa	Mukana osiossa	Ei mukana osiossa	Ei mukana osiossa
Kalatalous- viranomainen (Lapin ELY-keskus)	Mukana osiossa	Mukana osiossa	Ei mukana osiossa	Ei mukana osiossa
Kalatalous- viranomainen (Varsinais-Suomen ELY-keskus)	Mukana osiossa	Mukana osiossa	Ei mukana osiossa	Ei mukana osiossa
Liikenne- ja viestintäministeriö	Mukana osiossa	Mukana osiossa	Ei mukana osiossa	Ei mukana osiossa
Luonnonvarakeskus	Mukana osiossa	Mukana osiossa	Ei mukana osiossa	Ei mukana osiossa
Merialue- suunnittelu-yhteis- työn koordinaattori	Mukana osiossa	Ei mukana osiossa	Ei mukana osiossa	Ei mukana osiossa

Haastatellut sidosryhmät	Hankkeiden sijoittelu talousvyö- hykkeelle	Hankkeiden vaikutukset muuhun toimintaan merellä	Hankkeiden keskinäiset vaikutukset	Mahdolliset hinta-alueet merellä
Metsähallitus	Mukana osiossa	Mukana osiossa	Mukana osiossa	Ei mukana osiossa
Pohjois- Pohjanmaan ELY- keskus	Mukana osiossa	Mukana osiossa	Ei mukana osiossa	Ei mukana osiossa
Pohjois-Suomen aluehallintovirasto	Mukana osiossa	Ei mukana osiossa	Ei mukana osiossa	Ei mukana osiossa
Puolustusministeriö	Mukana osiossa	Mukana osiossa	Ei mukana osiossa	Ei mukana osiossa
Puolustusvoimat (Puolustusvoimien pääesikunta)	Ei mukana osiossa	Mukana osiossa	Ei mukana osiossa	Ei mukana osiossa
Rajavartiolaitos	Ei mukana osiossa	Mukana osiossa	Ei mukana osiossa	Ei mukana osiossa
Suomen Ammatti- kalastajaliitto	Mukana osiossa	Mukana osiossa	Ei mukana osiossa	Ei mukana osiossa
Suomen tuulivoima- yhdistyksen merituulivoima- valiokunta	Mukana osiossa	Ei mukana osiossa	Ei mukana osiossa	Ei mukana osiossa
Suomen Varustamot	Ei mukana osiossa	Mukana osiossa	Ei mukana osiossa	Ei mukana osiossa
Suomen ympäristö- keskus	Mukana osiossa	Mukana osiossa	Ei mukana osiossa	Ei mukana osiossa
Teknologian tutkimuskeskus VTT	Mukana osiossa	Mukana osiossa	Ei mukana osiossa	Ei mukana osiossa
Traficom (Liikenne- ja viestintävirasto)	Mukana osiossa	Mukana osiossa	Ei mukana osiossa	Ei mukana osiossa
Työ- ja elinkeino- ministeriö	Mukana osiossa	Ei mukana osiossa	Mukana osiossa	Mukana osiossa
Väylävirasto	Mukana osiossa	Mukana osiossa	Ei mukana osiossa	Ei mukana osiossa
Ympäristöministeriö	Mukana osiossa	Mukana osiossa	Ei mukana osiossa	Ei mukana osiossa

Alan kirjallisuutta sekä tutkimuksia on käytetty taustoittamaan, tukemaan ja täydentämään haastateltujen asiantuntijoiden näkemyksiä mahdollisimman kattavan selvityksen tuottamiseksi. Kirjallisuuteen ja tutkimuksiin on viitattu työssä lähdeviitein, ja kattava lähdeluettelo työssä käytetyistä aineistoista on tarkasteltavissa raportin lopussa.

1.2 Menetelmien ja käytettyjen aineistojen keskeiset rajoitteet

Raportilla esitetyt havainnot nojaavat vahvasti asiantuntijahaastatteluista kerättyihin näkemyksiin, joita on soveltuvin osin täydennetty alan kirjallisuuskatsauksella sekä AFRY:n omien asiantuntijoiden näkemyksillä. Haastateltavien sidosryhmien valinnassa on pyritty mahdollisimman kattavaan ja monipuoliseen aiheiden käsittelyyn käytettävissä olevien resurssien rajoissa. Haastattelujen tai muiden käytettyjen aineistojen laajentaminen olisi voinut lisätä uusia tai eroavia näkökulmia työhön, mutta emme oleta tämän rajoitteen muuttavan työssä esitettyjä keskeisiä suosituksia.

Hankekehittäjät ovat tuoneet vahvasti esille talousvyöhykelain tulkinnan epäselvyyden liittyen mm. hyödyntämisoikeuteen. Asiaa ei käsitellä tässä selvitystyössä, koska hallitusohjelmassa on linjattu talousvyöhykkeellä sijaitsevan merituulivoimaa koskevan lainsäädäntöhankkeen toteuttaminen ja lakihankkeen valmistelu on käynnistynyt lokakuussa 2023. Tämän työn puitteissa kerätyt näkemykset hankekehittäjien suunnalta on kuitenkin toimitettu viranomaisen tausta-aineistoksi lainsäädäntötyötä varten huomioiden edellä mainittu luottamuksellisuus ja vastausten yleistäminen.

1.3 Selvityksen rakenne

Selvitys pitää sisällään neljä eri osiota. Selvityksen laajuuden vuoksi työn jokainen osio on pyritty rakentamaan itsenäisesti ymmärrettäväksi kokonaisuudeksi, ja on siten luettavissa osio kerrallaan. Rakenteen selkeyden vuoksi selvityksen tutkimuskysymykset löytyvät kunkin osion alusta. Jokaisen osion lopusta löytyvät myös johtopäätökset, jotka esittelevät kunkin osion tärkeimmät löydökset ja kehittämiskohteet.

Raportilla eri lähteistä kerätyt näkemykset on tarkoituksenmukaisesti esitetty tekstissä limittäin, jotta kunkin aihekokonaisuuden käsittely on säilynyt eheänä. Työssä on eroteltu kirjallisuudesta ja tutkimuksesta tulleet tiedot lähdeviitteillä. Haastatteluista tulleet näkemykset on tekstissä esitetty siten, että tekstissä viitataan asiantuntijahaastatteluihin. Muut esitetyt näkemykset edustavat AFRY:n työryhmän näkemyksiä aiheesta.

1.4 Työn ohjaus

Selvityksen tekoa ohjasi ohjausryhmä, joka koostui työ- ja elinkeinoministeriön, liikenne- ja viestintäministeriön, ympäristöministeriön sekä puolustusministeriön viranomaisista. Ohjausryhmä kokoontui selvityksen aikana yhteensä kahdeksan kertaa. Ohjausryhmän tehtävänä oli määrittää työn laajuus yhdessä konsulttiyhtiö AFRY:n kanssa, hyväksyä selvityksen tutkimuskysymykset, tuoda omia näkemyksiään selvitykseen sekä tietysti ohjata työn edistymistä.

2 Merituulivoimahankkeiden sijoittelu talusvyöhykkeelle

Merituulivoiman hankekehittäjien kiinnostus Suomen merialueita kohtaan on kasvanut viime aikoina niin aluevesien kuin talusvyöhykkeen osalta. Suomen talusvyöhyke käsittää Suomen aluevesiin välittömästi liittyvän merialueen, jonka ulkoraja määräytyy Suomen vieraiden valtioiden (Ruotsin, Viron ja Venäjän) kanssa tekemien sopimusten mukaisesti ja jonka ulkorajan sijainti osoitetaan valtioneuvoston asetuksella. Talusvyöhyke perustuu YK:n merioikeusyleissopimukseen¹. Omien aluevesien lisäksi Suomella on täydet oikeudet luonnonvaroihin ja taloudelliseen hyödyntämiseen myös talusvyöhykkeellä. Myös talusvyöhykkeen meriympäristön suojeluun sovelletaan Suomen lakia. Talusvyöhykkeellä toimitaan Suomen talusvyöhykkeestä annetun lain (1058/2004) mukaisesti. Suomen lait eivät kaikilta osin sovellu talusvyöhykkeellä, eikä Suomi voi esim. rajoittaa kansainvälistä liikennettä talusvyöhykkeellä. Talusvyöhykkeelle suunniteltavien hankkeiden osalta on huomioitava tarpeellisessa määrin myös kansainvälinen oikeus. Vyöhykkeen taloudellinen hyödyntäminen on mahdollista valtioneuvoston suostumuksella. Muut valtiot voivat Suomen talusvyöhykkeellä muun muassa harjoittaa merenkulkua, lentää vyöhykkeen yli sekä laskea vyöhykkeelle merenalaisia kaapeleita ja putkistoja. Lisäksi muilla valtioilla on oikeus käyttää talusvyöhykkeen merta muulla tavoin, silloin kun käyttö liittyy kansainvälisessä oikeudessa hyväksytyyn meren käyttöön ja on sopusoinnussa Yhdistyneiden kansakuntien merioikeusyleissopimuksen määräysten kanssa. Talusvyöhykkeen taloudellista hyödyntämistä koskeva lupaprosessi on tähän asti koskenut lähinnä infrastruktuurihankkeita, kuten merikaapeli- ja putkihankkeita, ja nykyinen lainsäädäntö ei kunnolla huomioi merituulivoiman erityispiirteitä.

Tässä osakokonaisuudessa on käsitelty merituulivoimahankkeiden sijoittelua talusvyöhykkeelle sekä merialuesuunnitelman kehityskohteita. Talusvyöhykkeelle on suunnitteilla useita merituulivoimahankkeita, jotka sijoittuvat osin tai kokonaan muualle kuin merialuesuunnitelmassa osoitetuille potentiaalisille energiantuotantoalueille. Työssä selvitettiin, mitkä tekijät ovat määritelleet hankekehittäjien aluevalintoja, mitä haittaa hankkeiden sijainnista merialuesuunnitelman

1 YK:n merioikeusyleissopimus: [[https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:21998A0623\(01\)&from=NL](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:21998A0623(01)&from=NL)]

potentiaalisten energiantuotantoalueiden ulkopuolella on ja mitä hyötyjä ja haittoja talousvyöhykkeelle rakentamisessa nähdään. Työssä pohdittiin sitä, miten parhaillaan päivitettävä Suomen toinen merialuesuunnitelma voisi vastata nopeaan merituulivoimakehitykseen huomioiden samalla kestäväyyden ja eri toimintojen yhteensovittamisen. Lisäksi selvitettiin, miten merituulivoimahankkeiden kumulatiivisten vaikutusten arviointia tulisi käytännössä toteuttaa.

Talousvyöhykkeellä sijaitsevaa merituulivoimaa koskevassa lainsäädäntöhankkeessa tarkastellaan kilpailutusvaihtoehtoa, joten tässä luvussa on käsitelty myös erilaisia hinnoittelumalleja talousvyöhykkeelle sekä laadullisia kriteerejä, joita voidaan käyttää hankekehittäjiin kilpailutuksessa tarjoushinnan lisäksi yksinoikeuden myöntämisen yhteydessä. Osakokonaisuudessa on yhteensä yhdeksän tutkimuskysymystä (Taulukko 2-1).

Taulukko 2-1: Tutkimuskysymykset.

Tutkimuskysymykset

1. Miksi vireillä olevien merituulivoimahankkeiden alueet sijoittuvat osin tai täysin muualle kuin merialuesuunnitelman potentiaalisille energiantuotantoalueille ja mitä ongelmia hankkeiden sijainti näiden alueiden ulkopuolella voisi aiheuttaa? Pitäisikö merialuesuunnitelman sitovuutta lisätä, jotta se ohjaisi paremmin merellisten toimintojen sijaintia?
2. Miten merialuesuunnitelman potentiaaliset energiantuotantoalueet tunnistettaisiin jatkossa paremmin ja miten merialuesuunnitelman päivitys saadaan vastaamaan kasvavaa merituulivoiman tarvetta ja merituulivoimateknologian nopeaa kehitystä samalla huomioiden eri merellisten toimintojen yhteensovittaminen?
3. Mitä etuja ja haittoja talousvyöhykkeelle rakentamisessa nähdään aluevesiin verrattuna?
4. Kuinka kattavaa on ollut merialuesuunnitelman taustatietona käytetty talousvyöhykkeeltä kerätty aineisto (biologinen, fysikaalinen, geologinen, taloudellinen ja yhteiskunnallinen) ja miten aineistojen kattavuutta voidaan parantaa?

5. Tuleeko merituulivoimahankkeiden kumulatiivisten vaikutusten arvioiminen koko Itämeren tai laajemmallekin alueelle tehdä yksittäisten hankkeiden YVA-prosessissa vai olisiko yksi vaihtoehto valtakunnallinen tai kansainvälinen, viranomaisvetoinen kumulatiivisten vaikutusten selvitys?
6. Mitä laadullisia tekijöitä tulisi painottaa, jos etusijamenettely luotaisiin?
7. Millaisia hinnoittelumalleja olisi mahdollista ottaa käyttöön talousvyöhykkeellä lupien myynnissä merituulivoimahankkeille?
8. Minkälainen tuotantovaiheessa oleviin merituulivoimaloihin kohdistuva verotusmalli tai muu veroluonteinen maksu olisi mahdollista ottaa käyttöön talousvyöhykkeellä?
9. Miten erilaiset hinnoittelumallit voivat vaikuttaa hankekehittäjien tekemiin päätöksiin ja insentiveihin?

Työn toisen luvun taustoittavaksi materiaaliksi selvitettiin merialuesuunnittelun tausta-aineistoja, suunnittelua ohjaavaa lainsäädäntöä sekä suunnittelu-prosessin kulkua, vireillä olevia ympäristövaikutusten arviointimenettelyjä (YVA-menettelyjä) sekä vireillä olevia ja jo ratkaistuja valtioneuvoston (VN) tutkimuslupia ja niiden aineistoja julkisilta osin sekä muiden eurooppalaisten maiden lainsäädäntöä ja menetelmiä yksinoikeuden myöntämisperusteiksi. Lisäksi tehtiin paikkatietotarkastelu Suomen, Ruotsin ja Ahvenanmaan vireillä olevien merituulivoimahankkeiden sijainnista suhteessa merialuesuunnitelmien potentiaaliin energiantuotantoalueisiin. Taustatiedon pohjalta suoritettiin asiantuntija-haastatteluja, joihin osallistui laajasti eri merellisten sidosryhmien edustajia. Haastattelujen tavoitteena oli saada eri toimijoiden näkemys merialuesuunnitelman kehityskohteista merituulivoiman ja muun merenkäytön yhteensovittamisessa. Haastateltuja henkilöitä tähän osioon oli 32 edustaen viranomaisia, hankekehittäjiä, ministeriön virkahenkilöitä ja järjestöä. Lisäksi toteutettiin ministeriöiden yhteinen työpaja, jossa keskusteltiin työn aikana nousseista erityisen kiinnostavista aiheista.

2.1 Kansainväliset ja valtakunnalliset merituulivoiman kehitystavoitteet

EU-maat ovat sitoutuneet saavuttamaan ilmastoneutraaliuden vuoteen 2050 mennessä täyttämällä Pariisin sopimuksen mukaiset sitoumuksensa. Euroopan vihreän kehityksen ohjelmalla EU pyrkii saavuttamaan tämän tavoitteen. Jotta tavoitteisiin päästään, edellyttää se merituulivoimateollisuuden laajentamista 300 gigawattiin vuoteen 2050 mennessä (Euroopan komissio, COM 741, 2020; Euroopan komissio, COM 562, 2020). Tähän arvioidaan riittävän alle 3 % Euroopan meripinta-alasta (Euroopan komissio, COM 380, 2020).

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/2001 uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä (RED II) on saatettu osaksi kansallista lainsäädäntöä. Sen mukaan uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian osuus on vähintään 32 prosenttia unionin energian kokonaisloppukulutuksesta vuonna 2030. RED II tavoitteet ovat lisäksi kiristymässä, sillä RED III direktiivimuutoksessa tavoitteeksi on asetettu 42,5 prosenttia uusiutuvista lähteistä peräisin olevaa energiaa. Jäsenvaltiot ovat asettaneet kansalliset panoksensa unionin yleistavoitteen saavuttamiseksi osana jäsenvaltioiden yhdenmetyä kansallisia energia- ja ilmasto-suunnitelmia hallintomalliasetuksessa (EU) 2018/1999 vahvistetun hallintoprosessin mukaisesti. Suomi on ilmoittanut tavoittelevansa vähintään 51 prosentin uusiutuvan energian osuutta vuonna 2030. Uusiutuvan energian lisäystavoitteita ja keinoja linjataan kansallisissa ilmasto- ja energiastrategioissa, ja Suomen tavoitteena on, että vuoteen 2035 mennessä olisi useita teollisen kokoluokan merituulivoimahankkeita rakennettuna sekä aluevesille, että talousvyöhykkeelle (TEM, 2022).

Suomi ei ole vielä määrittänyt selkeitä kansallisia yhteisiä tavoitteita merituulivoiman kokonaismäärän osalta. Pääministeri Petteri Orpon hallituksen ohjelmassa kirjataan kuitenkin kunnianhimoisten tavoitteiden määrittämisestä merituulivoiman kapasiteetille vuodelle 2035. Merituulivoiman kehittämisen kannalta edellä mainitut tavoitteet tulisi määritellä mahdollisimman pian hallituskauden alussa, jotta saavutetaan määritelty tuulivoimakapasiteetti huomioiden merituulivoiman hidas hankekehitys.

Sininen kasvu on keskeinen osa EU:n yhdenmetyä meripolitiikkaa, jolla pyritään edistämään kaikkien meriin liittyvien toimintojen ja rannikkoalueiden kestävä kehitystä parantamalla valtameriin, meriin, saariin, rannikkoalueisiin ja syrjäisiin alueisiin sekä merialoihin vaikuttavien politiikkatoimien koordinoitua ja kehittämällä monialaisia välineitä (Euroopan komissio, 2007). Merialuesuunnittelu-direktiivillä (2014/89/EU) luodaan merten aluesuunnittelulle puitteet, joilla pyritään edistämään merialueiden talouden kestävä kasvua, merialueiden kestävä

kehitystä ja merialueiden luonnonvarojen kestävää käyttöä. Meristrategiapuite-direktiivissä (2008/56/EY) esitetään EU:n yhteinen lähestymistapa ja tavoitteet meriympäristön säilyttämiseksi ja suojaamiseksi sekä ihmisten haitallisen toiminnan aiheuttamien paineiden ja vaikutusten ennaltaehkäisemiseksi ja varmistetaan meriympäristön kestävä käyttö ekosysteemilähtöisen lähestymistavan avulla.

Fingridin Merellä tuulee -skenaarion mukaan tuulivoiman kapasiteetti kasvaa aluksi tasaista yli 1 000 MW (1 GW) vuosivauhtia, ylittäen 10 000 MW 2020-luvun loppupuolella (Fingrid, 2021). Tämän jälkeen kasvuvauhti kiihtyy ja 20 000 MW saavutetaan vuonna 2035. 2020-luvun alkupuolella tuulivoimaa on rakennettu pääasiassa maalle, mutta vähitellen merituulivoiman rakentamisesta on tullut kannattavampaa kuin maatuulivoiman rakentamisesta. Vuonna 2035 meri- ja maatuulivoimakapasiteetin määrät ovat molemmat noin 10 000 MW, ja vuoteen 2045 mennessä merituulivoiman (20 000 MW) määrä on kapasiteetilla mitattuna kasvanut kaksinkertaiseksi maatuulivoimaan (10 000 MW) verrattuna ja energialla mitattuna vielä suuremmaksi.

Metsähallitus on jo kilpailuttanut lokakuuhun 2023 mennessä yhden merituulivoimapuiston Korsnäsin edustalle, jonka nimellisteho on 2 500 MW. Lisäksi Metsähallitus on tuomassa kilpailutukseen vuosina 2023 ja 2024 yhteensä neljä uutta hanketta. Kilpailutus kestää Metsähallituksen arvion mukaan noin vuoden. Edellä mainittujen uusien alueiden myötä on tavoitteena tuottaa 3 GW uutta merituulivoimaa Suomeen (Metsähallitus, 2023). Kun laskee yhteen edellä mainitut Metsähallituksen tavoitteet, saadaan noin 5,5 GW uutta merituulivoimaa.

EU:n meristrategian mukaan merituulivoiman välttämätön lisäys vaatii vähemmän kuin 3 % Euroopan meripinta-alasta, joten kehitys on EU:n biodiversiteettistrategian (Euroopan komissio, COM 380, 2020) mukaista (Euroopan komissio, COM 741, 2020).

EU:n biodiversiteettistrategian tavoitteena on pysäyttää luontokato ja kääntää luonnon monimuotoisuuden kehitys myönteiseksi vuoteen 2030 mennessä. Jäsenmaat ovat sitoutuneet 17 avaintavoitteeseen, jotta tavoite saavutetaan. Kolme tavoitteista liittyy luonnonsuojelualueverkostoon. Tavoitteita ovat mm.

- suojelupinta-alan kasvattaminen niin, että 30 prosenttia EU:n maa-alueista ja 30 prosenttia merialueista on oikeudellisen suojelun piirissä
- 30 %:n suojelutavoitteesta tiukan suojelun piirissä on vähintään 1/3, mukaan lukien kaikki jäljellä olevat vanhat ja luonnontilaiset metsät
- kaikkien suojelualueiden hoidon tehostaminen

14 muuta tavoitetta liittyvät elinympäristöjen tilan parantamiseen suojelualueilla ja niiden ulkopuolella. Jäsenmaat sitoutuvat mm. pysäyttämään luonto- ja lintu-direktiivien liitteiden lajien ja luontotyyppien heikkenemisen vuoteen 2030 mennessä. Osana EU:n biodiversiteettistrategiaa on vireillä ennallistamisasetuksen valmistelu. Ennallistamisasetusehdotuksen tavoitteena on parantaa luonnon tilaa laajasti eri ympäristöissä sekä suojelualueilla että niiden ulkopuolella. Ennallistaminen ei siis tarkoita pelkästään suojelua, vaan myös tapoja vahvistaa luontoarvoja. Ennallistettava alue voi säilyä talouskäytössä tai vaikkapa osana kaupunkiympäristöä.

2.2 Talousvyöhykkeen epäselvä hallinnollinen kehys

Aluevesillä hallinnollinen kehys on erilainen kuin talousvyöhykkeellä. Suomessa on luvitettu lokakuuhun 2023 mennessä kaksi merenpohjaan perustettavaa merituulivoimapuistoa, joista vain toinen Suomen Hyötytuuli Oy:n Porin Tahkoluoto on rakennettu ja sen kymmenen tuulivoimalan tuotanto on alkanut vuonna 2017 (yksi voimala on ollut toiminnassa vuodesta 2010). Uusiutuvaa energiaa kehittävä yhtiön wpd Finland Oy:n Suurhiekan merituulivoimapuisto on luvitettu, mutta ei toistaiseksi ole rakennettu. Molemmat edellä mainitut alueet sijaitsevat Metsähallituksen hallinnassa olevilla valtion vesialueilla, joille tuulivoimatoimijat ovat solmineet vuokrasopimukset. Suomen Hyötytuuli Oy:llä on lisäksi lainvoimainen kaava Porin Tahkoluodon laajennukselle (40 voimalaa) sekä vesilupa kahden pilottivoimalan rakentamiselle. Nämä edellä mainitut ovat luvitettu ennen kuin Metsähallituksen huutokauppamalli luotiin.

Aluevesillä ei ollut selkeää toimintamallia ennen Metsähallituksen huutokauppamallia². Tämän jälkeen markkinat ovat jääneet odottamaan, miten huutokauppamalli käytännössä toteutuu. Metsähallituksen aluevesillä toteuttaman huutokauppamallin nähdään hankekehittäjäpuolella toimivan vihreän siirtymän nopeaan tarpeeseen nähden liian hitaasti. Merituulivoiman vaatiman kehittämisenopeuden määrittämiseksi tulisi olla selkeät kansalliset tavoitteet aikatauluista ja tavoitteista, jotka tarkentuvat vasta meneillä olevan hallituskauden aikana (katso luku 2.1).

2 Suomen hallituksen talouspoliittinen ministerivaliokunta antoi puoltavan kannanoton Metsähallituksen esittämään merituulivoimaa varten vuokrattavien yleisten vesialueiden huutokauppamalliin joulukuussa 2021 (<https://valtioneuvosto.fi/-/10616/talouspoliittinen-ministerivaliokunta-puolsi-merituulivoimaa-varten-vuokrattavien-yleisten-vesialueiden-huutokauppamallia>).

Useat haastatelluista kokivat haastavaksi sitovan ja tarkan aluesuunnittelun puuttumisen talousvyöhykkeellä, jossa vain merialuesuunnitelmalla on strategista maankäytöllistä ohjausvaikutusta. Tämä nähtiin sekä positiivisena että negatiivisena tekijänä merituulivoiman kehittämisen näkökulmasta. Etenkin hankekehittäjät kokevat talousvyöhykkeen viranomaismenettelyt läpinäkymättömiksi ja vaikeasti ennustettaviksi. Siihen, miten lakia Suomen talousvyöhykkeestä tulkitaan, halutaan selkeyttä ja valtioneuvoston lupien myöntämisen perusteisiin avoimuutta.

Talousvyöhykettä tunnutaan silti pitävän hankekehittäjien taholla osin aluevesiä selkeämpänä toimintaympäristönä. Talousvyöhykkeellä toimiminen on lainsäädäntönäkökulmasta jonkin verran vapaampaa, koska tuulivoimaosayleiskaavaa ei vaadita, eikä myöskään kunnallista rakennuslupaa (ei kaavoitusvaatimusta, ei rakennuslupaa eikä huutokauppamallia). Toisaalta kaavoituksen puuttuminen ja se ettei alkuvaiheessa nykyisen lainsäädännön puitteissa voi saada yksinoikeutta alueeseen, aiheuttaa epävarmuutta siihen, kenen on mahdollista saada alueen käyttöoikeus.

Viranomaisnäkemysten mukaan talousvyöhykkeelle sijoittuvien hankkeiden kordinoiminen jo tutkimuslupavaiheessa on tärkeää, sillä alueiden yhteisvaikutukset määrittävät lopulta sen, miten ne tulevat vaikuttamaan muuhun merenkäyttöön kuten merenkulkuun, kalastukseen ja luontoarvoihin.

Tässä työssä ei esitetä laajasti talousvyöhykelain tulkinnan epäselvyyteen ratkaisukeinoja, koska hallitusohjelmassa on linjattu talousvyöhykkeellä sijaitsevaa merituulivoimaa koskevan lainsäädäntöhankkeen toteuttaminen ja lakihankkeen valmistelu on käynnistynyt lokakuussa 2023. Lakihankkeessa valmistellaan uusi, talousvyöhykkeen merituulivoimaa koskeva erillislaki, jonka keskeisiä ratkaistavia asioita ovat yksinoikeuden määräytyminen, lupamenettelyt ja talousvyöhykkeellä sovellettavan lainsäädännön tarkentaminen. Tavoitteena on mm. luoda hanke-toimijoiden kannalta tasapuolinen ja ennakoitava, Suomen kokonaisedun kannalta toimiva malli, joka lisäisi valtion ohjausta hankkeiden sijoittelussa. Kilpailuetua ei todennäköisesti kuitenkaan saavuteta, mikäli hankkeiden luvitusta ei saada riittävän nopeaksi verrattuna muuhun Eurooppaan. Uuden lain arvioidaan tulevan voimaan aikaisintaan vuoden 2025 alussa.

Ympäristö- ja ilmastoministeri on nimittänyt lokakuussa 2023 merituulivoimatyöryhmän selvittämään merituulivoiman edistämiseen tähtäviä keinoja (TEM, 2023). Työryhmän tavoite on etsiä keinoja luoda Suomelle kilpailuetua Itämerellä ja edistää muita pääministeri Orpon hallitusohjelmaan kirjattuja merituulivoimaa koskevia tavoitteita.

2.2.1 Päällekkäiset tutkimusluvut

Talousvyöhykkeen toimintamallit koetaan epäselviksi myös sen suhteen, miten päällekkäisten tutkimuslupien kanssa toimitaan. Tällä hetkellä kaikki Suomen talousvyöhykkeestä annetun lain (1058/2004) 6 §:n mukaista valtioneuvoston suostumusta tutkimusten suorittamiseksi hakeneet tahot ovat sen saaneet, samoillemkin alueille. Hankekehittäjän näkökulmasta ei ole kustannustehokasta selvittää hankealueen geologisia ominaisuuksia tarkemmin liittyen mm. voimaloiden tarkkaan sijaintiin, ennen kuin määräaikainen riittävän ajoissa määritelty yksinoikeus alueeseen otetaan käyttöön – joka kuitenkin vaatisi lakimuutosta toteutuakseen. Määräaikaisuuden aikana voisi näkemyksemme mukaan olla tiettyjä tehtäviä tai etappeja, joiden suorittamista työ- ja elinkeinoministeriö (TEM) valvoisi, ja jotka varmistaisivat yksinoikeuden jatkumisen tietyn määräajan. Näin voisi varmistaa, että hankekehitys alueilla etenee ja mikäli hankekehitys ei ehtojen mukaisesti jatkuisi, voisi oikeuden alueeseen rauettaa ja myöntää seuraavalle hakijalle.

Toivottavaa olisi, että lakiin kirjattaisiin selkeät kriteerit niistä perusteista, joiden mukaan yksinoikeus myönnetään ja kriteeristön tulisi olla riittävän kattava ja julkinen. Moni haastateltavista oli sitä mieltä, että kriteeristön laatiminen ja hakemusten avoimempi käsittely parantaisi tilannetta, jossa riski valituksille on suuri. Näkemyksemme mukaan kriteeristö voisi sisältää osittain samoja ja osittain erilaisia osia riippuen missä kohtaa hankekehitystä yksinoikeus myönnetään. Hankekehittäjien tulkinnan mukaan yksinoikeus voitaisiin myöntää joko valtioneuvoston tutkimuslupavaiheessa tai erikseen haettavan valtioneuvoston rakentamisoikeuden³ ja/tai hyödyntämisoikeuden⁴ lupaharkinnassa. Syksyllä 2023 alkaneen talousvyöhykelakiin liittyvän lainsäädäntöhankkeen tarkoituksena on selkeyttää lain tulkin-
toja ja luoda tarpeelliset merituulivoimaa koskevat selkeytykset uuteen lakiin tai lakimuutokseen.

Selkeiden kriteerien puuttumisen riskinä on hankekehittäjien mukaan muun muassa se, että hyödyntämisoikeus myönnetään taholle, jolla ei ole aitoa aikomusta kehittää hanketta eteenpäin vaan tahon tavoitteena on myydä hankeoikeudet eteenpäin. Tällaisessa tilanteessa tuotetun sähkön hinta voi olla lopulta korkeampi. Rajoittamalla oikeuden luovuttamista toiselle osapuolelle tätä riskiä voitaisiin hallita. Toisaalta projektin kustannukset ja sähkön hinta voi näkemyksemme mukaan myös laskea, mikäli alkuvaiheen kehittäjä on erikoistunut alkuvaiheen tehtäviin ja vie hanketta alusta asti tehokkaasti eteenpäin.

3 Suomen talousvyöhykkeestä annetun lain (1058/2004) 7§

4 Suomen talousvyöhykkeestä annetun lain (1058/2004) 6§

Järjestelmän ei tulisi olla aikaprioriteettiin perustuva, sillä se saattaisi lisätä todennäköisyyttä sille, että hankkeita pääsisi edistämään eniten riskiä ottaneet tahot, mikä aiheuttaa riskin hankkeen laadulle. Hyödyntämisoikeuden myöntäminen useammalle kuin yhdelle hankkeelle lisää merituulivoimakehittämisen monimutkaisuutta, jolloin alueen hyödyntäminen saattaisi merituulivoiman kaltaisten kalliiden ja kustannusrakenteeltaan etupainotteisten hankkeiden kohdalla jäädä tehottomaksi. Ruotsissa päällekkäisille talousvyöhykehankkeille ei olla katsottu sopivaksi myöntää kahta lupaa, ellei toimintojen rinnakkaisuus olisi selvästi mahdollista. (HPP, 2023)

Osana tätä selvitystyötä on pohdittu mahdollisia erilaisia hinnoittelu- ja kilpailutusmalleja talousvyöhykkeelle ja mitä laadullisia muuttujia tulisi painottaa, mikäli tutkimuslupa myönnettäisiin kerralla vain yhdelle toimijalle. Näitä on käsitelty tarkemmin luvussa 2.6.

2.2.2 Aluehallintoviraston vesilupa

Hankekehitysprosessissa myöhemmin haettavaan vesilupaan vaaditaan tarkempia merenpohjan tutkimuksia kuin mitä tutkimuslupavaiheessa tehdään ja niiden kustannukset nousevat korkeiksi talousvyöhykkeellä kasvavien syvyyksien vuoksi, ja koska hankealueet sijaitsevat kaukana rannasta. Talousvyöhykkeellä ja aluevesillä vesiluvat käsittelee eri aluehallintovirasto (AVI). Etelä-Suomen AVI käsittelee kaikki Suomen talousvyöhykkeelle sijoittuvat vesilupahakemukset ja alueellinen AVI puolestaan aluevesien lupahakemukset. Tällöin ainakin joissain tapauksissa ratkaisu ja lupaehdot voivat olla erilaiset hankkeen eri osille, mikäli lupakäsittelijöiden tulokset eroavat toisistaan.

Hankekehittäjien haastatteluissa nousi esille, että yhden hankkeen eri osien luvittaminen eri viranomaisen toimesta nähdään haasteellisena ja ehdotettiin käytännön muuttamista, jos talousvyöhykelakia muutetaan. Toisaalta viranomaispuolelta tätä ei haastatteluiden perusteella nähdä ongelmalliseksi vaan yhteistyö esimerkiksi eri ELY-keskusten välillä liittyen mm. lupien valvontaan on onnistunut aiemminkin ja aluehallintovirastoissa uskotaan eri virastojen välisen yhteistyön takaavan selkeän lupakokonaisuuden. Jos merituulivoimahankkeen kaikki voimalat sijaitsevat talousvyöhykkeellä, ei tilannetta nähdä AVIn puolesta ongelmallisena, mutta jos voimaloita sijaitsee sekä talousvyöhykkeellä että aluevesien puolella, voi luvitus olla haastavampaa. Eräissä viranomaishaastatteluissa ehdotettiin, että jos talousvyöhykelakia joka tapauksessa muista syistä johtuen muutetaan, voisi uuteen lakiin kirjata, että sen alueen AVI vastaa talousvyöhykkeellä sijaitsevien voimaloiden luvituksesta, jonka alueelle kaapelit rantautuvat. Lähtökohtaisesti ei haastattelun

perusteella kuitenkin nähdä tarpeellisena lähteä muuttamaan lakia talousvyöhykkeestä, sillä lakimuutokset kestävät Suomessa suhteellisen kauan, ja keskenäinen lakimuutosprosessi voisi hankaloittaa hankekehitystä.

Hallinnollisena ongelmana näemme sen, että kunnallista rakennuslupaa vastaava lupamenettely puuttuu talousvyöhykkeellä. Tällä hetkellä rakennuslupaa vastaavia hankkeeseen liittyviä tarkkoja teknisiä suunnitelmia ei missään talousvyöhykkeen lupaprosessissa varsinaisesti vaadita. Valtioneuvostolta saatava suostumus talousvyöhykkeelle rakentamiselle on enemmän periaateluonteinen. Merituulivoiman rakentamisen osalta on nostettu haastatteluissa esille, että tarkemmat rakennetta määräävät ehdot tulisi jatkossa sisältyä aluehallintaviraston vesilupamenettelyyn, jolloin vesiluvalla ratkottaisiin sekä veden alle että veden päälle sijoittuvat rakenteet. Valtioneuvoston rakentamislupa olisi sen sijaan yleistasoisempi ja enemmän periaatepäätösmäinen, mutta sisältäisi riittävän laajan lausuntokierroksen.

Hankekehittäjät olivat sitä mieltä, että voimaloiden sijainteja ei tulisi lukita aluehallintoviraston vesiluvitusvaiheessa vaan ne tulisi päättää vasta myöhemmin haettavan valtioneuvoston rakentamisoikeuden myöntämismenettelyssä. Tähän mennessä myönnettyjen merituulivoimapuistojen vesilupien sijainnin tarkkuustaso on koettu sopivaksi. Tarkkuustasoksi hankealueen suuruudesta riippuen esitettiin yksittäisen voimala-alueen osalta pienimmillään noin 200*200 metriä, jolloin voimaloita pystyisi hieman vielä tarkentamaan tämän alueen sisällä ennen rakentamista, jolloin todennäköisesti vasta vesiluvan myöntämisen jälkeen tehtävät kustannuksiltaan korkeat tarkat pohjantutkimukset on saatu tehtyä. Hankalaksi koettiin sen sijaan tilanne, jossa kahden eri aluehallintoviraston myöntämässä luvissa tai eri prosessien luvissa (aluehallintoviraston vesilupa ja valtioneuvoston rakentamislupa) olisi eri tarkkuustason vaatimukset ja näiden välillä pahimmillaan ristiriitoja. Jatkuvat lupamuutoshakemukset kuormittavat viranomaisen resursseja ja siten vesiluvituksen jälkeen tulisi olla riittävät mahdollisuudet tarkentaa suunnitelmia kuitenkin siten, ettei vaikuteta vesilain määrittelemään yksityiseen tai yleiseen etuun.

2.3 Suomen merialuesuunnitelma 2030

Merialuesuunnittelun tarkoituksena on edistää merialueen eri käyttömuotojen kestävä kehitystä ja kasvua, luonnonvarojen kestävä käyttöä sekä meriympäristön hyvän tilan saavuttamista (MRL 67 a §). Merialuesuunnitelma kattaa aluevedet ja talousvyöhykkeen (Kuva 2-1).

Merialuesuunnitelman laadintavelvollisuus on osa EU:n sääntelyä ja perustuu EU:n merialuesuunnitteludirektiiviin (2014/89/EU). Direktiivi edellytti jäsenmaita laatimaan merialuesuunnitelmat maaliskuun 2021 loppuun mennessä. Direktiivin tarkoituksena on luoda merialuesuunnittelulle puitteet sekä edistää merialueiden kestävä kehitystä ja merialueiden ympäristön säilyttämistä, suojelua ja parantamista. Suomessa direktiivi pantiin täytäntöön kansallisesti maankäyttö- ja rakennuslain muutoksella (482/2016) lisäämällä lakiin uusi 8 a luku (67 a–67d §). Suomen merialuesuunnitelma 2030 on hyväksytty maakuntaliittojen valtuustoissa vuoden 2020 lopussa. Merialuesuunnitelma ei kuulu alueidenkäytön suunnittelu-järjestelmään, eikä sillä ole oikeusvaikutuksia. Aluevesillä on maakuntaliittojen laatimat oikeusvaikutteiset maakuntakaavat, jotka eivät ulotu talousvyöhykkeelle.

Ympäristöministeriön tehtävänä on merialuesuunnittelun yleinen kehittäminen ja ohjaus sekä kansainvälinen yhteistyö naapurivaltioiden kanssa (Laki maankäyttö- ja rakennuslain muuttamisesta 482/2016 17 §).

Suomen merialuesuunnitelman laatimisesta ja hyväksymisestä vastaavat maakuntien liitot, joiden alueeseen kuuluu aluevesiä. Suomen merialuesuunnitelma koostuu kolmesta suunnittelualueesta, jotka ovat: 1) Suomenlahti, 2) Saaristomeri ja Selkämeren eteläosa ja 3) Pohjoinen Selkämeri, Merenkurkku ja Perämeri (Valtioneuvoston asetus merialuesuunnittelusta 816/2016). Lisäksi Ahvenanmaa laati oman suunnitelmansa.

Maankäyttö- ja rakennuslain 67 b § mukaan maakuntien liittojen tulee valmistella merialuesuunnitelma yhteistyössä ja merialuesuunnitelmat on sovittava yhteen.

Maankäyttö- ja rakennuslain 67 a §:ssä on säädetty merialuesuunnittelun tarkoituksesta ja sisällöstä. Pykälän mukaan merialuesuunnittelussa on tarkasteltava eri käyttömuotojen tarpeita ja pyrittävä sovittamaan ne yhteen. Tarkasteltavia käyttömuotoja ovat erityisesti energia-ala, meriliikenne, kalastus ja vesiviljely, matkailu, virkistyskäyttö sekä ympäristön ja luonnon säilyttäminen, suojelu ja parantaminen. Merialuesuunnittelussa on kiinnitettävä huomiota merialueen ominaispiirteisiin sekä maan ja meren vuorovaikutukseen. Lisäksi on kiinnitettävä huomiota maanpuolustuksen tarpeisiin.

Lain 67 c §:ssä on säädetty osallistumisesta merialuesuunnitteluun. Liittojen on järjestettävä merialuesuunnitelman valmistelu siten, että viranomaisilla ja yhteisöillä, joiden toimialaa suunnittelussa käsitellään, on mahdollisuus osallistua suunnitelman valmisteluun. Maakuntien liittojen on pyydettävä lausunto niiltä viranomaisilta

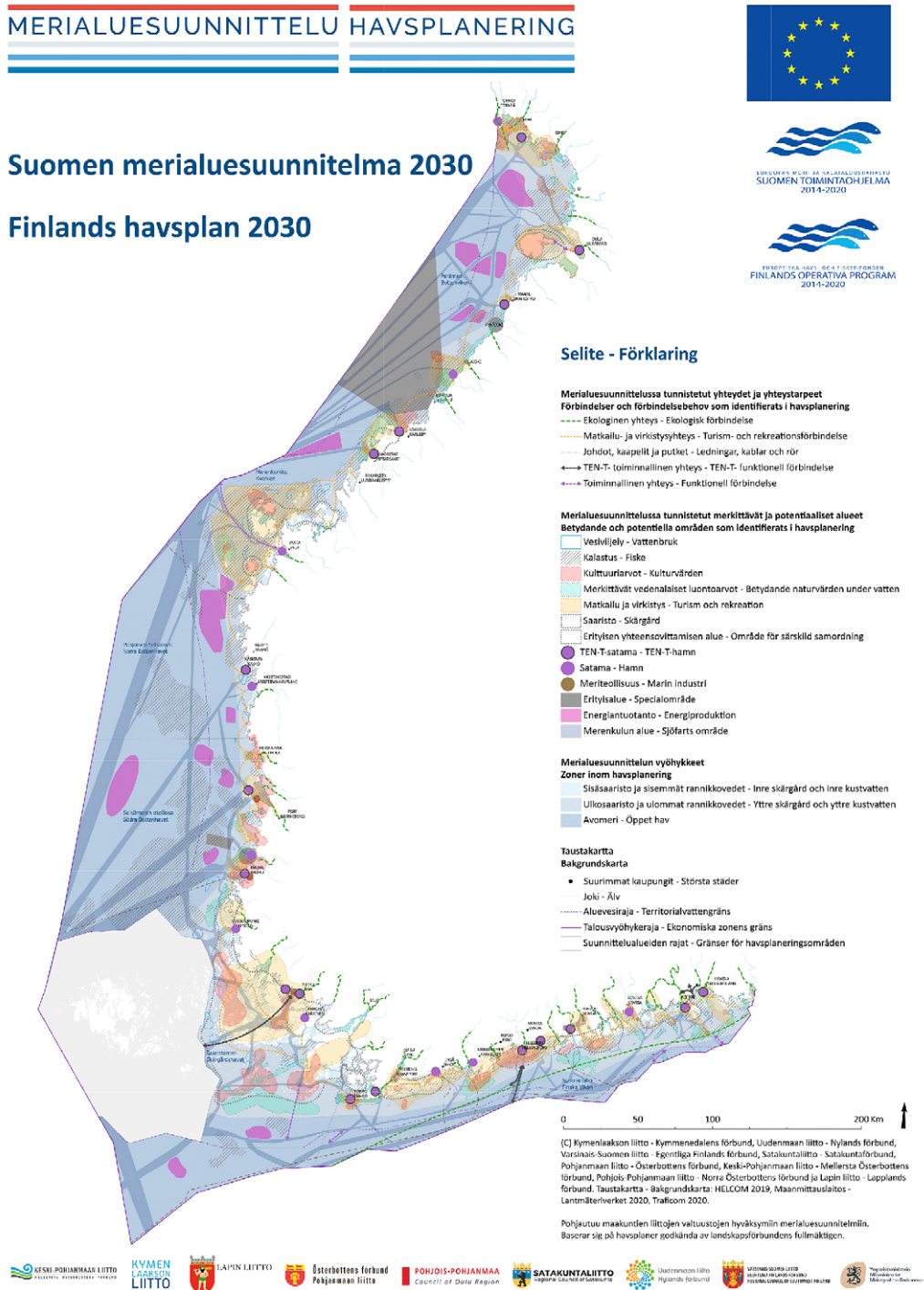
ja yhteisöiltä, joiden toimialaan tai tehtäviin suunnitelma olennaisesti liittyy. Myös muille tahoille on varattava mahdollisuus tutustua valmisteluaineistoon sekä esittää mielipiteensä aineistosta.

Valtioneuvoston asetuksessa merialuesuunnittelusta (816/2016) on säädetty tarkemmat säännökset merialuesuunnitelman esitystavasta, merialuesuunnitelmien lukumäärästä, suunnittelualueista ja määräajoista. Asetuksen mukaan maakuntien liittojen tulee tarkastella merialuesuunnitelmien ajantasaisuutta vähintään kymmenen vuoden välein. Suomen merialuesuunnittelun toista suunnittelukierrosta valmistellaan erillishankkeilla ja toisen suunnittelukierroksen rahoitus on myös varmistunut. Se on ohjelmoitu vuosille 2022–2027 ja saadaan vireille, kun maakuntaliittojen maakuntahallitukset vuoden 2023 lopulla tai 2024 alussa päättävät käynnistää merialuesuunnittelun. Merialuesuunnitelman päivitys on tarkoitus jatkossa tehdä kuuden vuoden välein samaan tahtiin merenhoidon EU-raportoinnin kanssa.

Suomen merialuesuunnitelma 2030 laadittiin yhteistyössä maakuntien liittojen ja eri toimijoiden ja sidosryhmien kesken. Merialuesuunnitelman laatimisprosessi alkoi tilannekuvan määrittelyllä ja jatkui sidosryhmien kanssa skenaarioiden, visioiden ja toimialakohtaisten tavoitteiden ja tiekarttojen määrittelyllä. Suunnitteluprosessiin sisältyi kaksi kuulemismenettelyä. Merialuesuunnitelmat hyväksyttiin maakuntaliittojen valtuustoissa.

Merialuesuunnittelussa tehdään lisäksi kansainvälistä yhteistyötä naapurivaltioiden kanssa ja käynnissä on useita EU-hankkeita. Hankkeet tukevat tiedonvaihtoa asiantuntijoiden välillä ja hyvien yhteisten käytäntöjen muodostumista. Tällä hetkellä käynnissä olevia hankkeita ovat mm. Emerging ecosystem-based Maritime Spatial Planning topics in North and Baltic Seas Region (eMSP NBSR) 2021–2024, Baltic Sea2Land 2023–2025 ja MSP-GREEN 2022–2024 hankkeet.

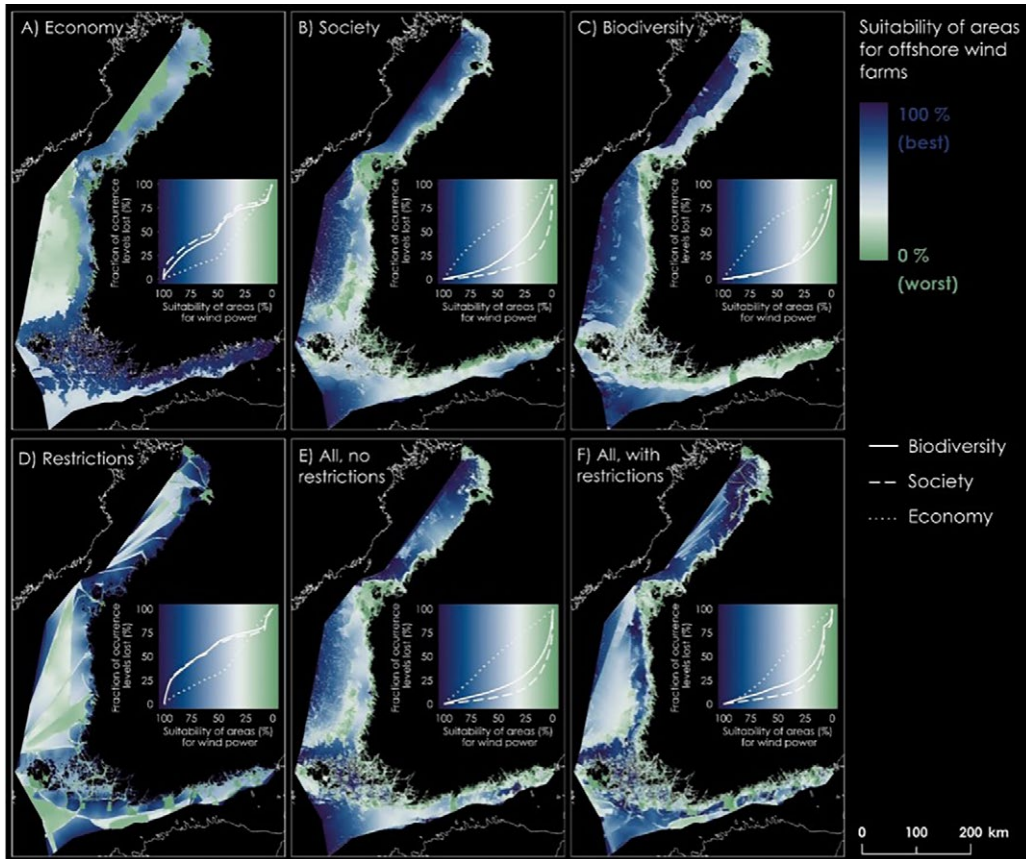
Kuva 2-1: Suomen merialuesuunnitelma 2030 (Lähde: <https://meriskenaariot.info/merialuesuunnitelma/suunnitelma-johdanto/>).



2.3.1 Merialuesuunnitelman potentiaaliset energiantuotantoalueet

Merialuesuunnitelmassa on osoitettu energiantuotantomerkinällä merienergialle potentiaalisia alueita, jotka edistävät merituulivoimarakentamisen keskitettyä sijoittamista ja yhteensovittamista meriympäristön hyvän tilan, maisema-arvojen ja merialueen muiden käyttömuotojen kanssa. Merialuesuunnitelmaan on merkitty yhteensä 15 energiantuotannolle potentiaalista aluetta, joista kaksi sijoittuu kokonaan talousvyöhykkeelle, neljä osittain talousvyöhykkeelle ja osittain aluevesille ja yhdeksän kokonaan aluevesille. Merialuesuunnitelmassa ei ole osoitettu sitovia alueidenkäyttövarauksia, vaan suunnitelma on luonteeltaan mahdollistava, eikä sillä pyritä rajoittamaan alueidenkäyttöä. Tavoitteena on ollut yleispiirteisesti tunnistaa potentiaaliset energiantuotantoalueet samalla, kun tuetaan meriympäristön hyvää tilaa. Merialuesuunnitelman 2030 merituulivoimalle potentiaaliset alueet sijoittuvat pääasiassa ulkosaariston ja ulompien rannikkovesien sekä avomeren vyöhykkeille vähintään 10 kilometrin päähän rannikosta ja 10–50 metrin syvyydelle.

Potentiaalisia energiantuotantoalueita osoitettaessa käytettiin SmartSea-hankkeessa tehtyä Zonation-analyysiä tuulivoiman sijainninhajauksen optimoinnista (Virtanen, ym., 2022) (Kuva 2-2). Analyysi otti huomioon 154 aineistotasoa, joista 122 koski luontoa (mm. vedenalaisen meriluonnon monimuotoisuus, lintujen muuttoreitit, merikotkien pesäpaikka-aineistot, syvyys, Natura 2000 -alueet sekä muut luonnonsuojelualueet, maisema-arvot), 25 ihmistoimintoja (etäisyys kesämökkeihin ja asutukseen, näkö- ja äänihaitat, vedenalainen kulttuuriperintö, intensiiviseen veneilyyn käytetyt alueet), 16 rajoituksia (kuten väylät, ankkurointipaikat, puolustusvoimien alueet), viisi talous- tai kustannustekijöitä (energian tuotannon kustannus) ja 13 mahdollistavia tekijöitä (kuten hapettomat alueet ja teollisuusalueet). Siinä käytettiin merituulivoiman elinkaarikustannusmallinnusta, joka ottaa huomioon muun muassa paikan tuulisuuden, merenpohjan syvyyden ja pintamaalajin sekä etäisyydet satamiin ja sähkönsiirtoverkkoon (Lappalainen J., 2019). Zonation-analyysi tuotti jatkuvapintaisen koko merialuetta kuvaavan rasteriaineiston, josta valittiin merialuesuunnitelman potentiaaliset energiantuotantoalueet paikallista asiantuntemusta hyödyntäen. Muita merialuesuunnitelmassa hyödynnettyjä tietoja olivat maakuntakaavat ja niiden selvitykset sekä maakuntakaavoissa ja luvitusprosessissa olleet merituulivoimahankkeet. Maakuntaliitoissa on kaavoitus- ja aluekehitysprosessissa tehty useita alueellisia selvityksiä, joita on hyödynnetty suunnitteluratkaisujen tekemisessä.

Kuva 2-2: Zonation analyysin tulokset (Virtanen, ym., 2022).

2.4 Merituulivoima ja merialuesuunnitelma talousvyöhykkeellä

Asiantuntijahaastattelujen perusteella ensimmäinen merialuesuunnitelma pyrki vastaamaan ensisijaisesti ilmastonmuutoksen haasteisiin, eikä merituulivoimateknologian nopeaa kehitystä osattu ennakoida ja ottaa tarpeeksi hyvin huomioon. Tilanne on kuitenkin muuttunut ensimmäisen merialuesuunnitelman valmistamisen jälkeen ja nykyään on mahdollista rakentaa entistä syvempiin vesiin laajoja tuulivoimapuistoja. Lisäksi Euroopan geopoliittinen tilanne on muuttunut ja on syntynyt huoli energiaomavaraisuudesta. Energian huolto- ja toimintavarmuudesta tulee huolehtia, koska kriisitilanteessa vaikutukset kansalaisille ja yrityksille voivat olla dramaattisia (TEM, 2022).

Tuulivoimatoimijat ovat hakeneet valtioneuvoston tutkimuslupaa talousvyöhykkeelle ja myönnettyjä tutkimuslupia on 17 merituulivoiman hankealueelle Suomen talousvyöhykkeelle (tilanne 5.12.2023). Lisäksi vireille on vuoden 2023 aikana tullut seitsemän uutta tutkimuslupaa.

Talousvyöhyke sijaitsee huomattavan kaukana Suomen rannikosta keskimäärin syvällä merialueella, jolloin niin tiedon keruun kuin merituulivoiman rakentamisen kustannukset nousevat korkeammiksi suhteessa aluevesiin. Pääsääntöisesti syvät alueet ovat kuitenkin luonnon kannalta suotuisampia merituulivoimalle kuin matalat alueet, sillä syvillä merialueilla monimuotoisuus on alhaisempaa kuin matalammilla alueilla meren pohjaan ulottuvan valon puutteen vuoksi. Myös kuormitus on näillä alueilla alhaisempaa, sillä talousvyöhyke on kauempana rannikon teollisesta toiminnasta kuin aluevedet. Talousvyöhykkeellä sijaitsevien merituulivoimaloiden maisema-, melu- ja välkehaitat eivät myöskään vaikuta yhtä paljon rannikon asukkaisiin ja loma-asukkaisiin, edesauttaen hankkeiden hyväksyttävyyttä. Rannikkoalueella meren virkistyskäyttö, kuten veneily, retkeily ja vapaa-ajankalastus, on aktiivisempaa kuin kaukana avomerellä, jolloin vaikutukset virkistyskäyttöön ja siihen liittyviin elinkeinoihin (esim. luontomatkailu) jäävät vähäisemmiksi. Toisaalta talousvyöhykkeellä on hyvin vähäinen olemassa olevan biologisen, fysikaalisen ja geologisen aineiston kattavuus, jolloin alueen toteuttamisen reunaehdot, edellytykset ja vaikutusten merkittävyys selviävät vasta myöhäisemmässä vaiheessa suunnitteluprosessia. Tuulivoiman rakentaminen talousvyöhykkeelle muodostaa uutta kriittistä energiainfrastruktuuria⁵ Suomen valtiolle, jonka suojeleminen kriisitilanteessa on pitkien etäisyyksien vuoksi vaikeampaa kuin aluevesillä.

Suomen varsinaiset vesiväylät sijaitsevat aluevesillä ja ne on osoitettu merenkulun käyttöön vesilain mukaisessa menettelyssä lupaviranomaisen määräyksellä, ja ne on siten pidettävä avoinna merenkulkua varten. Talousvyöhykkeellä ei lain mukaisia liikennöintialueita merenkululle ole, lukuun ottamatta kansainvälisesti sovit-
tuja reittijakojärjestelmiä ja rajoittavia kansainvälisiä merenkulun sopimuksia (mm. Yhdistyneiden kansakuntien merioikeusyleissopimus UNCLOS). Vaikka vesiväylät eivät ulotu talousvyöhykkeelle, tulisi vapaa kulkuyhteys ja liikennöintialueiden jatkuvuus vesiväylien ja ulkomeren välillä huomioida hankkeiden koordinoinnissa. Lisäksi koskien merenkulkua maiden talousvyöhykkeiden rajoilla ja niiden yli, valtioiden tulisi sopia yhteiset pelisäännöt merituulivoimalle talousvyöhykkeen rajan tuntumassa.

5 **Kriittinen infrastruktuuri** käsittää ne rakenteet ja toiminnot, jotka ovat välttämättömiä yhteiskunnan jatkuvalla toiminnalle. Kriittiseen infrastruktuuriin (Critical Infrastructure, CI) kuuluu sekä fyysisiä laitoksia ja rakenteita että sähköisiä toimintoja ja palveluja.

Seuraavissa kappaleissa on käsitelty talousvyöhykkeelle suunniteltavan merituulivoiman hankekehityksen keskeisiä haasteita ja kuinka ne heijastuvat merialuesuunnitteluun. Merenkulkua käsitellään tarkemmin luvussa 3.1.

2.4.1 Tiedonpuute talousvyöhykkeellä

Eri tahojen haastatteluissa nousi usein esiin huoli riittämättömästä tiedon määrästä mereltä, etenkin talousvyöhykkeeltä, jolloin hankkeiden vaikutuksia esimerkiksi luontoon ja kalastukseen on mahdotonta arvioida merialuesuunnittelussa ja hankkeiden esisuunnitteluvaiheessa. Lisäksi nostettiin etenkin viranomaispuolelta esiin huoli siitä, ettei meribiologista koulutusta ole riittävästi vaikutusten arviointiin ja lajintuntemusosaamisen on huomattu viranomaistaholla olevan vaillinaista, vaikka se on vaikutusarvioinnin perusta.

Viranomaisen näkökulmasta on haastavaa määrittää riittävät tiedonkeruun edellytykset ja arviointimenetelmät hankekehittäjille tilanteessa, jossa tietoa on lähtökohtaisesti saatavilla hyvin vähän tai ei lainkaan. Tietoa on kuitenkin kerättävä kattavasti, jotta voidaan arvioida hankkeiden vaikutuksia, teknistaloudellisia toteuttamisen edellytyksiä ja laatia eri menettelyiden (mm. YVA, vesilupa) vaatimat vaikutusarvioinnit lainsäädännön edellyttämällä tarkkuudella. Haasteena on myös maakuntaliittojen resurssit, jolloin merialuesuunnittelussa ei ole mahdollisuutta tutkia merituulivoimalle esitettyjä potentiaalisia alueita riittävän tarkasti.

Suomen talousvyöhykkeen osalta on suhteellisen vähän tietoa eri toimintojen käytännön yhteensovittamisesta, sillä yksityispuolen hankekehitystä siellä ei ole pitkällä aikavälillä vielä ollut. Esimerkiksi Iso-Britanniassa tilanne on erilainen, sillä siellä on runsaasti kokemusta talousvyöhykkeen erilaisista hankkeista (mm. öljyteollisuus) ja eri merellisten toimintojen yhteensovittamisesta.

Talousvyöhykkeelle rakentamisen arvioidaan kirjallisuuden ja haastattelujen perusteella aiheuttavan haittaa mm. linnuille, kaloille, kalastukselle, pohjan eliöstölle sekä merenkululle, eikä kaikkia vaikutuksia tunneta vielä selvitystiedon ja kokemuksen puutteen vuoksi. Merituulivoimapuistojen vaikutuksia virtauksiin, merenkulkuun, kalastukseen ja vedenalaiseen luontoon on käsitelty tarkemmin luvussa 3.3 ja muussa kirjallisuudessa (Langston & Pullan, 2003; Wilhelmsson & Malm, 2008; Ympäristöministeriö, 2016; Ympäristöministeriö, 2016; Ympäristöministeriö, 2016; Vehanen;Hario;Kunnasranta;& Auvinen, 2010), joten niitä ei tässä luvussa käsitellä laajasti. Tähän on kuitenkin nostettu muutamia viimeaikaisia keskeisiä tiedonpuutteita liittyen merituulivoiman lisääntymiseen, joita mm. eri viranomaistahoilla (Ilmatieteenlaitos, Geologian tutkimuskeskus (GTK), Suomen ympäristökeskus

(SYKE), Metsähallitus, Luonnonvarakeskus (LUKE)) on tunnistettu ja esitetty ELY-keskuksen 5.6.2023 järjestämässä merituulivoimaseminaarissa (Taulukko 2-2). Näitä olivat mm. erilaiset virtausten muutosten aiheuttamat epäsuorat vaikutukset, geologisen aineiston alhainen alueellinen kattavuus, tiedonpuute liittyen merituulivoimaloiden vaikutuksista kaloihin ja lintuihin, tiedonpuute talousvyöhykkeen vedenalaisista luontotyypeistä ja hankkeiden YVA-menettelyssä toteutettujen kartoitusten rajautuminen vain hankealueelle, jolloin vaikutusten merkittävyttä ympäröivään alueeseen on vaikea arvioida. Merituulipuistojen rakentuessa mahdollisuus tehdä uusia havaintoja ympäristöstä tuulipuistojen alueella ja läheisyydessä hankaloituu, koskien erityisesti avomerellä käytössä olevia autonomisia mittalaitteita, kuten Argo-poijuja ja vedenalaisia liitimiä, mutta myös tutkimus- aluksilta tehtäviä mittauksia. Lisäksi tuulipuistojen sijainnit vaikuttavat Ilmatieteenlaitoksen operatiivisiin, merenkulkua tukeviin mittauksiin, kuten aaltopoijuihin ja mareografeihin, Aaltopoijuja on talousvyöhykkeellä neljä ja mareografit sijoittuvat Suomen rannikolle, joten vaikutukset jäävät todennäköisesti hyvin pieniksi. Merituulipuistojen alueelle voi myös mahdollisesti sijoittaa erilaisia mittalaitteita.

Taulukko 2-2: Tuoreimpia viranomaisten tunnistamia tiedonpuutteita ja kehityskohteita (Merituulivoimaseminaari 2023)

Aihealue	Tiedonpuutteet	Kehityskohteet
Virtaukset (Nummelin, 2023)	Epäsuorat vaikutukset: meriveden sekoittumisen heikkeneminen ja siitä seuraava ääriämpötiloille altistuminen, pohjanläheisen virtauksen heikkeneminen, joka vaikuttaa sedimenttien uudelleen sekoittumiseen, pohjan hiilivarastoon ja happipitoisuuteen.	Epäsuorat vaikutukset tulisi huomioida etenkin sameudelle herkissä ympäristöissä.
Geologia (Kihlman, 2023)	Olemassa oleva geologinen tieto ja viranomaisohjeistus hankekehittäjille puutteellista.	Kartoitusten ja ohjeistusten lisääminen.

Aihealue	Tiedonpuutteet	Kehityskohteet
Kalat ja kalastus (Lappalainen, 2023)	Vaelluskalojen reitit tuntemattomat talousvyöhykkeellä, kartoitukset YVAssa vain hankealueella, jolloin vaikutusten merkittävyyttä suhteessa ympäröivään alueeseen on mahdotonta arvioida. Melun, välkkeen, värinän ja sähkömagneettisen säteilyn vaikutuksista kaloihin ei tiedetä.	Tutkimuksia ja seurantaa, kun hankkeita rakennetaan.
Linnut (Lindén, 2023)	Lintujen muuttoreittejä ei tiedetä.	Kartoitusten lisääminen.
Vedenalaiset luontotyypit (Forsblom, 2023; Lappalainen, 2023; Laine, 2023)	Esiintyminen on huonosti tunnettu ja kartoitukset lähinnä vain aluevesillä. Puolet VELMU-pisteistä kartoitettu drop-videolla, jolla lajitason tunnistus onnistuu vain suurikokoisimmilla lajeilla.	Seurantaohjelmat, tiedonkeruu hankkeissa ja näytepistemäärä optimoidaan paikallisten olosuhteiden mukaan. Lajilevinneisyysmallien hyödyntäminen ja kartoitusten lisääminen.
Kemikaalit	Merituulivoimalarakenteiden pinnoiteaineiden (mm. PFAS) liukeneminen vesistöön.	Jatkossa olisi hyvä tutkia pinnoiteaineiden liukenemista tuulivoimaloista.

2.4.1.1 Merituulivoimaloiden vaikutukset meren virtauksiin

Tällä hetkellä merituulivoimaloiden vaikutuksista meren virtauksiin on hyvin vähän tietoa, eikä Itämereltä juuri lainkaan. Muilla merialueilla toteutettujen tutkimusten tuloksia aiheesta ei voida suoraan hyödyntää Itämerellä, sillä se on kerrostuneisuuden, vuorovesien ja sedimenttien kannalta erilainen alue verrattuna muihin merialueisiin. Virtauksen muutokset voivat vaikuttaa monimutkaisten prosessien kautta veden lämpötilaan, perustuotantoon ja sitä kautta koko vesiekosysteemiin (Nummelin, 2023; Ympäristöministeriö, Tuulivoimarakentamisen suunnittelu, 2023). Merituulivoimaloiden vaikutuksista virtauksiin ja vedenalaiseen luontoon on kerrottu lisää luvussa 3.3.

2.4.1.2 Geologisen aineiston alhainen kattavuus

Merituulivoimaloiden rakentamiseen ja ympäristövaikutusten arviointiin tarvitaan tietoa merenpohjan maalajeista ja geologisesta rakenteesta, mutta GTK:n mukaan etenkin talousvyöhykkeellä tietoa puuttuu. Osa GTK:n aineistoista on avointa ja osa luvanvaraista aluevesien osalta⁶, mutta lisäksi on alueita, joista tietoa ei olla vielä ollenkaan kerätty ja sitä tulee kerätä hankkeissa lisää. GTK:n tarkan geologisen maalajiaineiston (1:20 000) sekä merenpohjan poikkileikkausaineiston kattavuus on harvaa ja aineistot ovat aluevesien osalta luvanvaraisia. Lupa aluevesien geologisen aineiston käyttöön tulee pyytää Puolustusvoimien Pääesikunnalta. Malli merenpohjan kovista ja pehmeistä pohjista (1:250 000) on avointa ja tieto on johdettu edellä mainitusta maalajiaineistosta. GTK on tehnyt Åbo Akademin kanssa yhteistyössä riutta- ja hiekkasärkkämallin Suomen merialueille (myös talousvyöhykkeelle) perustuen merenpohjan maalajiin ja topografiseen muotoon. Tämä aineisto, sekä aineisto merenpohjan kovista ja pehmeistä pohjista, on avoimesti ladattavissa GTK:n Hakku-palvelussa. Mallit eivät kuitenkaan kuvaa täysin varmasti merenpohjan maalajien tai riuttojen ja hiekkasärkkien sijaintia niillä alueilla, jossa kartoitettua tietoa ei ole.

2.4.1.3 Merituulivoimahankkeiden vaikutukset lintujen muuttoon

Talousvyöhykkeen osalta on hyvin vähän tietoa lintujen muuttoreiteistä. Asiantuntijat ovat arvioineet, että pääosa lintujen muutosta tapahtuu lähellä rannikkoa seuraten saaristovyöhykkeitä ja matalia merialueita, mutta ulkomerialueet voivat olla merkityksellisiä ruokailu- ja levähtämisalueina muuton aikana siltä osin, kun alue on syvyydeltään sopivaa. Lintujen päämuuttoreitit on kuvattu BirdLifen raportissa (2023)⁷, mutta talousvyöhykkeen osalta tieto on puutteellista.

Monet merilinnut elävät suurimman osan elämästään merellä. Ne eivät kuitenkaan ole jakautuneet tasaisesti merialueille vaan ovat keskittyneet tietyille alueille. Jakautumiseen vaikuttaa saalistajien levinneisyys sekä elinympäristön muut ominaisuudet. Potentiaaliset alueet merituulivoimalle saattavat sijoittua samoille alueille kuin lintujen suosimat alueet tehden niistä erityisen herkkiä ihmispaineille. Herkkien alueiden tunnistaminen on kuitenkin haastavaa sillä linnut liikkuvat paljon ja käyttävät eri elinympäristöjä eri aikaan vuodesta. Eroja sijoittumisessa on lisäksi eri ikäryhmien ja eri lajien välillä. Merituulivoiman kehityksen aiheuttamat kumulatiiviset

6 Aluevalvontalakia 755/2000 sovelletaan vain aluevesillä. Järjestelmällinen merenmittaus ja merenpohjan koostumuksen tutkimus on [aluevalvontalain 3:12](#) mukaisesti luvanvaraista toimintaa. Lupaviranomaisena toimii Pääesikunta.

7 BirdLifen raportti löytyy osoitteesta <https://tiedostot.birdlife.fi/pdf/lintujen-paamuuttoreitit-raportti-2023-birdlife.pdf>

vaikutukset voidaan ymmärtää ainoastaan laajalla spatio-temporaalisella eli aikaan ja paikkaan sidotulla tiedolla lajien eri alueiden käytöstä. (Piggot;Vulcano;& Mitchell, 2022)

Merituulivoimapuistot voivat vaikuttaa haitallisesti suojeltuihin merilintuihin yksilö- ja populaatiotasolla (Dierschke, 2016; Masden, 2016; Thaxter, 2015). Haitalliset vaikutukset ovat törmäyksestä aiheutuva kuolleisuus, elinympäristön menetyt ja muutokset levinneisyydessä (Dierschke, 2016; Drewitt, 2006; Furness, 2013; Vanermen N. O., Seabird avoidance, 2015). Törmäysriskiin voi vaikuttaa linnun koko, lentokorkeus ja lentonopeus (Masden, 2016; Thaxter, 2015). Lintujen käyttäytyminen voi muuttua sillä ne saattavat välttää tuulipuistoa, mikä johtaa habitaatin muutoksiin, tai tuulipuistot voivat houkutella lintuja tuulipuiston alueelle, jolloin törmäysriski kasvaa (MacArthur, 2012; Peschko V. M., Effects of offshore windfarms on seabird abundance, 2020; Vanermen N. O., Assessing seabird displacement, 2015). Tärkein tekijä, jolla voidaan vähentää merituulivoimapuistojen aiheuttamia haitallisia vaikutuksia linnuille, on merituulipuiston sijoittelu (Piggot;Vulcano;& Mitchell, 2022). Merituulivoimapuistojen sijoittelua mietittäessä olisi tärkeää ottaa huomioon merilintujen tärkeät habitaatit tai alueet, joissa niitä esiintyy paljon tai jossa niiden muuttoreitit esiintyvät (Piggot;Vulcano;& Mitchell, 2022).

Merilintujen levinneisyys ja elinympäristöjen käyttö on moninaista ja vaihtelee eri lajien välillä (Piggot;Vulcano;& Mitchell, 2022). Yksilöt ja populaatiot ovat alttiita merituulivoimaloiden haitallisille vaikutuksille riippuen niiden muutto-, lisääntymis- ja ruokailustrategioista (Peschko V. M., Telemetry reveals, 2020; Skov, 2016; Waggitt, 2020). Vuodenaikaiset vaihtelut levinneisyydessä tulee huomioda, kun arvioidaan merituulipuistojen vaikutuksia ja selvittäessä mitkä lajit mahdollisesti altistuvat merituulivoimapuistojen haitallisille vaikutuksille niiden elinkierron aikana (Piggot;Vulcano;& Mitchell, 2022).

Tieteellisestä empiirisestä tutkimuksesta liittyen merilintujen käyttäytymiseen toiminnassa olevassa merituulipuistossa on puutetta (Piggot;Vulcano;& Mitchell, 2022), mutta joitain tutkimuksia on saatavilla.

Törmäysriskin lisäksi tuulivoimapuiston estevaikutus voi johtaa lintujen kohdalla muuttomatkan pidentymiseen. Esimerkiksi haahkojen ylimääräiseksi matkaksi muuttomaton aikana havaittiin Tanskassa Nystedin merituulivoimapuiston tutkimuksissa koituvan noin puoli kilometriä, minkä arveltiin kasvattavan kokonaismuuttomatkaa 0,5–0,7 %. Merituulivoimapuiston kiertämisellä ei arveltu olevan merkittävää vaikutusta muuttolennon rasiinukseen (Fox, 2006). Myös Ruotsissa Etelä-Öresundissa Lillgrundin tuulipuiston käytönaikaisessa seurannassa on havaittu puiston läpi

muuttavien lintujen määrän pienentyneen puiston rakentamisen jälkeen keskimäärin 10 % (Nilsson, 2009). Selkeimmin tuulipuistoaluetta välttivät allit, haahkat ja tukkakoskelot.

Merituulivoimapuistoalueen kiertäminen vähentää törmäysriskiä, mutta saattaa kasvattaa muuttomatkaa. Keskimäärin muuttomatkan on havaittu kasvavan 0,2–0,5 % kokonaismuuttomatkaista, millä on vain vähäinen vaikutus muuttomatkan aikaiseen energiatalouteen (Pettersson, 2005). Merituulivoimapuistojen kasvavan määrän vuoksi kumulatiiviset vaikutukset saattavat kuitenkin tulevaisuudessa aiheuttaa pitkiäkin kiertomatkoja lintujen väistäessä tuulipuistoalueita. Vaikka häiriö- ja estevaikutuksia on havaittu useiden tuulipuistohankkeiden seurannoissa, vaikutukset ovat kaiken kaikkiaan jääneet paikallisiksi, eivätkä ne ole heijastuneet populaatiotasolle. Merituulivoimapuistojen lisääntyvän määrän vuoksi niiden kumulatiiviset yhteisvaikutukset voivat kuitenkin pitkällä aikavälillä aiheuttaa myös populaatiotason muutoksia (Petersen, 2006).

Empiiristä tutkimusta merituulivoimapuistojen vaikutuksista meri- ja muuttolintuihin Suomessa ei ole paljon tehty, sillä tällä hetkellä Suomen rannikolla on vain yksi toiminnassa oleva Tahkoluodon merituulivoimapuisto. Tahkoluodon merituulivoimapuistoon asennettiin lintututka vuonna 2016 eikä törmäyksiä olla havaittu (Mäkelä, Lintututkajärjestelmä Tahkoluodon merituulipuistossa. , 2023). Merituulivoimapuistoilla voi kuitenkin törmäysten lisäksi olla muitakin vaikutuksia (muuttomatkan pidentyminen, elinympäristön ja levinneisyyden muutokset), jotka voivat puistojen määrän lisääntyessä kumuloitua. Alueen pesimälinnuston arvioidaan olevan tuulivoimapuiston vaikutuksille alttiimpia kuin alueen läpi muuttava linnusto, sillä pesijät viettävät alueella lajista riippuen 3–6 kuukautta vuodessa ja lentävät pesimäkauden aikana tuhansia kertoja tuulivoimapuiston läpi. Lintututkan lisäksi Tahkoluodon merituulivoimapuiston alueella on tehty pesimälinnustoseurantaa vuosina 2008, 2018 ja 2020–2023 ja vaikutukset pesimälintujen kannan kokoon ja poikastuotantoon ovat jääneet vähäisiksi (Mäkelä, Tahkoluodon saariston pesimälinnusto merituulipuiston naapurina. , 2023).

Potiek ym. (2022) tekivät Hollannin infrastuktuuri- ja vesihuoltoministeriön (Ministry of Infrastructure and Water Management) tilaaman kumulatiivisten vaikutusten arvioinnin eri merituulivoiman kehitysskenaarioille eteläiselle Pohjanmerellä. Käytetyt skenaariot olivat seuraavat: 1. ei yhtään merituulipuistoa, 2. olemassa olevat ja realisoitavat merituulipuistot vuodelle 2030, 3. skenaarioon lisättynä 10,7 GW merituulivoimaa, 4. skenaarioon lisättynä 12,7 GW merituulivoimaa ja 5. skenaarioon lisättynä 16,7 GW merituulivoimaa. He arvioivat eri lintulajien kuolleisuutta eri skenaarioissa kullekin merituulivoimapuistolle ja niiden tuottamalle megawattimäärälle vuodessa. Suurin merilintujen törmäysten määrä oli suulalla (*Morus bassanus*)

ja suurin muuttolintujen törmäysten määrää oli kottaraisella (*Sturnus vulgaris*). Kottaraisen suuren populaatiokoon vuoksi populaatiokokoon suhteutettu kuolleisuus oli suurempaa toisilla muuttolintulajeilla kuten kuoveilla (*Numenius*), punakuirilla (*Limosa lapponica*) ja isosirrillä (*Calidris canutus*). Muuttolintujen populaatiokokoon suhteutetut kuolleisuusluvut ovat paljon pienempiä kuin merilintujen, sillä merilintu käyttää merialueita muuttolintuja enemmän, kun taas muuttolinnut lentävät alueiden läpi kahdesti vuodessa.

Piggot ym. (2022) tunnistivat Itämeren korkean riskin lintulajeja merituulivoiman lisääntyessä. Näitä olivat mustalintu (*Melanitta nigra*), lapasotka (*Aythya marila*), selkälokki (*Larus fuscus*), harmaalokki (*Larus argentatus*), kuikka (*Gavia arctica*), kaakkuri (*Gavia stellata*), kaikki Itämeren alueen merisorsalajit (*Merginae*), alli (*Clangula hyemalis*), räyskä (*Hydroprogne caspia*), pilkkasiipi (*Melanitta fusca*) ja haahka (*Somateria mollissima*). Korkean riskin lintulajit, jotka eivät ole merilintuja, olivat merikotka (*Haliaeetus albicilla*), suopöllö (*Asio flammeus*), sinisuohaukka (*Circus cyaneus*) ja linnut, jotka muuttavat avomeren yli kuten harmaahaikara (*Ardea cinerea*), jalohaikara (*Ardea alba*) ja kurjet (*Gruidae*). Heidän ehdottamiaan tietotarpeita Itämerellä olivat empiirinen aineisto törmäysriskeistä, merilintujen levinneisyys- ja liikkumisaineisto seurantatutkimuksista, Itämeren lajien herkkyyssartoitus, painotuksen ollessa erityisesti Itämerellä talvehtivissa muuttavissa merisorsissa, talvikauden ja epäsuotuisten sääolosuhteiden aikaisten kartoitusten lisääminen, tiedon kerääminen koordinoitusti sekä seurantatutkimusten raaka-aineiston parempi saatavuus julkaistuista ja julkaisemattomista lähteistä. Haasteiksi he tunnistivat erityisesti valtioden välisen yhteistyön puutteen lajien seurannassa ja kerättyjen tietojen jakamisessa sekä kansallisen tai EU:n sääntelyn puute ohjaamaan mitä tietoa tulisi kerätä vaikutusten arviointiin ja millaista seurantaa tulisi tehdä.

Koska merituulivoimapuistojen oikeanlaisella sijoittelulla voidaan parhaiten välttää merituulivoimapuistojen haitallisia vaikutuksia, tulisi merialueen käyttömuotoja ja luontoarvoja kokonaisuutena huomioivan merialuesuunnittelun tavoitella merilintujen ympärivuotisen levinneisyyden ja runsauden huomioimista sekä näiden vaihtelua lisääntymis-, talvehtimis- ja muuttoaikoina sekä eri ikäryhmissä määrittäessä potentiaalisten energiantuotantoalueiden sijoittelua (Piggot;Vulcano;& Mitchell, 2022). Itämerelle suunnattu skenaariomallinnustutkimus tunnistetuille Itämeren erityisen herkille lajeille olisi tarpeen tehdä (vrt. Potiek ym., 2022).

2.4.1.4 Merituulivoimahankkeiden vaikutukset kalojen vaellukseen

Kalojen vaellusreiteistä ei ole koko Suomen merialueen osalta kartoitettua tietoa. Nykytiedon valossa merituulivoiman sähkönsiirtokaapeleiden sähkömagneettisten kenttien globaalien ekologisten vaikutusten arvellaan olevan vähäisiä tai kohtalaisia

kaloille, sillä mittakaavalla, mitä hankkeita on tällä hetkellä suunnitteilla (Gill & Desender, 2020). Tutkimuksia, joihin arvio perustuu, on kuitenkin vielä hyvin vähän ja ne ovat ottaneet huomioon yksittäisen kaapelin tai muutamien kaapeleiden vaikutukset (Taormina B. , ym., 2018). Kaapeleiden lukumäärä ja niiden siirtämän energian määrä lisääntyy jatkuvasti, eikä tietoa siitä, miten sähkömagneettiselle säteilylle herkät lajit vastaavat tähän muutokseen (Newton;Gill;& Kajiura, 2019). Merituulivoiman vaikutuksista kaloihin on tarkemmin kerrottu luvussa 3.3.

2.4.1.5 Tuulivoima jäätyvillä merialueilla

Itämeri on poikkeuksellinen merialue, sillä sen merenpinta jäätyy talvisin. Tyypillisesti jään paksuus Pohjanlahdella on 50 cm, mutta ahtojäävallit voivat olla jopa kymmenien metrien paksuisia. Liikkuessaan jää aiheuttaa suurta painetta voimaloiden rakenteissa ja ne tulee olla suunniteltu kestävämmän tällaista painetta. Jääkuorman tutkiminen kaukana ulkomerellä on todella vaikeaa ja korkeiden kustannusten takia varsinainen merituulivoimasuunnittelu Suomen olosuhteissa on teknisessä mielessä vielä alkutekijöissään.

Kelluvien tuulivoimaloiden määrän ennustetaan lisääntyvän voimakkaasti lähitulevaisuudessa ja tällä hetkellä kelluvia merituulivoimapuistoja on kolme, Skotlannissa ja Portugalissa (YK, 2022). Kelluvien merituulivoimaloiden rakenteet mahdollistavat merituulivoimahankkeiden sijoittamisen syvemmille merialueille kuin aiemmin, mutta tutkittua tietoa niiden soveltumisesta Itämeren jääolosuhteisiin ei ole saatavilla toistaiseksi. Alustavien arvioiden mukaan etenkin ulkomaisilla hankekehittäjillä ei ole riittävästi olemassa olevaa tietoa liittyen Itämeren jääolosuhteisiin eikä haastatteluiden perusteella sidosryhmilläkään ollut tietoa hankkeista, joissa olisi rakennettu kelluvia tuulivoimaloita jäätyvissä olosuhteissa. Pilottiprojekti, jossa olisi mukana hankekehittäjiä ja soveltuvat tutkimuslaitokset, nähtiin tarpeellisena.

Aalto yliopistolla, VTT:llä ja Ilmatieteen laitoksella on tällä hetkellä meneillään Suomen Akatemian rahoittama WindySea -niminen hanke, jonka tavoitteena on rakentaa työkaluja kylmien merialueiden merituulivoimapuistojen vaikutusten arviointiin sekä merituulivoimapuistojen vaikutuksista merijäähän että merijään vaikutuksista tuulivoimapuistoihin (Suomen akatemia, 2023). Lisäksi VTT koordinoi IceWind-hanketta, joka keskittyy yksittäisiin tuulivoimaloihin ja jota rahoittavat osin yritykset. Selvitykset keskittyvät tarkastelemaan muiden kuin kelluvien perustusten toimivuutta jääolosuhteissa. Suomessa on ainutlaatuiset edellytykset tutkia tuulivoimatuotantoa jäätyvissä meriolosuhteissa ja siksi onkin erityisen tärkeää panostaa siihen.

Selvitys merituulivoimapuistojen vaikutuksista merijäähän ja sitä kautta merenkulkuun sekä tuulipuistojen ylläpitoon ja huoltoon nähdään myös tarpeellisena. Merituulivoimalat vaikuttavat merivirtoihin, aallokon muodostumiseen, jäiden muodostumiseen ja kertymiseen sekä meriveden lämpötilaan, millä voi olla vaikutusta väylän talvikunnossapitoon ja käyttöön sekä talvimerenkulun liikennöintiin ja sen järjestämiseen. Merenkulkua käsitellään tarkemmin tämän selvityksen luvussa 3.1.

2.4.1.6 Vedyn tuotanto merituulivoimahankkeiden yhteydessä

Merituulivoimahankkeiden yhteyteen on alettu viime aikoina suunnitella vetylaitoksia joko integroituina tuulivoimaloihin tai vaihtoehtoisesti keskitettyinä merelle sijoitettavina laitospaketeina. Hankkeissa voitaisiin tuottaa vihreää vetyä merellä elektrolyysin avulla ja johtaa se vetyputkia pitkin mantereelle, jossa sijaitsevat vedyn varastosäiliöt. Vaihtoehtoisesti voitaisiin tuottaa merellä tavallaan sähköä ja johtaa se sähkökaapeleilla rantaan, jossa tuotetulla sähköllä valmistettaisiin vihreää vetyä erillisessä laitospaketeina mantereella. Vedyn tuotannon keskeiset kuormitustekijät ovat ympäristöään suolaisempi rejektivesi sekä jäähdytysvesi (lämpökuorman lisääntyminen), joilla on vaikutusta meriympäristöön. Vedyntuotanto merellä vaatii rakenteita merelle sekä vetyputken rantaan, joista aiheutuu rakentamisen aikana vaikutuksia mm. veden samentumisen ja pohjaelinympäristön menetyksen kautta. Keskeisesti tietotarpeet liittyvät vedyn tuotannon vaikutuksiin merialueella, joiden osalta tarvitaan lisää tutkimustietoa ja mm. mallinnuksia suolan ja lämpökuorman vaikutuksista merialueella. Vedyn tuotanto on ympäristölainsäädännön rajoittamaa ja vaatii aluehallintovirastolta haettavan ympäristöluvan (direktiivilaitos⁸) ja kemikaaliturvallisuusluvan (Tukes luvitus) sekä sitä koskee lisäksi Seveso III-direktiivi⁹. Lakia vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta 390/2005 ei sovelleta talousvyöhykkeellä.

Talousvyöhykkeeseen liittyvistä epävarmuuksista huolimatta hankekehittäjät ovat valmiita aloittamaan hankkeiden kehittämisen hyvin kauas rannikosta ja syviin vesiin, mikä voidaan arvioida herkän meriluonnon kannalta osin myönteiseksi

8 Ympäristönsuojelulaki 527/2014. 7 luku Direktiivilaitoksen lupaharkinta. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527>

9 **Seveso-III -direktiivi** on Euroopan unionin direktiivi, jonka tarkoituksena on hallita suuria kemiallisten onnettomuuksien vaaroja. Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta annetun lain 5 ja 20 §:n muuttamisesta 798/2023. <https://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2014/20140275>

kehityssuunnaksi – kun verrataan aiemmin vallinneeseen tilanteeseen, jossa hanke-alueet sijaitsivat huomattavasti lähempänä monimuotoisempaa ja matalampaa rannikkovyöhykettä.

2.4.2 Merialuesuunnitelman ja maakuntakaavoituksen yhteensovittaminen

Maakuntakaavoitus koskee merialueilla vain aluevesiä, kun taas merialuesuunnitelma kattaa sekä talousvyöhykkeen että aluevedet. Talousvyöhykkeelle sijoittuvan merituulivoimahankkeen toimintoja sijaitsee sekä aluevesillä että talousvyöhykkeellä ja näin ollen mm. energiansiirto aluevesillä tulee sopia yhteen muun maakuntakaavassa osoitetun maankäytön kanssa. Talousvyöhykkeen ja aluevesien erilainen maankäyttö- ja rakennuslain mukainen asema alueidenkäytön suunnittelujärjestelmässä saattaa johtaa siihen, ettei aluevesille laadittava maakuntakaava välttämättä tunnista talousvyöhykkeen käyttömuotoja ja niiden tarpeita riittäväällä tavalla. Näin ollen talousvyöhykkeen toimintoja ei voi suunnitella merialuesuunnittelussa irrallaan aluevesien maakuntakaavallisesta suunnittelusta.

Maakuntakaavoja laadittaessa on kuitenkin haasteellista ottaa huomioon talousvyöhykkeen toimintoja kovinkaan tarkasti, koska maakuntaliitoilla ei ole hankkeista välttämättä tietoa ennen niiden julkista vireilletuloa. Maankäytön suunnittelu hankaloittaa myös se, että hankekehittäjät sijoittavat merituulivoima-alueita merialuesuunnitelman potentiaalisten energiantuotantoalueiden ulkopuolelle. Merialuesuunnittelussa tulisi huomioida se, että talousvyöhykkeen merituulivoimahankkeiden energian siirto mantereelle on kustannustehokkainta tehdä suorinta reittiä eikä kiertää mahdollisesti aluevesille osoitettuja tuulivoima-alueita. Lisäksi uusia hankkeita on tullut vireille suuri määrä viimeisen vuoden aikana. Kokonais-tilanteen seuranta ja hallinta sekä yhteisvaikutusten että kumulatiivisten vaikutusten arviointi maakuntakaavoituksessa on näin ollen haastavaa.

Aluevesille sijoittuvat tuulivoimaloiden alueet ovat pääsääntöisesti maakunnallisesti merkittävää kokoluokkaa suurempia, joten alueet tulee osoittaa myös maakuntakaavoissa. Talousvyöhykkeellä merituulivoimahankkeet ovat aluevesien hankkeita huomattavasti suurempia, joten myös niiden aluevesille sijoittuvat toiminnot vaativat suhteellisen paljon tilaa. Maankäytönsuunnittelussa tulisi näkemyksemme mukaan myös huomioida manneralueelle kohdistuvat maakuntakaava- ja yleiskaavatasoiset suunnittelutarpeet voimalinjojen, muuntoasemien tai mahdollisen vedyntuotantoon liittyvien infratarpeiden vuoksi.

2.4.3 Merituulivoimahankkeiden sijoittuminen merialuesuunnitelman potentiaalisten energiantuotantoalueiden ulkopuolelle

2.4.3.1 Merituulivoimateknologian kehitys

Vaikka nykyisessä merialuesuunnitelmassa on huomioitu laajasti eri muuttujia, niin suunnitteluprosessin pitkän aikajänteen (2017–2021) vuoksi nykyinen merialuesuunnitelma on osittain vanhentunut. Suunnitelmaa laadittaessa ei vielä ollut tietoa vihreän siirtymän tavoitteista, Venäjän ja Ukrainan välisestä sodasta eikä teknologian nopeaa kehitystä osattu ottaa huomioon. Merialuesuunnitelmassa turbiinien kokonaiskorkeudeksi oletettiin 200 metriä ja tehoksi 5–10 MW ja potentiaalisia alueita osoitettiin enintään 50 metrin syvyyteen (sisältäen visiot kelluvista perustuksista) (Virtanen, ym., 2022; Lappalainen J., 2019). Seuraavan sukupolven (2024) turbiinien teho on 14 MW ja kokonaiskorkeus 250–270 metriä ja tulevaisuuden sukupolven (2035) teho 20 MW ja kokonaiskorkeus noin 350 metriä (Ruotsin energiavirasto, 2023). Perustuen kirjallisuuteen ja keskusteluihin teollisuuden edustajien kanssa, Ruotsin energiavirasto olettaa, että pohjakiinteät perustukset tullaan rakentamaan 70 metrin syvyyteen ja tulevaisuudessa 100 metrin syvyyteen. Suomessa talousvyöhykkeelle on haettu tutkimuslupia alueille, joiden syvyydet vaihtelevat 60–115 metrin välillä. Kiinteitä perustuksia kehitellään muuallakin jo 50 metriä syvemmille alueille. Skotlannin Seagreen-tuulipuiston tuulivoimaloiden kiinteät perustukset asennettiin jopa 58,6 metrin syvyyteen. Tällä hetkellä Isossa-Britanniassa lähes kaikki kiinteillä perustuksilla olevat toteutetut merituulivoimalat sijoittuvat 40–45 metrin syvyyteen, ja jotkut kehitteillä olevat hankkeet sijaitsevat noin 60 metrin syvyydessä. Samalla syvyyden kasvaessa voimaloiden koko kasvaa nopeammin kuin merialuesuunnittelussa on ennakoitu, jolloin voimalat tulee sijoittaa kauemmaksi toisistaan. Tämä voi puolestaan edesauttaa merituulivoiman yhteensovittamista merialueiden muiden toimintojen ja luontoarvojen kanssa, kun yksittäisten voimaloiden väliin jää enemmän vapaata tilaa. Sopivana voimaloiden välisenä etäisyytenä pidetään tällä hetkellä noin 1,5–2 km, voimalan kokoluokasta riippuen (katso tarkemmin luku 4.1).

2.4.3.2 Hankkeiden suuri määrä

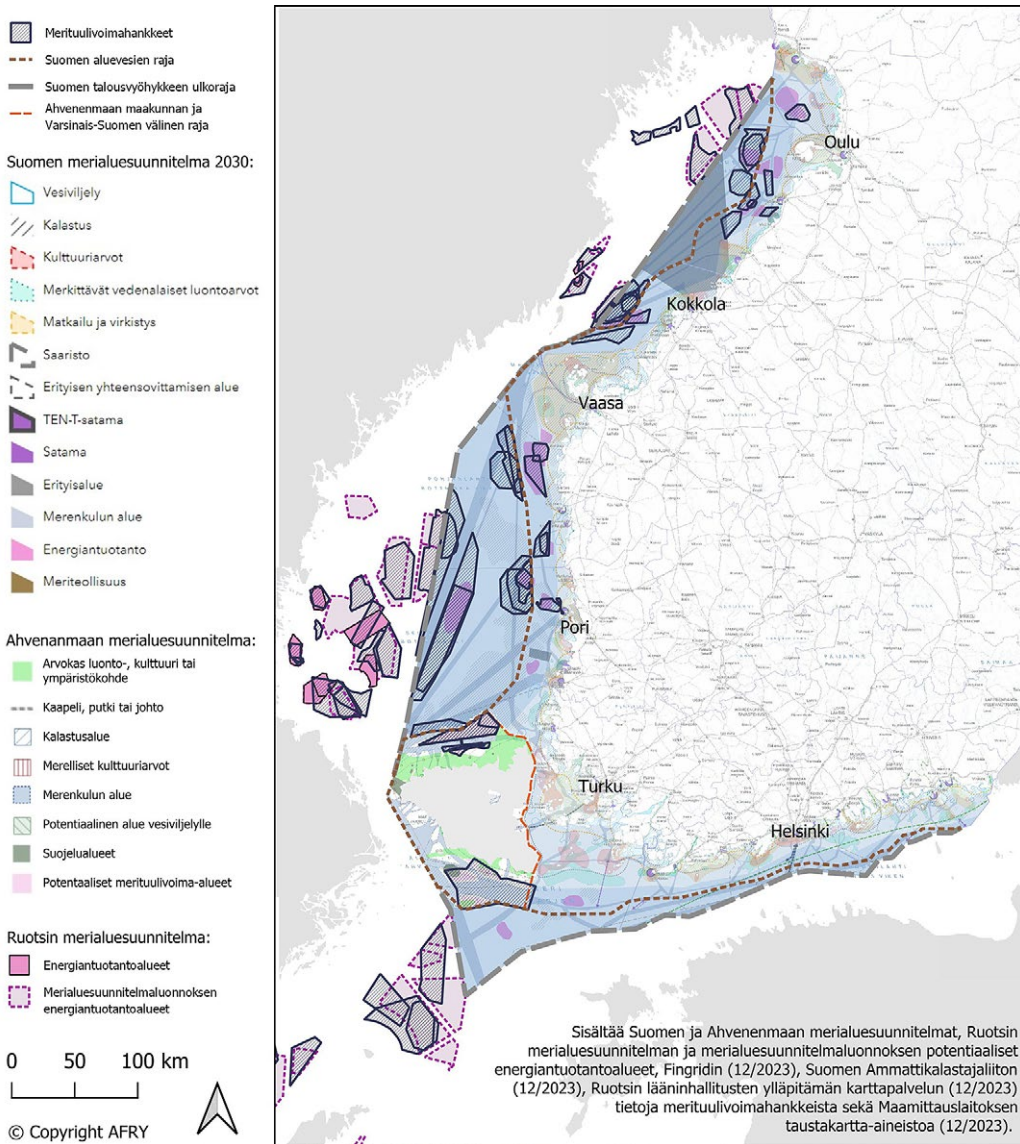
Hankkeita, joiden luvitus on aloitettu, on paljon enemmän talousvyöhykkeellä kuin mitä merituulivoimalle potentiaalisiksi osoitettuja alueita on merialuesuunnitelmassa (Kuva 2-3). Merialuesuunnitelmassa on kaksi kokonaan talousvyöhykkeelle sijoitettavaa potentiaalista energiantuotantoaluetta ja neljä aluetta, jotka sijoittuvat osittain talousvyöhykkeelle ja osittain aluevesille. Valtioneuvosto on myöntänyt 17 merituulivoiman hankealueelle tutkimusluvan Suomen talousvyöhykkeelle ja vireillä olevia tutkimuslupahankkeita on seitsemän (5.12.2023).

Läheskään kaikki merituulivoimahankkeet eivät sijoitu merialuesuunnitelman mukaisille energiantuotantoalueille. Hankkeiden määrän nopean lisääntymisen taustalla on merellisen energiantuotannon tilanne- ja kehityskuvan muuttuminen uuden geopolitiittisen tilanteen ja vihreän siirtymän tavoitteiden seurauksena. Lukuisten merituulivoimahankkeiden toteutuminen vaatii laajaa yhteensovittamista muiden merellisten toimijoiden kanssa ja etenkin kalaston ja kalastuksen, merenkulun ja meriluonnon kannalta on oltu huolissaan hankkeiden suuresta määrästä, ja siitä etteivät hankkeet sijaitse merialuesuunnitelman potentiaalisilla energiantuotantoalueilla.

2.4.3.3 Merialuesuunnitelman potentiaaliset energiantuotantoalueet osittain aluevesillä ja osittain talousvyöhykkeellä

Merituulivoimahankkeiden kannalta haasteelliseksi nähdään hankekehittäjien keskuudessa merialuesuunnitelman potentiaalisten energiantuotantoalueiden sijoittuminen osin talousvyöhykkeelle ja osin aluevesille, jonka myötä hankkeen osilla on erilaiset lupa- ja kaavoitusvaatimukset. Aluevesillä hanketta säätelee maankäyttö- ja rakennuslaki (MRL), jonka myötä tuulivoimaloiden rakentaminen edellyttää lainvoimaisen tuulivoimayleiskaavan (MRL luku 10a) ja voimaloille rakennusluvat. Molempiin menettelyihin liittyy myös valitusmahdollisuus. Talousvyöhykkeellä maankäyttö- ja rakennuslakia ei sovelleta, muuten kuin merialuesuunnittelua koskevaa 8 a-lukua (Laki Suomen talousvyöhykkeestä 1058/2004). Hankekehittäjät useimmiten haluavat hankkeensa sijaitsevan joko kokonaan talousvyöhykkeellä tai kokonaan aluevesillä. Näin vältetään tilanteet, joissa osalla hankealueesta hankkeen aikataulu on riippuvainen lakisääteisistä kaava- ja lupamenettelyistä, ja joissa hankkeen toteuttaminen saattaa estyä kaavan tai rakennusluvan kaatumiseen oikeusasteissa. Vaikka tuulivoimalat sijoittuisivatkin kokonaan talousvyöhykkeelle, niiden edellyttämät merikaapelit sijoittuvat aluevesillä maakuntakaavoitetulle ja mahdollisesti yleiskaavoitetulle alueelle. Kaapelireittien osalta on siten otettava huomioon myös aluevesien kaavallinen ohjausvaikutus, vaikka itse hankealue olisi talousvyöhykkeellä. Talousvyöhykkeellä olevien hankkeiden osalta tulee joka tapauksessa YVA-lain mukaisessa ympäristövaikutusten arviointimenettelyssä huomioida tarvittavilta osin myös maakuntakaavoissa aluevesille osoitetut tuulivoimavaraukset yhteisvaikutusten osalta.

Kuva 2-3. Suomen ja Ahvenanmaan merialuesuunnitelmat, Ruotsin merialuesuunnitelman ja merialuesuunnitelmaluonnoksen potentiaaliset energiantuotantoalueet ja joulukuussa 2023 vireillä olleet merituulivoimahankkeet. Kartassa vaaleanpunaisella värillä on osoitettu merialuesuunnitelman mukaiset energiantuotantoalueet ja mustalla rajauksella vireillä olevien hankkeiden rajauksia. Kartta on tehty 12/2023, jonka jälkeen vireille tulleita hankkeita ei ole esitetty. Kartan tarkoitus ei ole esittää kaikkia vireille tulleita hankkeita, vaan esittää suuntaa-antavasti suunnitelmien sijoittumisen eroavaisuus merialuesuunnitelmasta. Lähde: Varsinais-Suomen liitto 12/2023, Ahvenanmaan maakuntahallitus 12/2023, Suomen ammattikalastajaliitto 12/2023, Ruotsin lääninhallitusten ylläpitämä karttapalvelu (Vindbrukskollen) 12/2023, Ruotsin meri- ja vesivirasto 12/2023, Ruotsin energiavirasto 12/2023.



2.4.3.4 Merialuesuunnitelman potentiaaliset energiantuotantoalueet eivät sovellu kokonaan hankekehitykseen

Haastattelujen pohjalta voidaan päätellä, että hankekehittäjät olisivat valmiita hyödyntämään merialuesuunnitelmaa vahvemmin ohjaavana tekijänä, mutta haasteena nähdään se, ettei merialuesuunnitelman potentiaaliset energiantuotantoalueet välttämättä todellisuudessa sovellu sellaisenaan tuulivoiman rakentamiselle ja edellyttävät tarkempaa suunnittelua. Alueen merkintä merialuesuunnitelmaan ei poista tarvetta käydä aktiivista vuoropuhelua eri sidosryhmien kanssa merituulivoiman yhteensovittamiseksi muun merialueen käytön kanssa.

Ennen YVA-menettelyn tarkempia kartoituksia hankealueen valinnassa huomioidaan hankekehittäjien haastatteluiden perusteella mm. merialuesuunnitelma, suojelualueet, merenkulun liikennöintialueet, puolustusvoimien alueet ja GTK:n syvyytiedot. Luonnonolosuhteista ei ole paljon tietoja talousvyöhykkeeltä, mutta oletuksena on, ettei talousvyöhykkeen syvillä alueilla esiinny niin runsaasti luontoarvoja kuin aluevesillä. Hankealueiden valinta perustuu olemassa olevaan tietoon, jota ei ole paljon talousvyöhykkeeltä, ja riskinä on, ettei osa valitusta alueesta sovelukaan hankekehitykseen esimerkiksi epäsuotuisien pohjaolosuhteiden vuoksi. Alueet rajataan pinta-alaltaan suuriksi, koska on suuri riski, että tarkemmissa kartoituksissa osa alueesta osoittautuu sopimattomaksi tuulivoimakehitykselle. Lisäksi suurempi alue on kannattavampi taloudellisesti. Hankekehittäjien haastattelussa selvisi lisäksi, että jos merialuesuunnitelmaan merkittyjen potentiaalisten energiantuotantoalueiden ulkopuolella on hankekehitykseen soveltuvaa aluetta, eikä siellä ole mitään rakentamista estävää (esim. väylää tai suojelualueita), niin on nähty sopivaksi laajentaa hankealuetta merialuesuunnitelman potentiaalisten energiantuotantoalueiden ulkopuolelle. Tämän ei olla ajateltu aiheuttavan ongelmaa, sillä merialuesuunnitelma ei ole sitova.

On kuitenkin otettava huomioon, että vaikka alueella ei olisi väylää se ei tarkoita, etteikö se olisi tärkeä merenkululle, sillä merenkulun alueet ovat ulkomerialueiden merenkulun sujuvuuden kannalta hyvin olennaisia. Lisäksi hankkeiden yhteisvaikutusten arviointi on haastavaa, sillä selkeää kokonaiskuvaa uusien hankkeiden sijoittumisesta ei ole julkisesti saatavilla. Mikäli esimerkiksi merenkulun alueet nähdään selkeinä no go -alueina merituulivoiman kannalta, tulisi tämän selkeästi ilmetä merialuesuunnitelmasta. Tällä hetkellä tiettyjen alueiden soveltumattomuus selviää vasta hyvin pitkällä hankekehityksen prosessissa esim. YVA-selostusvaiheessa saatujen lausuntojen kautta. Tämä voi aiheuttaa sen, että hankealueita tulee muuttaa hankekehityksen ollessa jo pitkällä, mikä aiheuttaa riskin hankkeen toteutumiselle.

2.4.3.5 Merialuesuunnitelman potentiaalisilta energiantuotantoalueilta poikkeamisen riskit

Vaikka nykyisessä merialuesuunnitelmassa ei osoiteta sitovia varauksia tai rajoitteita energiantuotantoalueiden osalta, vaan ainoastaan potentiaalia, niin riskiksi voi muodostua lakisääteisten menettelyiden hidastuminen, jos hanke ei täysin osu merialuesuunnitelman potentiaalisille energiantuotantoalueille tai pahimmassa tapauksessa hankkeen pysähtyminen, jos alue poikkeaa näiltä täysin. Merialuesuunnittelun laajassa sidosryhmäyhteistyössä ja olemassa olevien tietojen pohjalta laaditussa merialuesuunnitelmassa on jo sovitettu yhteen eri toimialojen, kuten mm. merenkulun, energiantuotannon, kalastuksen ja luonnonsuojelun, käyttötarpeita. Merialuesuunnitelma osoittaa juuri tiettyjen alueiden olevan potentiaalisia merituulivoimalle ja näin ollen niiltä poikkeaminen voi johtaa merialueen toimintojen yhteensovittamisen hankaluuteen.

Eryteisesti sujuvan ja turvallisen merenkulun varmistaminen myös tulevaisuudessa nähdään ratkaisevana tekijänä Suomen huoltovarmuudelle. Mikäli merituulivoimapuistoja sijoitetaan merialuesuunnitelmassa osoitettujen merenkulun alueiden¹⁰ kanssa ristiriitaisesti, saattaa sillä olla merkittävä vaikutus merenkulun sujuvuuteen. Merenkulun viranomaisten näkemys onkin, ettei merituulivoimapuistoja tule sijoittaa merialuesuunnitelman merenkulun alueiden kohdalle. Merenkulun alueiden ja suunniteltujen merituulivoima-alueiden välinen riittävä etäisyys on viranomaisen mukaan arvioitava selvitysten ja riskiarviointien jälkeen. Hankekehittäjät näkevät ratkaisuna edellä mainittuun haasteeseen mm. Pohjoismaiden välisen yhteistyön lisäämisen ja yhteisen reittijakojärjestelmän luomisen erityisesti jääolosuhteet huomioiden. Suomen ja Ruotsin yhteistyötä tarvitaan merenkulun reittejä arvioidessa, mutta yhteisen reitinjakojärjestelmän luomisen haaste on nimenomaan talviolosuhteet, eli järjestelmä ei välttämättä ole käyttökelpoinen haastavien jääolosuhteiden alueilla esim. Perämerellä.

Merialuesuunnittelun tulisi näkemyksemme mukaan jatkossakin toimia suuntaantavana lähtökohtana hankekehittämiselle mahdollistaen sujuvan hankekehityksen ympäristöarvot huomioiden ja samalla erilaisten merellisten toimintojen yhteensovittamisen Suomen edun mukaisesti. Sujuva hankekehitys edellyttää kuitenkin, että hankekehittäjien tulisi voida luottaa lähtökohtaisesti merialuesuunnitelman potentiaalisten energiantuotantoalueiden olevan soveltuvia merituulivoimahankkeiden sijoittamiselle. Tietoa biologisista, fysikaalisista ja

10 Merenkulun alue -merkinnällä osoitetaan yleispiirteisesti merenkulun käyttämät alueet merialuesuunnitelmassa. Merenkulun alueet perustuvat laivojen ympäri vuoden käyttämiin alueisiin huomioiden toisistaan paljon poikkeavat avovesikauden ja talvimerenkulun reitit.

geologisista muuttujista talousvyöhykkeeltä ei kuitenkaan ole saatavilla niin kattavasti, jotta merialuesuunnitelman energiantuotannolle potentiaaliset alueet voisi olla suoraan hyödynnettävissä. Tiedon puutteen vuoksi viranomaisen joutuu vaatimaan kattavia lisäselvityksiä hankkeen YVA-menettelyn yhteydessä, joiden kustannukset kertyvät yksittäiselle hankekehittäjälle ja joiden tulokset eivät kovin nopealla aikataululla ole kaikkien hyödynnettävissä. Hankekehittäjät ymmärtävät tiedon keruun tarpeen, mutta peräänkuuluttavat tiedonkeruun vastuiden ja kustannusten jakamista tasaisemmin viranomaisen/valtion ja yksityisten tahojen kesken. Aluevesiltä on ainakin keskimäärin enemmän tutkittua ja kartoitettua tietoa olemassa, jolloin aluevesillä toimivat hankekehittäjät ovat sen osalta erilaisessa asemassa.

Yhtenä merialuesuunnittelun haasteena nähdään koko Pohjanlahden suunnittelun koordinoinnin vähäisyys. Ruotsin merialuesuunnitelma näyttää myös heikosti ohjanneen hankkeiden sijoittumista, jolloin rajavyöhykkeen suunnittelu ja yhteisvaikutusten arviointi on haasteellista kokonaisnäkömyksen puuttuessa.

2.4.4 Yhteenveto ja johtopäätökset

Talousvyöhykkeen edut merituulivoiman hankekehitykselle

- Syvillä merialueilla monimuotoisuus on keskimäärin alhaisempaa kuin matalammilla aluevesien alueilla.
- Talousvyöhykkeen lainsäädäntö mahdollistaa ainakin teoriassa nopean hankekehityksen, tosin tämä riippuu lain lopullisesta tulkinnasta ja siitä, kuinka jouhevasti loppujen lopuksi hankkeet voivat talousvyöhykkeellä edetä.
- Vaikutukset ihmisiin vähäisemmät: etäisyydestä johtuen melu-, välke- ja maisemavaikutukset asukkaille ja loma-asukkaille sekä matkailuun ja virkistyskäyttöön vähäisemmät.
- Sitovan aluesuunnittelun puuttuminen: kaavaa tai rakennuslupaa ei edellytetä, jolloin näihin menettelyihin liittyvät valitusriskit tai kaavoitukseen liittyvää poliittista päätöksentekoriskiä ei ole.
- Talousvyöhyke nähdään hankekehittäjien keskuudessa aluevesiä selkeämpänä toimintaympäristönä.
- Enemmän tilaa valita alueita hankekehitykseen.

Talousvyöhykkeen haasteet merituulivoiman hankekehitykselle

- Hyvin vähäinen olemassa olevan biologisen, fysikaalisen ja geologisen aineiston kattavuus, jolloin vaikutuksia esimerkiksi vedenalaiseen luontoon ja kalastukseen on vaikea tai mahdotonta arvioida esisuunnitteluvaiheessa.
- Merituulivoiman, etenkin kelluvien perustusten, toiminnasta ei ole tarkkaa tutkimustietoa Itämeren jääolosuhteissa.
- Alueet syvällä ja kaukana rannikosta sekä sähkönsiirron rakenteista, jolloin tiedon keruun ja rakentamisen kustannukset nousevat korkeiksi.
- Sitovan ja ennakoitavan aluesuunnittelun puuttuminen: maakuntakaavoituksessa ei ole huomioitu talousvyöhykkeelle sijoittuvien hankkeiden maankäytöllisiä (esim. merikaapelit) tarpeita aluevesillä ja siten maakuntakaavoissa.
- Epäselvät toimintatavat johtuen lain vaihtelevista tulkinnoista.
- Merialuesuunnitelma ainoa työkalu kokonaisuuden käsittelyyn (esim. kumulatiivisten vaikutusten arviointiin).
- Kunnallista rakennuslupaa vastaava lupamenettely puuttuu talousvyöhykkeellä.
- Päällekkäiset tutkimusluvut eri toimijoilla.
- Ei tuloja kunnille.
- Kriittisen energiainfrastruktuurin (merituulivoimapuistot) suojeleminen kriisitilanteessa on vaikeampaa kuin aluevesillä

Suomen merialuesuunnitelman haasteet

- Merialuesuunnitelma ei vastaa nykyhetken tai suunnitelman voimassa olon aikaista tuulivoimateknologiaa tai anna realistista kuvaa merituulivoiman toteuttamisen tai sijoittamisen reunaehdoista.
- Vireillä olevat hankkeet sijoittuvat merkittävältä osin muualle kuin merialuesuunnitelman potentiaalisille energiantuotantoalueille.
- Merellisen energiantuotannon tilanne- ja kehityskuva on muuttunut ja vireillä olevia merituulivoimahankkeita on enemmän kuin potentiaalisia energiantuotantoalueita ja tutkimuslupahakemuksia on lisäksi jätetty samoille alueille.
- Alhainen sitoutuminen merialuesuunnitelmaan lisää riskiä päällekkäisyyteen muun merialueen käytön kanssa ja yhteensovittaminen hankkeen toteuttamisaikana voi aiheuttaa haasteita.

- Merialuesuunnitelman potentiaaliset energiantuotantoalueet eivät sovellu suoraan hankekehitykseen ja koetaan hankekehittäjien keskuudessa pieniksi.
- Potentiaalisia energiantuotantoalueita sijoittuu osittain talousvyöhykkeelle ja osittain aluevesille.
- Merialuesuunnitelman ohjausvaikutus vaikuttaa olevan osittain epäselvä.
- Geologisen, fysikaalisen ja biologisen tiedon puute etenkin talousvyöhykkeellä.

2.5 Suomen merialuesuunnitelman päivittäminen

Suomessa vallitsee tällä hetkellä vahva EU:n lainsäädäntöön perustuva tahtotila merituulivoiman lisäämiselle ja tahtotilan tulisi olla linjassa uuden merialuesuunnitelman kanssa. Yhteinen strateginen ja määrällinen tavoite merituulivoiman lisäämiseksi nähdään asiantuntijahaastatteluiden mukaan tärkeäksi merialuesuunnittelua ohjaavaksi tekijäksi. Merituulivoiman kehittämisen kannalta olisi siis näkemyksemme mukaan erittäin tärkeää saada selkeät valtakunnalliset tavoitteet, joihin sitoudutaan jokaisella tasolla ja määritetään selkeästi toimet, joilla tavoitteet saavutetaan tiettyyn määräaikaan mennessä. Ilman selkeitä tavoitteita jää epäselväksi, kuinka paljon Suomeen todellisuudessa tarvitaan merituulivoimaa. Jouhevan merituulivoiman kehittämisen mahdollistamiseksi olisi tärkeää mahdollistaa merituulivoiman kehittäminen niin aluevesille kuin talousvyöhykkeelle.

2.5.1 Laaja sidosryhmien osallistaminen

Ensimmäisessä merialuesuunnitelmassa osallistettiin eri sidosryhmiä mm. työpajojen ja julkisten kuulemisten merkeissä. Sidosryhmät osallistuivat skenaarioiden, visioiden ja tiekarttojen laatimiseen, joiden pohjalta merialuesuunnitelmat laadittiin. Vaikka suunnitteluprosessi oli erittäin osallistava, monessa haastattelussa tuli kuitenkin esiin toive vieläkin aktiivisemmasta osallistamisesta ja jatkuvasta vuoropuhelusta eri toimijoiden välillä. Monet haastatelluista hankekehittäjien ja viranomaisen taholta osoittivat kiinnostusta osallistua jatkossa enemmän merialuesuunnitteluun ja osallistamista toivottiin jo suunnittelutyön aikaisessa vaiheessa, jotta erilaisia näkökulmia on käytännössä mahdollista hyödyntää merialuesuunnittelutyössä.

Hankekehittäjät kokevat tärkeäksi osallistumisensa merialuesuunnitteluun muiden sidosryhmien lisäksi, sillä heillä on arvokasta tietoa, jota voi hyödyntää suunnittelussa. Tulee kuitenkin huomioida, että Suomen merialueet ovat hyvin erilaisia kuin muut merialueet, sillä täällä on hyvin pienipiirteinen merenpohja, poikkeukselliset jääolosuhteet ja Itämeri on lisäksi erityisen herkkä ympäristön muutoksille. Hankekehittäjien haastatteluissa ehdotettiin erääksi osallistamisen keinoksi merialuesuunnitelman lausuntopyyntöjen lähettämistä hankekehittäjille. Lausuntopyyntö voisi lähettää joko suoraan hankekehittäjille tai Suomen Tuulivoimayhdistyksen (STY) merituulivoimavaliokunnalle, joka voisi toimittaa pyynnöt hankekehittäjille. Lisäksi ehdotettiin, että STY:n merituulivoimavaliokunnan kanssa olisi hyvä käydä aktiivista ja jatkuvaa vuoropuhelua merialuesuunnitteluun liittyen.

Hankekehittäjien haastatteluiden perusteella merialuesuunnitelman merenkulun alueet tulisi määritellä tarkemmin, sillä nykyisen merialuesuunnitelman AIS-dataan perustuvat merenkulun alueet ovat hankekehittäjien mielestä liian laajoja eivätkä kuvasta tehokasta, mutta silti turvallista merialueen käyttöä. Merialuesuunnitelman merenkulun alueet perustuvat laivojen ympäri vuoden käyttämiin alueisiin huomioiden toisistaan paljon poikkeavat avovesikauden ja talvimerenkulun reitit. Tällöin merenkulun alueet muodostuvat hyvin laajoiksi. Merialuesuunnitelman päivittämisen yhteydessä on asiantuntijahaastatteluiden mukaan pohdittu erillisen talvimerialuesuunnitelman mahdollisuutta edellä mainittujen merenkulun vuodenaikaisten eroavaisuuksien vuoksi. Erillisissä avovesi- ja jääajan merialuesuunnitelmissa merenkulun alueet voitaisiin näkemyksemme mukaan mahdollisesti rajata nykyistä merialuesuunnitelmaa tarkemmin. Tästä huolimatta kahdesta erillisestä suunnitelmasta emme näe olevan hyötyä merituulivoiman ja merenkulun yhteensovittamisessa, sillä hankkeiden suunnittelussa on joka tapauksessa huomioitava merenkulun edellytykset molempien suunnitelmien mukaisesti. Erilliset suunnitelmat voisivat mahdollisesti soveltua jonkin liikkuvan merellisen toiminnon yhteensovittamiseen merenkulun kanssa staattisten merituulivoimahankkeiden sijasta.

Yhtenä ratkaisuna hankekehittäjien puolelta on esitetty yhteispohjoismaista jääolosuhteet huomioivaa reittijakosuunnitelmaa merenkulun järjestämiselle, joka vaatisi eri maiden viranomaisten välistä tiivistä yhteistyötä. Tämä voisi mahdollistaa merenkulun alueiden tiukemman rajaamisen merialuesuunnitelmaan, jolloin jäisi enemmän liikkumavaraa merituulivoima-alueiden sijoitteluun.

Merenkulun viranomaisen näkemyksen mukaan nykyisessä merialuesuunnitelmassa ei juurikaan huomioida talvimerenkulun tarvitsemia reittejä, sillä ne jäävät tiheämmin liikennöityjen alueiden varjoon. Tätä näkökulmaa on tuotu esille myös merialuesuunnitelman päivytysprosessissa merenkulun viranomaisen

toimesta. Merenkulun viranomaisen näkemyksestä alueet eivät ole muodostuneet nykyisellään liian suuriksi, päinvastoin, etenkin Perämeren osalta talvimerenkulun käyttämien alueiden lisääminen olisi tärkeää.

Avomeren liikennöintikäytäviä ei voi muodostaa liian ahtaiksi meriturvallisuudesta johtuvista syistä ja sujuvan, etenkin talviaikaisen, merenkulun varmistamiseksi. On huomioitava, että liikennöintikäytävät saattavat muodostua talviaikana jopa sadan kilometrin mittaisiksi.

Edellä mainittujen näkemysten perusteella hankekehittäjien ja merenkulun viranomaisen välistä tiivistä vuoropuhelua ja yhteisten ratkaisumallien löytämistä tarvitaan, jotta merituulivoimaa voidaan kehittää sujuvasti. Etenkin talvimerenkulun haasteiden ratkaisemista ei tulisi jättää pelkästään reittijakosuunnitelman varaan, vaan kysymys koskee merenkulkua valtioiden välillä, reittejä, suunnitelmien koordinoitua ohjeistusta, sekä eri tasoilla tapahtuvaa valtioiden välistä dialogia.

Merituulivoiman ja merellisten ekosysteemipalveluiden yhteensovittamiseen tulisi panostaa jatkossakin ja selvittää monikäyttöalueiden sekä ns. MariParkien mahdollisuuksia (Suomen merialuesuunnitteluyhteistyön koordinaatio, 2023). Merituulivoimapuistot voisivat toimia alustoina mm. vapaa-ajankalastukselle, levänviljelylle ja metsästykselle. OX2 on aloittanut yhteistyön Under Ytan- ja Nemo Seafarms-nimisten yritysten kanssa tutkimusaseman perustamiseksi Björkskärille Ahvenanmaan pohjoispuolella. Hankkeen tavoitteena on kehittää ja testata menetelmiä, joilla voidaan lisätä luonnon monimuotoisuutta OX2:n Ahvenanmaan edustalle suunniteltujen Noatun Nord- ja Noatun Syd-merituulivoimahankkeiden yhteydessä. Hankkeen tuloksilla on vaikutusta myös muihin OX2 tuulipuistoihin Pohjanlahdella. Yhteistyöyritykset kehittävät kaupallista levä- ja meriviljelyä sekä ekosysteemipalveluja, kuten kalojen elinympäristöjen parantamista ja simpukkaviljelyä, joilla voidaan poistaa merestä ravinteita ja vähentää siten rehevöitymistä. (OX2, 2023) Eoluksella on Itämerisitoumus, jossa yhtenä tavoitteena on tukea kompensatiohankkeita (Eolus, 2023). Ørsted on sitoutunut jättämään nettopositiivisen biodiversiteettivaikutuksen ja pilotoimaan innovatiivisia biodiversiteettihankkeita (Ørsted, 2023). Suomen Hyötytuulella on Tahkoluodon merituulivoimapuistossa lintututka, jolla voidaan arvioida merituulivoimapuiston vaikutuksia lintuihin (Suomen Hyötytuuli, Vastuullisuus, 2023). Merituulivoimapuistoissa voidaan yhdistää useaa eri merenkäyttömuotoa, järjestää luontovaikutusten seurantaa ja lisätä luonnon monimuotoisuutta merituulivoimapuistojen alueilla. Toimintojen keskittäminen voi myös vapauttaa muilta alueilta käyttöpaineita.

Merialuesuunnittelun keskiössä on vuoropuhelu ja yhteiskehittäminen kaikkien toimijoiden kesken merialueen käytön yhteensovittamiseksi. Vuoropuhelua tarvitaan, jotta eri tahot ymmärtävät toisiaan ja tietoa voidaan jakaa. Esimerkkinä tästä on syksyllä 2023 merialuesuunnittelua varten pidetty merellisten toimijoiden välinen työpajasarja, jonka tarkoituksena on toimia kaksisuuntaisen viestinnän alustana lisäten eri toimijoiden välistä ymmärrystä.

Näkemyksemme mukaan tieto merialuesuunnitteluun osallistumisen mahdollisuudesta ei ole ensimmäisellä merialuesuunnittelukierroksella saavuttanut kaikkia halukkaita, joten tiedonkulkua voisi entisestään tehostaa. Tietoa merialuesuunnitelmasta ja merialuesuunnittelusta, siitä mihin merialuesuunnitelma perustuu ja tarkempi kuvaus siitä, miten suunnittelutyö etenee, olisi lisäksi hyvä olla vielä selkeämmin saavutettavissa.

Koska merialuesuunnittelu perustuu useiden merellisten toimintojen yhteensovittamiseen, tarvitaan näkemyksemme mukaan aitoa ja avointa vuoropuhelua sekä todennäköisesti jonkin verran kompromisseja lähes jokaiselta taholta. Jotta kompromisseja voidaan saavuttaa turvallisuudesta tinkimättä ja Suomen huoltovarmuutta vaarantamatta, tulee Suomella olla selvä tahtotila ja suunnitelma siitä miten valtiotasoiset tavoitteet vihreän siirtymän osalta saavutetaan. Koska toimintoja merellä on paljon, vaatii niiden yhteensovittaminen koordinoitua ongelmien ratkaisua eikä se onnistu yksittäisten hankkeiden kehitystyön yhteydessä vaan tulisi perustua ratkaisukeskeiseen viranomaisohjaukseen.

Mm. Tanskassa ja Pohjanmerellä on runsaasti merituulivoimaa ja olisikin hyvä selvittää miten merituulivoima ja muu merenkäyttö, etenkin merenkulku, on siellä yhteensovitettu.

2.5.2 Tiedonkeruun tehostaminen ja vastuiden jakaminen

Toistuva teema haastatteluissa oli tiedon puutteellisuus merellä, etenkin talousvyöhykkeellä. Tietoa meriluonnosta ja sosiokulttuurillisista muuttujista mereltä tarvitaan lisää, jotta tärkeät meriluontokohteet voidaan säilyttää ja suunnitelma saa yleisen hyväksynnän. Vaikka kansallisessa Vedenalaisen meriluonnon monimuotoisuuden inventointiohjelmassa (VELMU)¹¹ on vuodesta 2004 alkaen kerätty

11 Vedenalaisen meriluonnon monimuotoisuuden inventointiohjelma (VELMU): <https://www.ymparisto.fi/fi/luonto-vesistot-ja-meri/luonnon-monimuotoisuus/suojelu-ja-tutkimusohjelmat/velmu-ohjelma>

tietoa Suomen merialueilta yli 170 000 pisteeltä, merituulivoimahankkeiden sijoittelua varten tarvitaan vieläkin tarkempaa tietoa, jotta arvokkaat luontokohteet voidaan tunnistaa paremmin ja taata niiden säilyminen. VELMUn inventointipisteet sijaitsevat lähes kokonaan aluevesillä, joten talousvyöhykkeen merituulivoimahankkeita ne eivät palvele muuten kuin merikaapelireittien osalta. Myös geologisen tiedon kattavuus talousvyöhykkeellä on harvaa. Lintujen ja lepakoiden muuttoreiteistä sekä kalojen vaellusreiteistä talousvyöhykkeellä tiedetään hyvin vähän.

2.5.2.1 Suomen toiseen merialuesuunnitelmaan päivitettävät tiedot

Ensimmäisen merialuesuunnitelman potentiaalisten energiantuotantoalueiden määrittelyn taustalla käytettyä Zonation-tuulivoima-analyysiä päivitetään ja sen on määrä valmistua vuoden 2023 loppuun mennessä, jonka jälkeen sitä käytetään uuden merialuesuunnitelman pohjana. Haastatteluiden perusteella Zonation-analyysiin lisätään tietoa pelagisten ekosysteemien hiilensidonnasta, päivittynyttä tietoa vedenalaisesta luonnosta, tietoa ilmastonmuutoksen vaikutuksista lajistoon, laajennetut suojelualueet ja tuoreen ympäristöministeriön rahoittaman lintuhankkeen tuloksia lintujen ruokailu- ja levähdysalueista. Nykyisessä merialuesuunnitelmassa huomioitiin vain ne lajit, jotka asiantuntijat arvioivat olevan herkkiä merituulivoiman rakentamiselle, mutta nyt huomioidaan kaikki lajiaineisto sekä pinnan alta että pinnan päältä. Tarkka syvyysaineisto on salattua tietoa, mikä haastatteluiden perusteella aiheuttaa puutteen analyysissä. Matalien alueiden syvyysaineiston tarkkuutta parannetaan käyttämällä satelliittibatymetriaa, ja talousvyöhykkeen syvyydestä on saatu paikoin tarkempaa tietoa. Lisäksi tullaan selvittämään kehityskuvia eri elinkeinoista ja ilmastonmuutoksen vaikutuksista meriluontoon eli mm. onko suojelunarvoiset kohteet tulevaisuudessakin samoilla alueilla kuin ne ovat nykyään vai syntykö tulevaisuudessa uusia tärkeitä suojelunarvoisia kohteita.

Zonation-analyysin päivityksessä otetaan haastatteluiden perusteella huomioon myös Ahvenanmaalla ja Satakunnassa toteutetun Pan Baltic Scope - FIAXSE-pilottihankkeen tuloksia sosiokulttuurillisista tekijöistä ja selvitetään miten tietoa näistä tekijöistä saisi jatkossa kerättyä enemmän muiltakin alueilta. Hankkeessa selvitetiin paikallisten kalastajien luottamuksen tasoa siitä, miten merialuesuunnittelussa huomioidaan heidän alueidenkäyttötarpeensa. Lisäksi selvitettiin kalastajien halukkuutta osallistua merialuesuunnitteluun. Luottamuksen taso nähtiin hyväksi. Hankkeessa tehtiin myös karttapohjainen kysely ja järjestettiin paikallisia tapaamisia, joissa selvitettiin mitkä alueet koetaan erityisen tärkeiksi vastaajien keskuudessa. Hankkeen tulokset ovat vielä julkaisematta, mutta niitä on lyhyesti esitelty täällä: <https://aland.maps.arcgis.com/apps/Cascade/index.html?appid=e0f5913e-7ab1415983db739abf0cdaad>. Suomen ympäristökeskus hyödyntää tuloksia

ekosysteemipalveluiden arvoalueiden (ESPA-alueet) luomisessa, joita taas tullaan käyttämään merituulivoimalle potentiaalisten alueiden mallinnuksessa ja merialue-suunnittelutyön tukena. ESPA-selvitys ilmestyy Suomen ympäristökeskuksen julkiasusarjassa alkukeväästä.

Haastattelujen perusteella taloudellisten muuttujien sisällyttämistä merialue-suunnitelmaan ei koeta erityisen tärkeänä, sillä hankekehittäjillä on paras osaaminen tästä aiheesta itsellään. Taloudellinen analyysi jätetään siis pois seuraavasta merialuesuunnitelmasta. Taloudelliset tekijät näkyvät kuitenkin suunnittelussa siten, että selvitetään merituulivoiman rakentamisen taloudellisia vaikutuksia muihin merellisiin toimintoihin.

2.5.2.2 Tiedonkeruun tehostaminen ja koordinointi

Talousvyöhykkeeltä kerätyn fyysikaalisen, geologisen ja biologisen tiedon kattavuus on paljon alhaisempi kuin aluevesillä. Haastatteluissa nostettiin useiden eri sidosryhmien, sekä hankekehittäjien että viranomaiset taholta, esille näkemys valtiovetoisen tiedonkeruun lisäämisestä hankekehityksen tukemiseksi, koska tietoa on kerättävä erittäin kattavasti ennen kuin rakentaminen voidaan aloittaa. Tällöin tietoa saisi kerättyä oikea-aikaisesti ja se saataisiin nopeammin kaikkien hyödynnettäväksi. Valtion tulisi taata jatkossa riittävä rahoitus tutkimusorganisaatioille, jotka tuottavat tärkeää tietoa merialueen tilasta kaikkien käyttöön.

Talousvyöhykkeelle suunniteltujen yksittäisten hankealueiden koko on huomattavan suuri (jopa yli 2 000 km²), ja näin ollen koko alueen systemaattinen kartoitus YVA-menettelyn yhteydessä on käytännössä teknis-taloudellisesti mahdotonta erityisesti, kun perustietoa ei talousvyöhykkeeltä ole kovin paljon. Pelkästään hankealueen koon ei näkemyksemme mukaan tulisi olla perusteena määrittäessä kartoitettavan alueen kokonaispinta-alaa, vaan tulisi ennemmin keskittyä alueen mahdolliseen monimuotoisuuteen ja valita näytteenotto siten, että se edustaa mahdollisimman hyvin koko aluetta. Kaukana ulkomerellä olevien syvien alueiden monimuotoisuus on lähtökohtaisesti pienempi (Viitasalo ym., 2017), jolloin niiden osalta tulisi sallia yleistasoisemmat kartoitukset kuin lähempänä rantaa olevien monimuotoisempien alueiden osalta.

Jos tiedonkeruu on pääosin hankekehittäjien vastuulla, tulee tieto julkisesti hyödynnettäväksi vasta, kun hanke on edennyt YVA-selostusvaiheeseen, jolloin tavallisesti erillisselvitysten yhteydessä kerättyä aineistoa laajemmin julkaistaan. Se, viekö hankekehittäjä raaka-aineistot julkisiin ympäristöhallinnon ylläpitämiin tietokantoihin, on vapaaehtoisuudella eikä mikään laki tai asetus siihen suoranaisesti velvoita. Olisi mielestämme järkevää saattaa hankkeissa kerätty tieto julkiseksi

mahdollisimman nopeasti, jotta sitä voisi hyödyntää muissakin projekteissa, meri- aluesuunnittelussa ja tutkimuksessa. Hankkeissa kerätyn tiedon vapaa saatavuus nähtiin myös hankekehittäjien ja viranomaisten kannalta hyödylliseksi. Tiedon avoimuus ja jakaminen kaikkien käyttöön nähtiin hankekehittäjien puolelta positiiviseksi asiaksi, joka edistäisi tuulivoimamarkkinaa kokonaisuudessaan. Ongelmaksi ei nähty sitä, että tiedosta tulisi julkista ja myöhemmin aloittavat hankkeet hyötyisivät näistä tiedoista, kunhan hankekehittäjällä olisi yksinoikeus kehittämälleen alueelle jo tutkimuslupavaiheessa. Määräaikainen yksinoikeus edistäisi perusteellisten selvitysten tekemistä YVA-vaiheessa, kun hankekehittäjällä olisi varmuus hankkeen oikeuksista.

Mikäli eri hankkeissa käytetyt menetelmät eroavat merkittävästi toisistaan, saattaa näkemyksemme mukaan olla mahdotonta luoda kokonaiskäsitystä siitä, mikä hankkeista olisi ympäristön kannalta vähiten kielteisiä vaikutuksia aiheuttava. Kartoituksista saatua yhteismitallista tietoa on helpompi hyödyntää myös meri- aluesuunnittelussa ja yleisesti tutkimuksessa kuin toisistaan selkeästi eroavilla menetelmillä kerättyä tietoa.

Jotta eri toimijoiden keräämä tieto olisi parhaiten hyödynnettävissä ja tieto olisi yhdenmukaista, olisi hyvä luoda standardit, joilla tiedonkeruuta toteutetaan. Valtion olisi näkemyksemme mukaan hyvä toimia yhdenmukaisen tiedonkeruun koordinoijana ja tiedon laadunvarmistajana. Ympäristöministeriö on tehnyt tuulivoimarakentamisen ohjeistuksen (Ympäristöministeriö, Tuulivoimarakentamisen suunnittelu, 2016), mutta se on kuitenkin yleistasoinen. Ohjeistusta ollaan päivittämässä, ja uudessa versiossa voisi kuvata tarkemmin, miten merellä toteutettavat kartoitukset tulisi toteuttaa tai luoda erillinen ohjeistus kartoitusten toteuttamiseen. Tiedon yhteismitallisuus on mielestämme hyvin olennaista, jotta eri hankkeiden vaikutuksia voidaan vertailla keskenään.

Ympäristöministeriön johtamassa VELMU-hankkeessa kartoitetun laji- ja elinympäristötiedonyhdenmukaisuus varmistetaan VELMU-menetelmäohjeistuksen avulla (Suomen ympäristökeskus & Metsähallitus, 2022). Ohjeistus koskee pohjan biotooppikartoituksia. Siinä on tarkasti kuvattu eri näytteenottomenetelmät ja miten kerätty tieto tallennetaan tietojärjestelmiin. Ohjeistus koskee merenpohjan geologista kartoitusta, uhanalaisten lajien kartoitusta, sukelluskartoituksia ja vedenalaista videointia sekä kovien pohjien pohjaeläinkartoitusta. Pehmeiden pohjien näytteenottoa käsitellään mm. HELCOMin ohjeistuksessa (HELCOM, 2017). Muita ohjeistuksia tarkempien vedenalaisten kartoitusten tueksi on myös saatavilla (BOEM, 2023; Franco;Quintino;& Elliott, 2015).

Hankkeiden YVA-menettelyssä käytettyjen menetelmien yhdenmukaistaminen, yhtenäinen ohjeistus ja koordinointi nähdään tärkeänä, jotta tietojen keruu on koordinoitua ja tiedot samassa muodossa kaikille toimijoille paremmin hyödynnettävissä. Sidosryhmähaastatteluissa arvioitiin, että aineiston systemaattisen keruun toteuttaminen pelkästään viranomaisvetoisesti tuskin onnistuu, sillä se on hyvin kallista eikä kaikkia alueita pystytä kartoittamaan nopeasti. Tiedonkeruun tuleekin haastatteluiden perusteella toteutua sekä hanke- että viranomaisvetoisesti ja siksi yhtenäiset ohjeistukset ovat mielestämme erityisen tärkeitä.

Meneillään on 17 organisaation luontotiedon kansallinen kehittämisohjelma, jossa annetaan yhteiset suuntaviivat tehokkaamman, uusinta menetelmäkehitystä seuraavan ja tarpeisiin vastaavan luontotiedon keräämiseksi ja jalkauttamiseksi (SYKE, 2023). Tässä yhteistyöohjelmassa, jossa on mukana mm. ELY-keskus, GTK, Helsingin yliopisto, Metsähallitus ja ministeriöitä, voisi mielestämme tätä haastetta käsitellä.

Edellä mainitut seikat puoltavat sitä, että tiedonkeruun ja etenkin tiedon tallentamisen valtiohallinnon rekistereihin tulisi olla suurimmaksi osaksi koordinoitua ja viranomaisvetoista.

2.5.2.3 Uusien menetelmien hyödyntäminen

Uusien kartoitus- ja tiedonkäsittelymenetelmien hyödyntäminen nähtiin haastatteluiden perusteella tärkeäksi tiedon tehokkaamman keräämisen edistämiseksi, jolloin sitä voidaan hyödyntää sekä hankkeiden sijoittelun suunnittelussa että merialuesuunnittelussa. Näitä olivat mm. käyttökelpoisten ja luotettavien mallinnusten kehittäminen, muun tiedon tukena käytettävä molekyylibiologinen eDNA ja kaukokartoitus (Norros, ym., 2022; Bravo, ym., 2023). Viranomaisen taholta on tunnistettu tarve käyttökelpoisemmille ja luotettavimmille mallinnoille, joilla on mahdollista saada tietoa hankkeiden vaikutuksista. Mallien avulla on mahdollista ennustaa tutkimuspisteillä havaittujen tietojen perusteella olosuhteita alueille, joilla ei ole inventointiaineistoa saatavilla. Malleissa on väistämättä jonkin verran epävarmuuksia, joten havaintoaineistoa tulee myös jatkuvasti kerätä lisää, sillä suurempi aineistomäärä palvelee mallien luotettavuutta. Olisi tärkeä kehittää uusia mallinnohjeita ja muita toimenpiteitä luotettavan mallinnoituksen edistämiseen. Viranomaisen mukaan olisi tarve selvittää mitä mahdollisuuksia mallinnoituksella olisi vaikutusarvioinnin tukena. Muita menetelmiä merellisen tiedon keräämiseen tehostamiseen on esitelty luvussa 3.3.

2.5.2.4 Meritieteellisen koulutuksen lisääminen

Meritieteellisen koulutuksen piiriin lasketaan tässä sisältyvän merifysiikan, -kemian, -geologian ja -biologian koulutusalat. Viranomaishaastatteluissa nousi esiin huoli riittämättömästä meribiologisesta osaamisesta Suomessa. Esimerkiksi merellisen lajintuntemusosaamisen on huomattu heikentyneen. Myös osaaminen merituuli-voiman kumulatiivisista vaikutuksista on tunnistettu olevan vaillinaista. Osaamisen puute vaikuttaa merituulivoimahankkeiden vaikutusten arviointiin ja siihen, miten potentiaaliset energiantuotantoalueet sijoitetaan merialuesuunnitelmaan. Olisi tärkeä edistää meritieteellistä koulutusta sekä oppilaitoksissa että jo työssä oleville viranomaisille ja vaikutusten arviointia tekeville. Lajintuntemus- ja kenttäkurseja tulisi lisätä, sillä lajintuntemus on vaikutusarvioinnin perusta. Viimeaikainen kehitys on kuitenkin ollut päinvastaista, ja esimerkiksi akvaattisten tieteiden koulutusohjelma Helsingin yliopistossa lakkautettiin muutama vuosi sitten. Nykyinen meribiologian kurssitarjonta on sidottu ympäristötieteiden kandiohjelmaan ja on entistä suppeampi. Lisäksi etenkin yhteisvaikutusten ja kumulatiivisten vaikutusten arviointi vaatii monen alan osaamista ja sen vuoksi merifysiikan, -kemian, -geologian ja -biologian riittävä osaaminen on tärkeää ja se tulee turvata tulevaisuudessa.

2.5.2.5 Merialuesuunnitelman päivityssykli

Vaikka paljon uutta tutkimustietoa päivitetään seuraavaan merialuesuunnitelmaan, on hankekehittäjien keskuudessa ja merialuesuunnittelussa herännyt kysymys, kuinka kauan uusi suunnitelma pysyy ajantasaisena. Merialuesuunnitelman jatkuva kehittäminen nähtiin hankekehittäjien haastatteluissa tukevan markkinan kehittymistä hyvin. On kuitenkin syytä ottaa huomioon, että merialuesuunnitelman päivittäminen kokonaisuudessaan useammin, heikentäisi sen ennakoitavuutta ja hankkeiden investointivarmuutta. Merialuesuunnitelmaan sitoutumisen kulmakivenä on kuitenkin ollut laajaan osallistumiseen ja vuorovaikutukseen perustuva prosessi, jolloin suunnitelman päivittäminen kovin usein ei ole mahdollista. Merialuesuunnitelman päivitys on tarkoitus jatkossa tehdä kuuden vuoden välein samaan tahtiin merenhoidon EU-raportoinnin kanssa.

Strategisena suunnitelmana merialuesuunnitelman tavoitteet tulisivat asiantuntija-haastatteluiden mukaan olla riittävän kaukana tulevaisuudessa (seuraavalla suunnittelukierroksella vuodessa 2050 tai 2060). Suunnitelman pitäisi luoda myös vakaa toimintaympäristö merellisille toimijoille. Pitkän aikavälin tavoitteellisena suunnitelmana suunnitelma tulisi sisältää riittävää väljyyttä, jotta merelliset toiminnot pystyisivät kehittymään ja merialueen tutkimukselle ja tiedon kartuttamiselle olisi aikaa.

Sen lisäksi, että tietoa kerätään kuvaamaan nykytilannetta, eri merellisten toimintojen kehityskuvat nähtiin hankekehittäjähaastatteluissa tärkeinä. Näitä olivat mm. ammattikalastuksen ja autonomisten laivojen kehityskuvat. Merialuesuunnitelman olisi hyvä pystyä ennakoimaan tulevaisuutta siten että se mahdollistaisi uudet teknologiset innovaatiot kuten kelluvat tuulivoimalat, aaltoenergian tai energiasaarten kehityksen tulevaisuudessa.

2.5.3 No go -lähestymistapa merialuesuunnitelmaan

Tämänhetkinen hankekehitys kohdistuu pääsääntöisesti niille alueille, joita ei ole tunnistettu merialuesuunnitelmassa potentiaalisiksi energiantuotantoalueiksi. Tämä tuli ilmi haastatteluissa ja kun tarkastellaan käynnissä olevien hankkeiden sijaintien suhdetta merialuesuunnitelman energiantuotantoalueiden sijaintiin.

Yhtenä vaihtoehtona haasteeseen on esitetty erityisesti hankekehittäjien osalta suunnittelun logiikan kääntämistä niin päin, että suunnitelmassa osoitetaan alueet, jotka eivät sovellu energiantuotantoon (suojelualueet tai muuten herkäät alueet) tai jossa on erityisesti tarvetta yhteensovittamiselle muun toiminnan kanssa. Näiden ns. no go -alueiden ulkopuolella olevat alueet olisivat neutraaleja, eikä merialuesuunnitelmassa otettaisi kantaa siihen, ovatko alueet potentiaalisia energiantuotannolle. Alueiden soveltuvuutta hankekehitykselle voisivat hankekehittäjät pohtia itse, sillä heillä on paras näkemys merituulivoiman rakentamisesta teknologisesta ja taloudellisesta näkökulmasta. Merenpohjan geoteknisistä ominaisuuksista etenkin talousvyöhykkeeltä ei ole kattavasti tietoa, mikä aiheuttaa sen, ettei alueiden tiukka rajaaminen merialuesuunnitelmassa toimi. Etenkin tilanteessa, jossa tietoa on vähän ja hankkeita halutaan edistää nopeasti, koettiin no go-lähestymistapa hyväksi hankekehittäjien lisäksi myös joidenkin viranomaisten mielestä. Myös merialuesuunnittelussa on tätä vaihtoehtoa pohdittu.

Nykyisen merialuesuunnitelman merenkulun alueet¹² perustuvat alusten ympäri vuoden käyttämiin alueisiin, ollen siten laajoja. Merenkulun alueet nähdään viranomaisten näkökulmasta alueina, joille merituulivoimaa ei voida sijoittaa tai sen sijoittaminen heikentää olennaisesti merenkulun sujuvuutta. Tästä huolimatta on kehitteillä useita hankkeita, jotka sijoittuvat merenkulun alueiden kanssa päällekkäin, jolloin hankealuetta saatetaan joutua muuttamaan vielä melko myöhäisessä vaiheessa hankekehitystä. Jotta yhteensovittamisen haasteilta tulevaisuudessa

12 Merenkulun alueet perustuvat meriliikenteen käyttämiin alueisiin, sekä olemassa olevien väylien sijainteihin sekä uusien väylien osoittamistarpeisiin.

vältyttäisiin, tulisi merenkulun alueet viranomaisten mukaan osoittaa selkeästi no go -alueina merialuesuunnitelmaa kehitettäessä, joko karttapohjaisessa suunnitelmassa tai viranomaisohjauksen kautta. No go -alueet voivat kuitenkin olla etenkin talvimerenkulun kannalta haasteellisia määrittää, sillä talvimerenkulun käyttämät reitit poikkeavat huomattavasti avovesiajan reiteistä, sekä myös vaihtelevat vuosittain jääolosuhteiden mukaisesti, jolloin merenkulun liikennöintialueita tulisi määrittellä hyvin laajoille alueille.

Kalastus- ja merenkulun viranomaisten näkemysten mukaan merituulivoimapuisto on käytännössä useiden muiden toimintojen kannalta hankkeen toimintavaiheessa poissuljettua aluetta, sillä tuulivoimalat ja niihin liittyvät rakenteet (sisäinen kaapelointi, sähköasemat) rajoittavat merkittävästi alueella liikkumista tai estävät sen kokonaan.

No go -alueiden määrittämisessä ja ohjausvaikutuksessa on tunnistettavissa joitakin haasteita:

- Viranomaishaastatteluissa nousi esiin näkökulma, ettei tietoa mereltä ole riittävästi edes no go-lähestymistapaan, jolloin neutraalit alueet voidaan tulkita vapaasti käytettäviksi, vaikka niillä tarkempien tutkimusten perusteella voisikin olla meriluonnon arvoja tai muuta yhteensovittamisen tarvetta. No go -alueiden ulkopuolella voi näin olla vielä tunnistamattomia no go -alueita. Esimerkiksi Suomen ekologisesti merkittäviä vedenalaisia meriluontoalueita (EMMA) on tunnistettu niillä alueilla, jossa tietoa on kerätty, ja jossa on todettu esiintyvän ekologisesti merkittäviä alueita (Lappalainen ym., 2020). Tällaisia alueita voi esiintyä myös muilla alueilla, josta tietoa ei vielä ole kerätty. Oleellista siis olisi kerätä tietoa enemmän myös no go-alueiden määrittämistä varten. Merialuesuunnitelman no go -alueiden määrittämisessä tulisi ainakin huomioida EU:n biodiversiteettistrategia, jonka tavoitteita on että 30 % merialueista on oikeudellisen suojelun piirissä sekä 1/3 suojelualueista tiukan suojelun piirissä.
- Merialuesuunnitelman yleispiirteinen mittakaava 1:750 000 ei mahdollista esimerkiksi pienikokoisten luonnonsuojelualueiden tarkkaa rajaamista. Merialuesuunnitelma kuvaa strategista tahtotilaa, eikä sitä ole haastatteluiden perusteella ollut tarkoituskaan tarkastella yksityiskohtaisesti.
- No go -alueiden suhde aluevesillä maakuntakaavan kaavavarauksiin saattaa aiheuttaa tilanteita, jossa eri aikataululla etenevän maakuntakaavoituksen ja merialuesuunnitelman välillä on erilaista ristiriitaista maankäytöllistä ohjausta.

- Tunnistetut tiedon ja lähtötietojen puutteet saattavat johtaa alueiden osoittamiseen no go -alueina, vaikka alue olisi tarkempien selvitysten perusteella hyödynnettävissä merituulivoiman tuotantoon.
- Suunnitelman loogisuuden vuoksi olisi perusteltua, että myös muiden elinkeinoalojen osalta osoittaminen olisi mahdollistavan sijaan poissulkevaa.
- Voidaan myös todeta, että jos nyt on koettu, että viranomaiset suhtautuvat kriittisemmin hankkeisiin, jotka sijoittuvat potentiaalisten energiatuotantoalueiden ulkopuolelle, on mahdollista, että no go -alueiden osalta osittainen päällekkäisyys aiheuttaisi vielä enemmän perustelutarpeita.
- Koska merialuesuunnitelman suunnittelulähtökohta perustuu potentiaalinen tunnistamiseen ja yhteensovittamiseen, voidaan no go -alueiden määrittämisen periaatteiden löytyminen eri sidosryhmien välillä olla haastavaa, joka vuorostaan johtaa siihen, että sitoutuminen merialuesuunnitelmaan heikkenee.
- No-go-alueiden esittäminen tekisi asiantuntijahaastatteluiden perusteella myös käytännössä mahdottomaksi suunnitelman kokonaisvaikutusten arvioinnin. Osoittamalla go-to-alueet voidaan tehdä skenaariotarkasteluita merituulivoiman potentiaalisen kokonaisvaikutuksista, mikä on tärkeää talousvyöhykettä ajatellen. Ruotsilla on myös go-to-tarkastelu, ja Pohjanlahden kehityskuvan kokonaistarkastelua ajatellen on tärkeää, että maat ovat linjassa suunnitelmien kanssa.

Jos no go -mallia lähdetään kehittämään, merituulivoimalle potentiaalisten ja no go -alueiden välissä voisi olla eriarvoisia alueita alueen aseman mukaan erittäin soveltuvasta erittäin huonosti soveltuvaan. Esimerkiksi vesiviljelylle potentiaaliset alueet voisivat samaan aikaan toimia merituulivoimapuistoina, mikäli MariPark-konseptin kautta nämä toiminnot voidaan yhdistää samalle alueelle. Näin ollen vesiviljelylle potentiaaliset alueet eivät olisi ehdottomia no go-alueita merituulivoiman kehittämisen kannalta, vaan voisivat tietyillä ehdoilla soveltua myös merituulivoimalle. Haastatteluiden perusteella MariPark-konseptin voisi ottaa nykyisessä mahdollistavassa merialuesuunnitelmassa huomioon siten, että merituulivoiman go-to-alueilla voisi mahdollisesti osoittaa karttamerkinnällä, mikäli alue on soveltuva monikäyttöön.

2.5.4 Merialuesuunnitelmaan sitoutumisen lisääminen

Laissa Suomen talousvyöhykkeestä (1058/2004) ei olla pystytty ennakoimaan nykyistä tilannetta, jossa merituulivoimaa kehitetään ennenkuulumattomalla tahdilla talousvyöhykkeellä. Eri merellisten toimintojen tarpeet nähdään haastateltujen sidosryhmien mukaan mahdolliseksi sovittaa yhteen, mutta tämän nähdään vaativan hyvän suunnitelman lisäksi myös kompromissikykyä eri osapuolilta. Usean eri sidosryhmän esiin tuoma näkemys on, että merituulivoimalle tarvittaisiin kokonaisvaltainen sijoittelusuunnitelma. Osassa viranomaishaastatteluista toivottiin vahvempaa sääntelyä ja selkeämpiä toimintatapoja talousvyöhykkeelle ja ehdotettiin merialuesuunnitelman sitovuuden lisäämistä, jolloin merituulivoimahankkeiden sijoittelu ja toimintojen yhteensovittaminen koettaisiin selkeämmäksi. Merialuesuunnitelma on ainoa väline talousvyöhykkeen kokonaissuunnitteluun, jolloin sen sitovuuden lisäämisellä pystyttäisiin myös paremmin vaikuttamaan hankkeiden yhteisvaikutuksiin. Sitovuuden lisääminen voisi auttaa myös tekemään merialueiden tutkimuksesta koordinoitumpaa, jolloin kerätty tieto voisi olla kaikkien saatavilla, ja laadulliset kriteerit, joilla hankekehittäjiä arvioidaan lupavaiheessa, voisi tuoda läpinäkyväksi osana aluesuunnittelujärjestelmää.

Niissä maissa, joissa merialuesuunnittelu on viranomaisten käsissä, kuten Iso-Britanniassa, on onnistuttu hyvin tunnistamaan merituulivoimalle soveltuvat alueet ja sovittamaan eri toiminnot keskenään. Isossa-Britanniassa aluevesien merenpohjan omistaa valtion perustama itsenäinen kaupallinen yritys, Crown Estate (CE), joka vuokraa alueita huutokaupalla merituulihankkeille muutaman vuoden välein. Talousvyöhykkeen merenpohjan luonnonvarojen hyödyntämistä valtio hallinnoi ja CE myöntää vuokraoikeuksia alueelle. CE on myös vastuussa hankealueiden tunnistamisesta ja rajaamisesta ja tarjoavat paljon tutkimustietoa alueista kiinnostuneille hankekehittäjille (syvyys, tuulisuus, merenpohjan geologiset ominaisuudet ja muu käyttö). Vuokraoption myöntämisen jälkeen hankekehittäjän on saatava hallitukselta suunnittelulupa, johon vaaditaan YVA-menettely, joten pelkkä vuokrasopimus ei takaa hankkeen toteutumista. Toisaalta CE ei tarjoa vuokravuokrasopimusta, jotka sijaitsevat esimerkiksi suojelualueilla eivätkä siten sovellu tuulivoiman kehittämiseen. Silti Iso-Britanniassakin ongelmana nähdään tiedon riittämätön kattavuus ja hankekehittäjälle jää riski, ettei hanke toteudukaan, vaikka vuokrasopimus on myönnetty, esim. pohjan soveltumattomuuden takia. CE:n toteuttama tiedonkeruu on kuitenkin pääsääntöisesti tehokasta, sillä siihen on taloudellinen kannustin. Koska CE toteuttaa tiedonkeruuta, ei synny riskiä, että hankekehittäjän sitomat rahat alueiden tutkimiseen menevät hukkaan tilanteessa, jossa hanke meneekin toiselle hakijalle.

Ruotsin nykyinen merialuesuunnitelma hyväksyttiin helmikuussa 2022 ja sen päivityksen on tarkoitus valmistua 2024 (Ruotsin meri- ja vesivirasto, 2023). Ruotsin uuden merialuesuunnitelman luonnos on parhaillaan (joulukuu 2023) kansainvälisesti kuultavana. Osana merialuesuunnitelman päivitystyötä on identifioitu tuotannoltaan kolminkertainen määrä lisäalueita merituulivoimalle, joita ei ole nykyisessä merialuesuunnitelmassa (Ruotsin meri- ja vesivirasto, Marine spatial plans, 2023). Ruotsin merialuesuunnitelma on ohjeellinen eikä se ole ohjannut hankkeiden sijaintia kovin hyvin.

Kaiken kaikkiaan suurin osa tämän työn puitteissa haastatelluista sekä hankekehittäjiä että viranomaisen osalta eivät toivo merialuesuunnitelman sitovuuden lisäämistä vaan sen sijaan siihen sitoutumisen lisäämistä, eli että merialuesuunnitelma huomioitaisiin paremmin eri merellisten toimintojen suunnittelussa ja toteutuksessa. Merialuesuunnitelman sitovuuden muuttaminen edellyttäisi näkemyksemme mukaan merkittäviä säädösmuutoksia. Suomessa viranomaiset edellyttävät ottamaan huomioon YVA-menettelyn vaikutusten arvioinnissa merialuesuunnitelmissa esitetyt muut varaukset merialueille, mikä osaltaan tehostaa merialuesuunnitelmaan sitoutumista ja ohjausvaikutusta. Aluevesillä alueidenkäytön suunnittelujärjestelmässä on oikeusvaikutteinen maakuntakaava, joten merialuesuunnitelman sitovuuden lisääminen tällä alueella ei ole tarkoituksenmukaista ja johtaisi yhteen uuteen suunnittelujärjestelmän tasoon. Merialuesuunnitelmissa on ollut kokemuksemme mukaan ohjausvaikutusta aluevesien kaavoitukseen, niiden sisältöön ja merialuesuunnitelmassa esitetyt potentiaaliset alueet eri tarkoituksiin on otettu huomioon vaikutusten arvioinnissa.

Haasteita sitovassa merialuesuunnitelmassa ovat näkemyksemme mukaan mm. merialuesuunnitelman hidas päivityssykli ja luontotiedon vanhentuminen sekä merituulivoimateknologian nopea kehittyminen, minkä vuoksi merialuesuunnitelman potentiaalisilta energiantuotantoalueilta tulee jatkossakin tarvittaessa pystyä poikkeamaan.

Nykyiset biologiset aineistot on kerätty viimeisen 15–20 vuoden aikana, eikä uusintakerroksia olla tehty. Kymmenen vuotta vanhat aineistot eivät ole haastatteluiden perusteella enää luotettavia, mutta silti niitä käytetään merialuesuunnitelman ja osittain hankkeiden YVA-menettelyn pohjana. Nykyisellä merialuesuunnitelmatyökalulla merialuesuunnitelmasta ei asiantuntija-haastatteluiden mukaan pystytä tekemään sitovaa, sillä tietoa pitäisi olla enemmän, jotta merialuesuunnitelman energiantuotantoalueet olisivat suoraan hyödynnettävissä hankkeiden sijoittelussa. Resursseja tulisi tällöin laittaa paljon enemmän kartoitukseen ja aineistojen jatkojalostukseen, jotta merialuesuunnitelma pohjautuisi tuoreempaan ja kattavampaan aineistoon.

Jos merialuesuunnitelma olisi sitova, tulisi asiantuntijahaastatteluiden perusteella suunnitteluprosessia kehittää niin, että se olisi entistä ketterämpi ja tunnistaisi paremmin potentiaaliset alueet ja eri käyttömuotojen yhteensovittamisen mahdollisuudet. Merialuesuunnitteluun tulisi saada enemmän resursseja ja nostaa merialuesuunnittelijoiden tietotasoa. Nopeaa teknologista kehitystä ei ole pystytty ennakoimaan ensimmäisessä merialuesuunnitelmassa, minkä takia energiantuotannolle potentiaalisia alueita ei ole merkitty riittävästi ja riittävän syvälle. Viranomaishaastatteluissa esitettiin näkemys, että jos merialuesuunnitelmasta halutaan tehdä sitovampi niin no go-lähestymistapa toimisi tällöin paremmin kuin nykyisenlainen merialuesuunnitelma. Haastatteluiden perusteella sitovuuden lisäämistä on pohdittu ministeriössä, mutta todettiin myös, ettei talousvyöhykkeellä tehtävää kartoitusta valtion toimesta kuitenkaan voida paljon lisätä resurssien puutteen vuoksi. Nopealla aikataululla tietoa ei ole mahdollista kerätä valtiovetoisesti riittävästi, joten jonkinasteinen potentiaalisilta energiantuotantoalueilta poikkeamisen mahdollisuus tulisi hankekehittäjien ja viranomaisten haastattelujen perusteella olla.

2.5.5 Potentiaalisten energiantuotantoalueiden lisääminen

Jos hankkeiden toivotaan viranomaisohjauksessa sijoittuvan kokonaisuudessaan merialuesuunnitelman nykyisellään suhteellisen rajatulla alueella sijaitseville energiantuotannon potentiaalisille alueille, ilman, että merialuesuunnitelmasta tehdään sitova, olisi asiantuntijahaastatteluiden mukaan yksi vaihtoehto tunnistaa potentiaalisia alueita enemmän suhteessa siihen, mitä numeerinen tavoite merituulivoiman kapasiteetille osoittaisi. Ennen kuin potentiaalisia energiantuotantoalueita voidaan osoittaa tällä periaatteella merialuesuunnitelmassa, tulisi kansallinen strateginen tavoite merituulivoiman kapasiteetille olla määritetty. Strategisen tavoitteen on määrä valmistua vasta nykyisellä hallituskaudella. Potentiaalisia energiantuotantoalueita tulisi osoittaa myös enemmän talousvyöhykkeelle, jonne hankkeita ollaan paljon jo kehittämässä ja jossa haitat meriluonnolle ja asukkaille olisivat todennäköisesti alhaisemmat.

Myös yksittäisten alueiden laajentaminen voisi näkemyksemme mukaan paremmin ohjata hankkeita merialuesuunnitelman potentiaalisille energiantuotantoalueille, koska hankealueet ovat kasvaneet ja koska osa alueesta todennäköisesti rajautuu pois tarkempien tutkimusten jälkeen. Pienien alueiden riski on se, ettei merialuesuunnitteluun ole saatavilla niin tarkkaa aineistoa merenpohjasta, jotta alueet olisivat suoraan hyödynnettävissä hakekehitykseen, jolloin hankkeet sijoittuvat osin niiden ulkopuolelle. Vaatimus hankkeiden sijoittumisesta tarkasti rajatuille alueille vaatisi runsaasti nopealla tahdilla toteutettua valtiovetoista kartoitusta seuraavan

merialuesuunnitelman taustatiedoiksi, mitä ei resurssien puuttuessa pystytä toteuttamaan. Tarkemmat kartoitukset alueista tulee siis toteuttaa hankkeiden puitteissa mahdollistaen ripeän hankekehityksen.

Yksittäisten alueiden laajentaminen voisi näkemyksemme mukaan edesauttaa hankkeiden etenemistä myös Puolustusvoimien aluevalvonnan ja merituulivoiman yhteensovittamiseen liittyen. Merialuesuunnittelussa käydään myös vuoropuhelua Puolustusvoimien kanssa energiantuotannolle potentiaalisten alueiden kartoittamisessa. Merialuesuunnitelman laajemmat energiantuotantoalueet, joiden sisältä hankekehittäjät voisivat etsiä merituulivoimalle parhaiten soveltuvia alueita, voisivat helpottaa yhteensovittamista aluevalvonnan kanssa, sillä tällöin merialuesuunnitteluprosessissa alueista olisi jo käyty keskustelua ja haettu alustavaa hyväksyntää Puolustusvoimien osalta. On huomioitava, että laajemmat energiantuotannolle potentiaaliset alueet merialuesuunnitelmassa eivät kuitenkaan olisi Puolustusvoimien lopullinen hyväksyntä energiantuotannolle näillä alueilla, vaan alustava karsinta sellaisista alueista, jotka eivät selkeästi sovellu hankekehitykseen aluevalvonnan näkökulmasta. Hankekehityksessä tulee joka tapauksessa pyytää Puolustusvoimien pääesikunnan lausunto tarkempien suunnitelmien edetessä¹³.

Ruotsissa myönnettiin keväällä 2023 ensimmäiset hyödyntämisoikeudet merituulivoimalle talousvyöhykkeelle. Hakemukset käsittelivät kahta vierekkäistä suurta merituulivoima-aluetta, joille kaksi kilpailevaa hankekehittäjää haki oikeutta samaan aikaan. Galatea-Galene-alueen hyödyntämisoikeus jaettiin Ruotsin hallituksen toimesta kahdelle hankekehittäjälle. Puistot eivät kuitenkaan heikennä toistensa tuottavuutta, sillä ne eivät sijaitse päätuulensuunnassa peräkkäin. Jos merialuesuunnitelman potentiaaliset energiantuotantoalueet olisivat laajoja voisi useammalle kuin yhdelle niiden sisällä sijaitsevalle kilpailevalle hankkeelle antaa oikeuden hankekehitykseen helpottaen päällekkäisten hyödyntämisoikeuksien myönnön haastetta. Mahdollisessa alueiden jakamisessa usealle toimijalle tulee kuitenkin huomioida vierekkäisten puistojen mahdolliset toisilleen aiheuttamat tuulihäviöt ja varmistaa että alueiden koko on tuotantopotentiaaliltaan riittävä.

13 Puolustusvoimien lausuntomenettelystä löytyy lisätietoa täältä: <https://puolustusvoimat.fi/tuulivoimaloiden-lausuntoprosessi>

2.5.6 Kumulatiivisten ympäristövaikutusten arviointi osana merialuesuunnittelua

Merialuesuunnitelman yksi tavoite on kehittää merialueen kestävää käyttöä. Näin ollen useiden hankkeiden mahdollisesti aiheuttamat kumulatiiviset vaikutukset on tärkeää pyrkiä minimoimaan ennakoivalla sijoittamisen suunnittelulla.

Kumulatiivisilla ympäristövaikutuksilla tarkoitetaan tässä selvityksessä useamman kuin yhden merituulivoimapuiston aiheuttamia kertyviä vaikutuksia, jotka kohdistuvat tiettyyn ympäristön osa-alueeseen. Kumulatiiviset ympäristövaikutukset määritellään tässä selvityksessä vaikutuksiksi, jotka kertyvät maantieteellisesti laajalla alueella usean samankaltaisen hankkeen vuoksi. Yhteisvaikutuksilla puolestaan tarkoitetaan YVA-laissa (252/2017) määriteltyjä muiden olemassa olevien ja/tai hyväksytyjen hankkeiden vaikutuksia yhdessä arvioinnin kohteena olevan hankkeen kanssa. YVA-ohjelmassa tulee määrittää arvioitavien ympäristövaikutusten maantieteellinen laajuus, jota tarkennetaan tarvittaessa YVA-selostusvaiheessa mm. mallinnusten perusteella. Tyypillisesti yhteisvaikutusten tarkastelulaajuus maantieteellisesti on suhteellisen rajattu esimerkiksi maiseman osalta merialueella noin 60 kilometriin kun taas kumulatiivisten vaikutusten arvioinnin laajuuden osalta on esitetty jopa koko pohjoisen Euroopan alue.

2.5.6.1 Kumulatiivisten vaikutusten arvioinnin haasteet YVA-menettelyssä

YVA-menettelyn lausunnoissa vaaditaan arvioitavan merituulivoimahankkeiden yhteisvaikutuksia sekä kumulatiivisia vaikutuksia. Merialuesuunnittelun yhteydessä yhteisvaikutuksia on arvioitu vain hyvin yleisellä tasolla, mikä ei ole riittävän tarkkaa hankkeiden YVA-menettelyyn. Yksittäisissä hankkeissa yhteisvaikutusten arviointia ei näkemyksemme mukaan kuitenkaan välttämättä ole mahdollista tehdä kattavasti ja joidenkin yhteisvaikutusten osalta riittävän laaja-alaisesti mm. muista hankkeista saatavan suunnitteluaineiston riittämättömyyden ja luonnonympäristön perustutkimuksen riittämättömyyden takia. Myöskään YVA-yhteysviranomaisen ja lupaviranomaisen eivät näkemyksemme mukaan pysty tarkastelemaan eri hankkeiden YVA-selostuksia ja lupahakemuksia yhdessä ja muodostamaan kokonaiskuvaa vaikutuksista, vaan päätös pohjautuu yksittäisten hankkeiden YVA-selostusten tarkasteluun. Tämä johtuu siitä, että viranomaisen tulee tarkastella hankkeita tasavertaisesti ja pohjata tieto käsittelyssä olevan YVA-menettelyn aineistoihin (sekä muuhun julkisista lähteistä peräisin olevaan tietoon). Tällä vältetään tilanne, jossa jäljessä tuleva hanke voisi hyötyä toisen hankkeen tuloksista, erityisesti kun hankekehittäjät suunnittelevat hankkeita samalle tai viereiselle alueelle.

YVA-lain ja asetuksen näkökulmasta yhteisvaikutukset muiden olemassa olevien ja/tai hyväksytyjen hankkeiden vaikutusten kanssa on joka tapauksessa arvioitava kussakin meneillä olevassa ympäristövaikutusten arviointimenettelyssä, sillä tasolla kuin se on mahdollista. Kansalliseen YVA-lainsäädäntöön liittyen olisi mielestämme tärkeä selkeyttää kuinka tarkasti kumulatiiviset esimerkiksi koko pohjoisen Euroopan kattavat vaikutukset voidaan yksittäisessä YVA-menettelyssä arvioida. Edes valtion tasolla ei ole esimerkiksi yhtenäistä tietokantaa kaikista meneillään olevista hankkeista, ja näin ollen yksittäisen hankkeen mahdollisuudet arvioida laajoja kumulatiivisia vaikutuksia ovat melko rajalliset. Maantieteellisesti laajoilla alueilla ilmenevien kumulatiivisten vaikutusmekanismien selvittäminen vaatii vuosien tutkimustyötä ja kansainvälistä yhteistyötä, eikä yksittäinen hankekehittäjä voi ryhtyä tällaiseen. Näin ollen laajojen kumulatiivisten vaikutusten arvioinnin on tapahduttava viranomaisvetoisesti eikä yksittäisessä YVA-menettelyssä.

2.5.6.2 Kansallinen kumulatiivisten vaikutusten arviointi

Ruotsin meri- ja vesiviranomaisen sekä Ruotsin energiaviranomaisen tekemän selvityksen mukaan useiden yksittäisten hankkeiden kumulatiivisia vaikutuksia on vaikeampi hallita yhdessä arvioinnissa kuin merialuesuunnitelmissa, koska arvioinnit tehdään erikseen ja usein epätäydellisillä tiedoilla muista saman merialueen hankkeista (Ruotsin meri- ja vesivirasto, Samexistens mellan havsbaserad vindkraft, 2023). Ruotsissa tehtiin merialuesuunnitelman ympäristövaikutusten arviointi, jossa käytettiin kansalliseen merialuesuunnitteluun kehitettyä Symphony-menetelmää, joka huomioi myös kumulatiiviset vaikutukset (Ruotsin meri- ja vesivirasto, 2018). Suomen merialuesuunnittelun päivitystyössä olisi näkemyksemme mukaan tärkeää selvittää Ruotsissa kehitetyn Symphony-menetelmän soveltuvuus Suomen olosuhteisiin tai kehittää kansallinen menetelmä kumulatiivisten vaikutusten arviointiin.

Laajojen kumulatiivisten vaikutusten arvioinnin ei nähty hankekehittäjien ja viranomaisten haastatteluissakaan järkeväksi olla yksittäisten hankekehittäjien vastuulla. Parhaiten sen nähtiin toimivan viranomaisen ja hankekehittäjien yhteistyönä, jossa mukana voisivat olla mm. LUKE, SYKE, GTK, Väylävirasto ja Traficom. ELY-keskukset ovat paikallisia ja eri alueiden ELY-keskusten toiminnassa on eroja, joten niiden vastuulla kumulatiivisten vaikutusten arvioimisen ei nähdä olevan perusteltua. Haastatteluissa nostettiin merialuesuunnittelun potentiaali kumulatiivisten vaikutusten arvioinnin yhteistyön koordinoijana ja tiedon yhteen saattajana.

Suomi on sitoutunut EU:n biodiversiteettistrategiaan, jonka tavoitteena on pysäyttää luontokato ja kääntää luonnon monimuotoisuuden kehitys myönteiseksi vuoteen 2030 mennessä (Euroopan komissio, COM 380, 2020). Yksi tavoitteista on

suojelupinta-alan kasvattaminen niin, että 30 prosenttia maa-alueista ja 30 prosenttia merialueista on oikeudellisen suojelun piirissä. Merialuesuunnittelulla on suuri vastuu huomioida kumulatiiviset vaikutukset siten, ettei tämä tavoite vaarannu.

2.5.6.3 Kansainvälinen kumulatiivisten vaikutusten arviointi

Koska vireillä olevia hankkeita on hyvin runsaasti koko Itämeren alueella ja monet vaikutukset ulottuvat maiden rajojen yli (mm. muuttava linnusto, vaelluskalat, kalastuselinkeino, meriliikenne, maisema), olisi perusteellista kansainvälistä yhteisvaikutusten ja kumulatiivisten vaikutusten arviointia tärkeää tehdä. Lisäksi tiedonkeruu tulisi tehdä mieluiten kansainvälisesti yhtenevillä menetelmillä ja siten, ettei isoja alueita jää kartoittamatta. Vain näin saadaan mielestämme riittävä kokonaiskuva ulkomerialueen luontoarvoista ja pystytään arvioimaan useiden merialueen hankkeiden kumulatiivisia vaikutuksia.

Etenkin rajat ylittävät ja kumulatiiviset vaikutukset ovat haastavia arvioida tietojen vähyyden ja puuttumisen vuoksi, eikä Suomessa välttämättä edes ole osaamista laajojen kumulatiivisten vaikutusten arvioimiseen koko pohjoisen Euroopan mitta-kaavassa. Mm. Ahvenanmaan YVA-hankkeessa Norja on osoittanut halukkuutensa osallistua kansainväliseen kuulemiseen Espoon sopimuksen (valtioiden rajat ylittävien ympäristövaikutusten arviointia koskeva yleissopimus 67/1997) perusteella, perusteena huoli Huippuvuorille asti ulottuvan tiettyjen lintulajien muuton onnistumisesta, mikäli Itämerelle toteutuu suunnitelluista merituulivoimapuistoista edes osa. Näin laajojen kumulatiivisten vaikutusten arvioimiseen tarvitaan rajat ylittävää yhteistyötä ja viranomaisten koordinointitukea, eikä tällaisen prosessin osalta ole mitään selkeää hallinnollista viitekehystä olemassa toistaiseksi.

Yhteisvaikutusten arviointia tukisi näkemyksemme mukaan paikkatietopohjainen tietokanta, jossa olisi kaikki Suomen ja Ruotsin hankkeet ajantasaisesti kartalla. Tietokannan ylläpitämistä ja sen ajantasaisena pitämistä edistäisi se, että hankekehittäjät toimittaisivat tietokantaa ylläpitävälle taholle hankealueiden rajaukset paikkatietoaineistona silloin, kun hankkeen virallinen menettely alkaa eli kun valtioneuvoston tutkimuslupahakemus on toimitettu tai YVA-menettely on aloitettu (tällä hetkellä rajaukset on saatavilla aineistopyynnöllä TEM:n kirjaamosta kuvina (.pdf), joita ei suoraan pysty hyödyntämään paikkatieto-ohjelmissa). Kumulatiivisten vaikutusten arviointi on tällä hetkellä viranomaisvetoisestikin käytännössä erittäin vaikeaa, sillä kyllään ei vaikuta olevan kattavaa ajan tasaista kokonaiskuvaa Suomen ja Ruotsin hankekehitystilanteesta.

Jos merituulivoiman toteuttamista halutaan edistää tehokkaasti ja kestävästi, olisi yksi vaihtoehto valtakunnallinen tai Itämeren laajuinen, viranomaisvetoinen selvitys merituulivoimahankkeiden yhteisvaikutuksista. Esimerkiksi merenkulun suhteen nähtiin haastatteluiden perusteella erittäin tärkeäksi edistää viranomaistahojen lisäksi ministeriötason yhteistyötä eri maiden välillä, jotta olisi olemassa yhteiset korkean tason suuntaviivat hankekehitykselle, ja jotta koko merialueen hankkeet huomioitaisiin vaikutusten arvioinnissa ja merialuesuunnittelussa. Nyt kun sekä Suomen että Ruotsin merialuesuunnitelmat ovat päivityksen alla, olisi hyvä tilaisuus yhteensovittaa kummankin maan hankkeet muiden merellisten toimintojen kanssa, koska molempien maiden hankkeet vaikuttavat rajan kummallakin puolen.

Kansainväliseen kumulatiivisten vaikutusten arviointiin voisi näkemyksemme mukaan toimia erillinen elin, jossa keskeiset valtiot olisivat mukana. Esimerkkinä erillisestä kansainvälisestä elimestä haastatelussa annettiin Itämeren merellisen ympäristön suojelukomissio (HELCOM), jossa Itämeren valtiot tekevät yhteistyötä Itämeren merellisen ympäristön suojelussa. Käynnissä on muutamia kansainvälisiä merialuesuunnitteluhankkeita kuten eMSP NBSR, MSP GREEN ja Baltic Sea2Land, joissa ei tietämyksemme mukaan tehdä kumulatiivisten vaikutusten arviointia. Voisi pohtia olisiko näissä hankkeissa mahdollista edistää kumulatiivisten vaikutusten arviointia tai aloittaa uusi hanke, jossa arvioitaisiin kumulatiivisia vaikutuksia. Merialuesuunnittelussa pohditaan tällä hetkellä Itämeren maiden kanssa kumulatiivisia vaikutuksia, joten tätä yhteistyötä voisi entisestään vahvistaa.

Yksi ratkaisu voisi olla EU:n laajuinen suuri tutkimushanke, jossa suunnittelemassa ja toteuttamassa olisi hankekehittäjiä ja asiantuntijoita useasta maasta. Eri maiden merialuesuunnitteluviranomaiset voisivat muodostaa koordinaatioryhmän ja toimia tutkimushankkeen koordinoijana. Hankekehittäjät voisivat osin rahoittaa em. tutkimushanketta, jonka toteuttaisivat tutkimuslaitokset, ja jonka tulokset olisivat avoimia ja kaikkien hyödynnettävissä. Ongelmaksi merialuesuunnittelun toimimisessa kansainvälisen kumulatiivisten vaikutusten selvityksen koordinoitiasemassa on nähty se, että merialuesuunnittelun toimintaperiaatteet ovat erilaiset maiden välillä. Esimerkiksi tieto on eri muodossa ja suunnitteluperiaatteet sekä toiveet hankekehittäjille ovat erilaiset, jolloin tietojen yhdistäminen on haastavaa. Tiedon tuottaminen tulisi joka tapauksessa tehdä muulla tavalla kuin merialuesuunnittelun toimesta, koska asiantuntijuus eri aiheista (mm. tiedonkeruun ja käsittelyn menetelmät) on muualla.

Kansainvälinen merentutkimusneuvosto (ICES) on tunnistanut roolinsa tieteeseen perustuvien päätösten mahdollistajana liittyen merituulivoimaan, kestävään merenkäyttöön ja kumulatiivisten vaikutusten arviointiin (ICES, 2023). Tämä voisi olla yksi kansainväliseen tutkimushankkeeseen osallistuva taho.

Sidosryhmät näkevät kumulatiivisten vaikutusten arvioinnin puutteet vakavina, mutta haasteena tällä hetkellä on se, ettei kumulatiivisten vaikutusten arviointiin ole työkalua eikä välttämättä edes kattavaa osaamista. Lisäksi tarvitaan poliittinen tahtotila ja viranomaisten halu toteuttaa kumulatiivisten vaikutusten arviointia. Nopean merituulivoimakehityksen vuoksi tieteellistä tietoa mereltä ja hankkeiden kumulatiivisista vaikutuksista tulisi järjestää erittäin nopeasti, jotta päättäjille voidaan tarjota ajantasaista tietoa päätöksenteon tueksi (ICES, 2023).

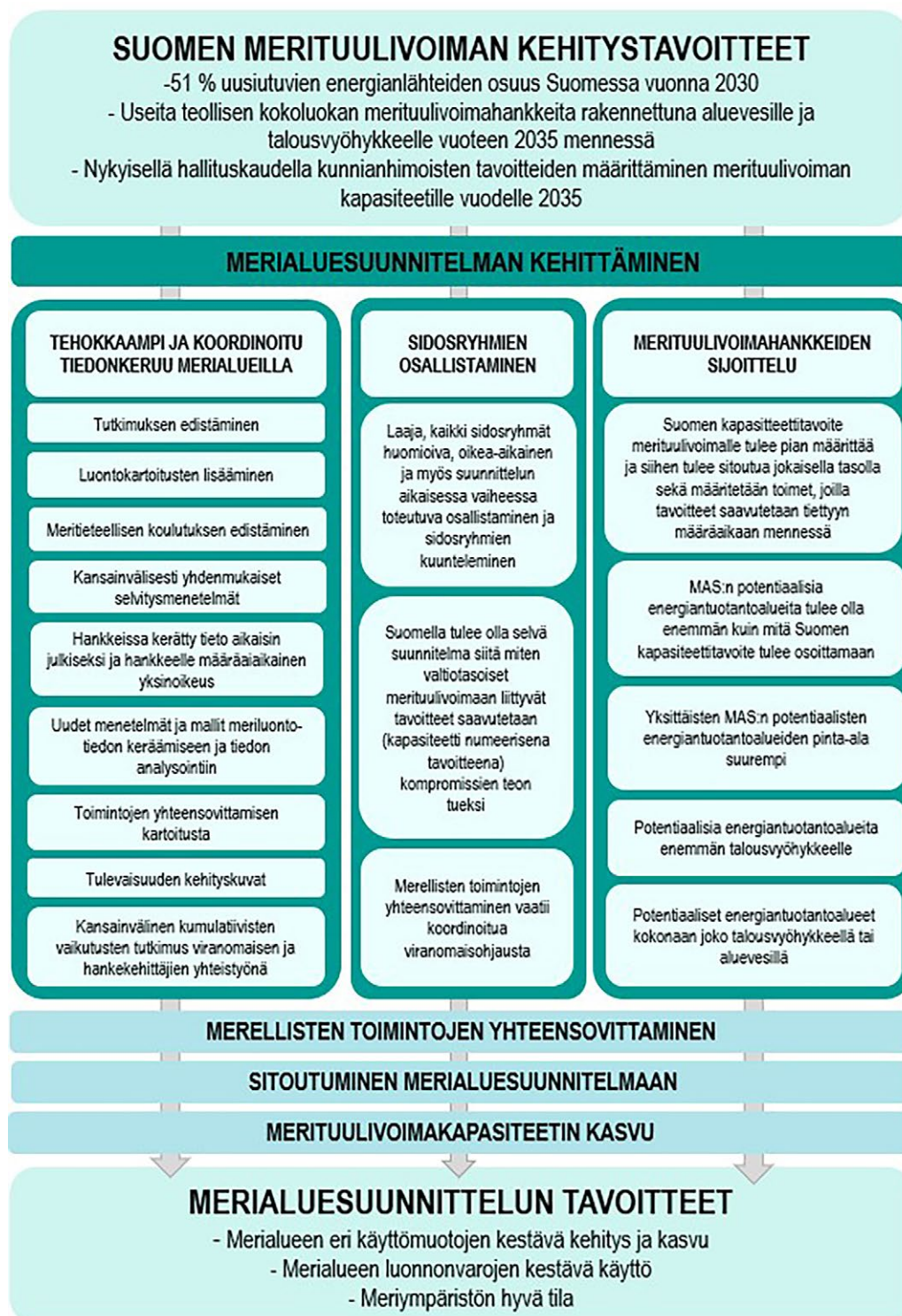
Olennaista olisi kumulatiivisten vaikutusten arviointiin tähtäävän tutkimusohjelman aikana voida kehittää edelleen nopealla tahdilla merituulivoimaa. Hankekohtaisesti kerätyn tiedon avulla saadaan tutkimusta eteenpäin ja tietoa päivitettyä, eikä samanaikainen hankekehitys näin ollen olisi riski tutkimuksen laadukkuudelle.

2.5.7 Yhteenveto ja johtopäätökset

- Jatkuva, aktiivinen ja myös suunnittelutyön aikaisessa vaiheessa toteutuva vuoropuhelu eri toimijoiden välillä.
- Strateginen ja numeerinen tavoite merituulivoiman lisäämiselle ja tämän heijastuminen merialuesuunnitelmaan.
- Merellisen tiedon tehostettu kerääminen etenkin talousvyöhykkeeltä viranomaisen toimesta.
- Meribiologisen koulutuksen lisääminen, jotta merialuesuunnittelussa ja vaikutusten arvioinnissa voidaan tunnistaa tärkeät luontokohteet ja turvata niiden säilyminen samalla kun merituulivoima-alaa edistetään.
- Uusien menetelmien, kuten käyttökelpoisten ja luotettavien mallinnusten sekä kaukokartoituksen kehittäminen ja muun tiedon tukena käytettävä molekyylibiologinen eDNA:n hyödyntäminen.
- Merialuesuunnitelman jatkuva kehittäminen ja tiedon päivittäminen sitoutumisen edistämiseksi.
- Hankekehityksen mahdollistaminen samanaikaisesti, kun valtiovetoista tiedonkeruuta lisätään.
- Merialuesuunnitelman pysyminen ohjaavana suunnitelmana.
- YVA-menettelyssä käytettyjen menetelmien yhdenmukaistaminen, tiedonkeruun ja tiedontallentamisen koordinointi sekä hankkeissa kerätyn tiedon julkiseksi saattaminen (edellyttäen yksinoikeutta alueisiin).
- Yksittäisten potentiaalisten energiantuotantoalueiden laajentaminen ja alueiden yhteenlasketun pinta-alan lisääminen.

- Kumulatiivisten vaikutusten tutkiminen laajassa kansainvälisessä yhteistyössä osallistaen eri tutkimuslaitoksia, viranomaisia ja hankekehittäjiä.
- Merituulivoimalle potentiaalisten alueiden sijoittaminen kokonaisuudessaan joko aluevesille tai talousvyöhykkeelle, niin ettei osa alueesta ole talousvyöhykkeellä ja osa aluevesillä
- Yhteiskäyttöalueet eli MariParkit.

Kuva 2-4: Merialuesuunnitelman päivityksen taustalla on vihreän siirtymän kapasiteettitavoitteet (vihreä väri). Keinot, joilla merialuesuunnitelmaa voidaan entisestään kehittää vastaamaan kapasiteettitavoitteita samalla huomioiden merialueen muu käyttö ja sen luontoarvot, on kuvattu turkoosilla värillä. Tavoitteet, jotka näiden keinojen avulla voidaan saavuttaa, on kuvattu sinisellä värillä.



2.6 Hinnoittelumallit ja laadulliset kriteerit talousvyöhykkeelle

2.6.1 Hinnoittelumallit

Hinnoittelumalleilla tarkoitetaan tässä selvityksessä tapoja, jolla hankekehittäjän tulee maksaa yksinoikeuksista kehittää merituulivoimaa Suomen talousvyöhykkeellä ja/tai sähköntuottajan maksuista tuotantovaiheen aikana. Aluevesillä kaksi eri julkista yhteisöä saa tuloja merituulivoimasta: valtio Metsähallituksen kautta, sekä kunta kiinteistöveron kautta. Tässä työssä ei oteta kantaa siihen, mille julkiselle organisaatiolle talousvyöhykkeellä sijaitsevien merituulihankkeiden maksut tulisi kohdistaa. Tarkoituksena on käsitellä erilaisia vaihtoehtoja hinnoittelumalleille ja arvioida niiden hyviä ja huonoja puolia yhteiskunnan kokonaisedun, hankekehittäjien, sekä ympäristön kannalta. Soveltuvuutta Suomeen myös arvioidaan.

Selvitys ei tarjoa valmista ratkaisua merituulivoiman hinnoittelumalliksi Suomen talousvyöhykkeelle. Osiossa on käsitelty erilaisia hinnoittelun komponentteja. Eri komponentteja voi sitten yhdistellä kokonaisen hinnoittelumallin rakentamiseksi myöhemmissä vaiheissa. Komponentit on jaettu kahteen eri kategoriaan: hinnoittelun ajallinen aspekti ja hinnoittelun kohde.

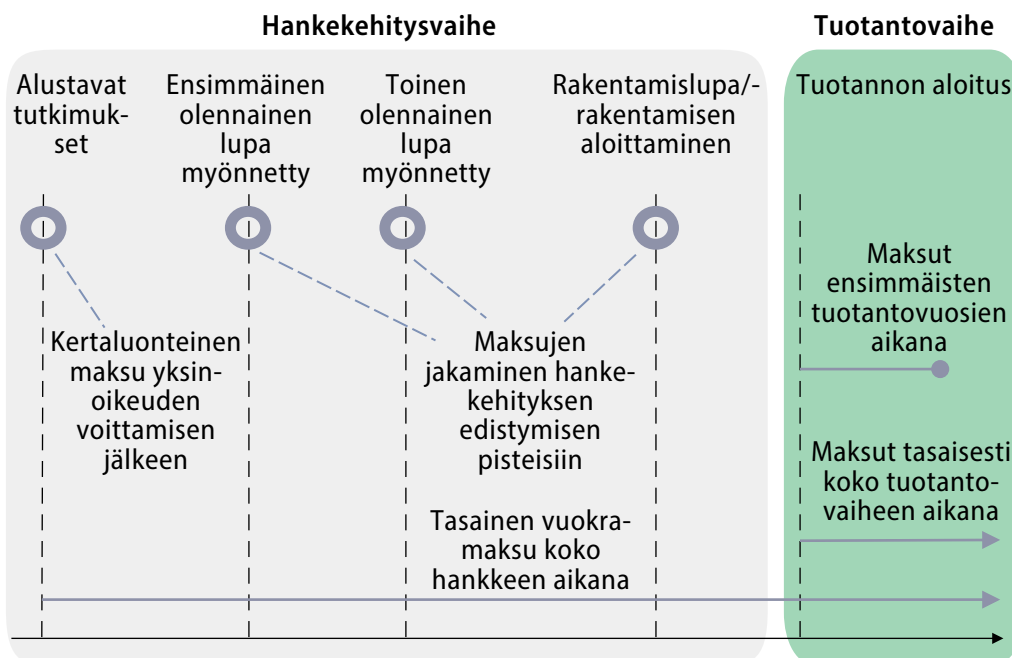
Hinnoittelumallin tavoitteena on tuottaa yhteiskunnalle tuloja, määritellä merituulivoima-alueille markkinahinta ja varmistaa merituulivoimahankkeiden edistyminen. Samaan aikaan on hyvä huomioida, ettei liiallisella ja vääränlaisella hinnoittelulla vaaranneta tehokasta ja laadukasta hankekehitystä, joka mahdollistaa merituulivoiman kasvun Suomen talousvyöhykkeellä. Hinnoittelukomponenttien välillä on eroja siinä, mihin suuntaan ne ohjaavat osaltaan hankekehittäjän valintoja merituulivoiman kehityksen suhteen. Hinnoittelukomponenttien valitsemisessa on erityisen tärkeää analysoida näitä ohjaavia tekijöitä ja varmistaa, etteivät ne ohjaa valintoja kokonaisuuden kannalta ei-toivottuun suuntaan, tai johda osaoptimointiin. Muut tekijät, kuten ennusteet sähkönhinnasta ja investointikustannukset vaikuttavat todennäköisesti enemmän siihen, minkälainen merituulivoimapuisto on hankekehittäjän näkökulmasta optimaalinen. Hinnoittelukomponenteilla voi kuitenkin olla osittainen vaikutus, jota ei tule aliarvioida.

2.6.1.1 Ajallinen aspekti

Maksujen kohdistaminen hankkeen eri vaiheisiin on yksi tärkeimmistä asioista, jota tulee arvioida valitessa tulevaa hinnoittelumallia. Hankekehittäjän kannalta on sitä parempi, mitä lähempänä yhteiskunnalle suoritettavat maksut ovat

sähköntuotantovaihetta. Merituulivoimahankkeen alkuvaiheissa on suuri riski hankkeen epäonnistumiselle. Tämä johtaa siihen, että hankkeen tarvitsema rahoitus on kalliimpaa korkeiden riskien takia. Hankekehittäjän maksukyky paranee, mitä lähemmäksi sähköntuotantovaihetta edetään, mikä voi mahdollistaa korkeammat tulot yhteiskunnalle. Yhteiskunnan tulojen kannalta tuotantovaiheessa saatujen maksujen tulee kuitenkin olla merkittävästi suurempia, jotta ne olisivat nykyarvossa mitattuna samalla tasolla kuin hankkeen alkuvaiheessa yhteiskunnan saamat tulot. Aiemmassa vaiheessa hankekehitystä maksetut maksut yhteiskunnalle voivat nostaa hankekehittäjän sitoutumista hankkeeseen ja hankkeeseen sitoutumisen viestiminen on selkeämpää. Tässä osiossa on käsitelty viisi eri vaihtoehtoa maksujen ajoittamisen osalta: kertaluonteinen maksu heti yksinoikeuden myöntämisen jälkeen, yksinoikeudesta perittävän maksun jakaminen hankekehityksen edistymisen kannalta relevantteihin tarkastelupisteisiin, tasainen vuokramaksu koko hankkeen aikana (hankekehitys- ja tuotantovaihe), maksut ensimmäisten tuotantovuosien aikana ja maksut tasaisesti koko tuotantovaiheen aikana.

Kuva 2-5: Esimerkkikuva hinnoittelun ajallisesta kohdistamisesta. Havainnollistamisen selkeyttämiseksi kuvassa on oletettu, että yksinoikeus on myönnetty alustavien tutkimusten jälkeen. Kuitenkin tällä hetkellä yksinoikeuden myöntämisen ajankohta on epäselvää.



Kertaluonteinen maksu heti yksinoikeuden myöntämisen jälkeen

Kertaluonteinen maksu heti yksinoikeuden myöntämisen jälkeen on yksinkertainen tapa järjestää maksut. Yhteiskunnan saamat tulot ovat merkittäviä, varsinkin nykyarvossa mitattuna. Maksu heti yksinoikeuden myöntämisen jälkeen on vahva signaali hankekehittäjän sitoutumiselle hankkeeseen. Hankekehittäjä on valmis ottamaan huomattavan taloudellisen riskin, jonka takaisinmaksu edellyttää hankkeen kehittämistä eteenpäin. Vaihtoehtoina on hankkeen myynti eteenpäin tai hankkeen kehittäminen tuotantovaiheeseen asti ja sen omistaminen tuotantovaiheessa. Tällöin voidaan olettaa, että tarjouksia tulee vain toimijoilta, joilla on aito aikomus, tarvittava osaaminen ja riittävät pääomat hankkeen kehittämiseksi. Tämä säästää viranomaisten, palveluntarjoajien ja hanketoimijoiden resursseja. Edellä mainittu aidon osallistumisen puute on riski, mikä tuli esiin hankekehittäjien haastatteluissa. Kertaluonteisen maksun kanssa hankekehittäjällä on selkeä kannustin kehittää hanketta eteenpäin mahdollisimman nopeasti. Tämä kannustin tukee Suomen merituulivoimakapasiteetin kasvattamista kohtuullisen lyhyessä ajassa.

Merkittävät panostukset aivan hankkeen alkuvaiheessa, jolloin riskit hankkeen epäonnistumiselle ovat suurimmat, johtaa suurempiin rahoituskustannuksiin hankekehittäjälle. Tämä voi nostaa tuotetun sähkön hintaa ja suurempien rahoituskustannusten vuoksi nostaa riskiä hankkeen epäonnistumiselle. On myös todennäköistä, että kertaluontoinen maksu projektin alkuvaiheessa sulkee kilpailusta pois pienempiä toimijoita, joilla ei ole yhtä vakiintuneita kanavia rahoituksen hankkimiselle tai aiempia merituulivoimaprojekteja näytettävänä referenssinä. Riskinä on, että suomalaiset hankekehittäjät ovat merkittävässä altavastajan asemassa verrattuna globaaleihin toimijoihin, jotka pystyvät hankkimaan rahoitusta halvemmallalla. Kertaluonteiseen maksun määrän määrittämiseen läpinäkyvä ja tehokas vaihtoehto on avoin huutokauppa, jossa osapuolet näkevät muiden tarjoajien tekemät tarjoukset ja voivat myös korottaa omaa tarjoustaan.

Yksinoikeudesta maksettavan summan maksaminen osissa projektin edistymisen suhteen

Asiantuntijahaastattelujen perusteella Suomen aluevesillä on käytössä malli, jossa yksinoikeuden saanut taho maksaa huutokaupassa tarjoaman summan osissa hankekehityksen ennalta määritellyissä kohdissa, jotka on sidottu hankkeen etenemisen kannalta olennaisiin osiin. Tässä työssä kutsumme näitä ennalta määriteltyjä maksuajankohtia maksupisteiksi. Näitä voivat talousvyöhykkeen tapauksessa olla esim. vesilupa tai rakentamisoikeus (olettaen, että yksinoikeus on myönnetty aiemmin). Maksettavan summan jakaminen muutamaa eri hankekehityksen vaiheeseen pienentää hankekehittäjän riskiä verrattuna kertaluonteiseen maksuun. Tällöin

myös rahoituskustannukset ovat todennäköisesti pienemmät. Hankekehittäjä voi myös arvioida maksujen ajoitusta melko hyvin ja suunnitella näin rahoituksen tarvettaan.

Tämä hinnoittelukomponentti voi synnyttää hankekehittäjälle kannustimen lykätä hankkeen edistymistä väliaikaisesti, kun maksupiste on lähestymässä. Jos esimerkiksi vesilupa olisi yksi maksupisteistä, voisi hankekehittäjä lykätä sen hakemista epävakaan rahoitustilanteensa tai muun syyn vuoksi, mikä osaltaan voisi hidastaa hankekehitystä. Yhtenä haittapuolena on maksujen aikataulujen epäselkeys. Mikäli esimerkiksi jokin lupa myöhästyy tai sen myöntäminen pitkittyy valitusten takia, ilman selkeää ja tarkkaa maksupisteen määrittelyä on vaarana epäselvyys ja ristiriitaiset näkemykset maksun aikataulun suhteen.

Tämä hinnoittelukomponentti on käytössä Metsähallituksen hallinnoimilla aluevesillä, joten malli olisi muokattavissa myös talousvyöhykkeelle sopivaksi. Mallin soveltuvuus Suomeen tulee riippumaan siitä, missä vaiheessa yksinoikeus alueeseen tullaan myöntämään Suomen talousvyöhykkeellä. Mikäli yksinoikeus myönnetään myöhäisessä vaiheessa hankekehitystä, on kyseinen hinnoittelukomponentti luultavasti heikosti soveltuva Suomen talousvyöhykkeelle. Maksettavan summan jakaminen erilaisiin maksupisteisiin toimii parhaiten, mikäli yksinoikeus myönnetään varhaisessa vaiheessa ja hankekehityksessä on vielä jäljellä erilaisia konkreettisia edistymisen pisteitä, jotka voitaisiin määrittää maksupisteiksi.

Hankeoikeuksista maksettavan summan maksaminen ensimmäisten tuotantovuosien aikana

Tanskassa on käytössä kaksi eri mallia merituulivoimahankkeiden yksinoikeuksien myöntämiselle, esivalmisteltujen alueiden huutokauppa ja niin sanottu avointen ovien menettely. Esivalmisteltujen alueiden suhteen Tanskassa on käytössä huutokaupamalli, jossa huutokauppaan osallistujat tekevät tarjouksia tuotetun sähkön hinnasta. Historiallisesti kyseessä on ollut huutokauppa tuesta, joka on määritetty markkinahinnan ja tarjotun sähköhinnan erotuksesta (Tanskan Energiavirasto, Procedures and Permits, 2023). Vuonna 2021 Tanskassa järjestettiin huutokauppa esivalmistellusta merituulivoimahankkeesta, jossa moni huutokauppaan osallistunut taho tarjosi minimisähköhintaa. Huutokauppa ratkaistiin arvonnalla, ja voittaja tulee maksamaan Tanskan valtiolle ensimmäisten neljän sähköntuotantovuoden aikana arviolta 2.8 miljardia Tanskan kruunua, mikä vastaa n. 380 miljoonaa euroa (Tanskan Energiavirasto, 2021). Raportin kirjoituksen aikana, Tanska on päivittämässä esikehitettyjen merituulivoima-alueiden huutokaupamallia (Tanskan Energiavirasto, After the conclusion, 2023).

Ensimmäisille tuotantovuosille painottuva maksu voi olla hyvä kompromissi yhteiskunnan ja hankekehittäjän kannalta. Tällöin nykyarvossa mitattuna yhteiskunnan saama tulo on kohtuullisen arvokas ja samalla hankekehittäjän maksukyky on parempi kuin vasta hankekehityksen alussa. Hankekehittäjän kannalta tämän tyylinen malli pienentää maksukyvyttömyyden riskiä merkittävästi, verrattuna hankekehitysvaiheessa suoritettaviin maksuihin. Koska merkittäviä maksuja tulee maksettavaksi vasta siinä vaiheessa, kun hankekehittäjällä/sähköntuottajalla on aitoa kassavirtaa, myös hankkeen epäonnistumisen riski pienenee verrattuna etupainotteisiin maksuihin.

Hankekehittäjän rahoituskustannukset ovat pienemmät kuin malleissa, jossa maksut ajoittuvat hankekehitysvaiheeseen. Tämä mahdollistaa paremmin sellaisten hankekehittäjien toimimisen, joilla ei ole vielä merkittäviä referenssiprojekteja toteutettuna, kun taas suurien ja globaalien toimijoiden kilpailuetu pienempiin, esimerkiksi suomalaisiin hankekehittäjiin pienenee. Malli, jossa maksut yksinoikeuksista yhteiskunnalle suoritetaan ensimmäisten tuotantovuosien aikana, tukee hankekehittäjiä, jotka ovat erikoistuneet alkuvaiheen kehitykseen ja joilla on pyrkimys varhaisen hankekehityksen jälkeen myydä hanke eteenpäin. Teoreettisesti tarkasteltuna tämä hinnoittelukomponentti ei sitouta hankekehittäjää hankkeeseen, eikä se myöskään kannusta nopeaan hankekehitykseen.

Kiinteä vuokramaksu (kuukausittainen tai vuosittainen)

Kiinteä ja tasaisen aikavälein maksettava vuokraluonteinen maksu (kuukausittain tai vuosittain) on selkeä hinnoittelukomponentti. Vuokraluonteisella maksulla tarkoitetaan vuokraa tai muuta vuokraluonteista maksua, jota maksetaan yksinoikeudesta alueeseen, tasaisin ennalta määritellyin väliajoin. Esimerkiksi aluevesillä käytössä oleva kiinteistövero mielletäisiin vuokraluonteiseksi maksuksi tässä kontekstissa.

Mallin selkeys riippuu pitkälti siitä, mikä on hinnoittelun kohde (esim. pinta-ala, liikevaihto, asennettu kapasiteetti). Näitä vaihtoehtoja käsitellään enemmän kapaleessa "Hinnoittelun kohde". Kiinteä vuokraluonteinen maksu takaa kohtuullisen hyvän ja ennustettavan tulonlähteen yhteiskunnalle. Se on myös hyvä kompromissi vertailtaessa yhteiskunnan saamia tuloja nykyarvossa ja hankekehittäjän taloudellisen rasituksen ja riskin pienentämisessä. Kiinteä vuokraluonteinen maksu kannustaa tehokkaaseen ja nopeaan hankekehitykseen. Selkein ero muihin edellä mainittuihin hinnoittelukomponentteihin on kiinteän vuokramaksun joustavuus. Kiinteä vuokraluonteisen maksun hinnoittelukohde voidaan määrittää erilaiseksi hankekehitys- ja sähköntuotantovaiheessa. Tällöin voidaan valita molempiin vaiheisiin parhaiten soveltuvat ratkaisut.

Kiinteä vuokraluonteinen maksu voi luoda kannusteen tinkiä hankekehityksen laadusta nopeuden kustannuksella. Mikäli hankekehitysvaiheen vuokraluonteinen maksu on huomattavan suuri, se voi rajata pois pienempiä hankekehittäjiä kilpailusta, joilla ei ole yhtä hyvä asema rahoitusmarkkinoilla, kuin isommilla ja globaaleilla toimijoilla.

2.6.1.2 Hinnoittelun kohde

Hinnoittelukohteella tarkoitetaan tässä työssä sitä projektin tai liiketoiminnan osaa, jonka perusteella vuokran suuruus määritellään. Tässä työssä käsitellyjä hinnoittelukohteita ovat pinta-ala, sähkön tuotantomäärä, liikevaihto ja asennettu kapasiteetti. Näiden neljän lisäksi käsitellään myös vuokraoptio, joka on hieman erilainen väline kuin muut hinnoittelukohteet. Hinnoittelukohteen valinnalla voi olla vaikutuksia hankekehittäjän päätöksiin optimaalisesta merituulivoimapuistosta tai miten tuotannossa olevan merituulivoimapuiston tuotantoa kannattaa hyödyntää tai olla hyödyntämättä. Hinnoittelukohdetta valitessa tulee ottaa nämä ohjaavat tekijät huomioon, jotta saadaan yhteiskunnan kannalta mahdollisimman optimaalinen lopputulos aikaiseksi.

Pinta-alaan sidottu vuokra

Pinta-ala hinnoittelun kohteena on kohtuullisen selkeä tapa määrittää vuokran suuruus. Periaatteena on, että vuokraa maksetaan tietty rahasumma alueen pinta-alaa kohden (esim. €/neliökilometri), johon hankekehittäjällä/sähkötuottajalla on yksinoikeus. Pinta-ala hinnoittelun kohteena on myös tasavertainen eri hankkeiden välillä ja se osaltaan ohjaa kehittämään ja rakentamaan hankkeita niille alueille, jotka ovat kaikista kannattavampia. Se myös kannustaa tehokkaaseen ja nopeaan hankekehitykseen, mikäli vuokraa maksetaan jo hankekehityksen aikana. Hankekehitysvaiheeseen pinta-alaan sidottu vuokra voi olla kaikista selkein vaihtoehto, eikä se luo vääristyneitä kannustimia esimerkiksi tuotannon aloittamisen tai tuotantovaiheessa tuotantomäärän rajoittamisen kannalta. Se myös kannustaa alueen tehokkaaseen hyödyntämiseen. Pinta-alaan sidottu vuokra on selkeästi viestittävässä ja helposti ymmärrettävässä erilaisille sidosryhmille.

Mikäli kehityksen kohteena oleva alue paljastuu heikosti merituulivoimalle soveltuvaksi, voi pinta-alaan sidottu vuokra olla liian korkea ja osaltaan johtaa hankkeen epäonnistumiseen. Toisaalta tämä on hyvä asia tehokkuuden kannalta, sillä se kannustaa yhteiskuntaa kohdistamaan resurssit parhaiten merituulivoimalle soveltuville alueille.

Pinta-alaan sidotussa vuokrassa tulee ongelma vuokratason määrittelyn suhteen. Todennäköisesti osalle hankkeista vuokra on käypää arvoa matalampi ja toisille korkeampi. Mikäli vuokrataso halutaan määrittää etukäteen, yksi vaihtoehto on määrittellä vuokrataso alustavien tutkimusten jälkeen, joista selviää alueen soveltuvuus merituulivoimakehitykselle. Nykyisellä tietomäärällä merestä ja merenpohjasta on hyvin hankalaa määrittellä aluekohtaisesti sopiva vuokrataso.

Yksi vaihtoehto on antaa markkinoiden kilpailun kautta määrittellä alueelle sopiva vuokrataso. Käytännössä tämä tarkoittaisi huutokauppaa yksinoikeuksista, jossa tarjouksen kohteena on vuokrataso. Huutokaupan järjestäjä voi määrittää minimivuokran, jonka ylittävät tarjoukset huomioidaan. Huutokauppa yksinoikeudesta alueeseen vaatisi huutokaupan järjestäjän (valtio) taholta ennakkoselvityksiä alueesta, joista saatu tieto voitaisiin jakaa huutokauppaan osallistuville tahoille.

Tuotantomäärään sidottu vuokra

Vuokratason voi myös määrittää sähkön tuotantomäärä. Tämän tyylinen hinnoittelukomponentti soveltuu tuotantovaiheeseen. Mikäli jo hankekehitysvaiheessa vuokran suuruus haluttaisiin määrittellä tuotantomäärien mukaan, tulisi käyttää simuloituja/ennustettuja tuotantomääriä. Tuotantomäärään sidottu vuokra pienentää hankekehittäjän riskiä varsinkin, jos vuokra kohdistetaan vain tuotantovaiheeseen. Tällöin maksut kohdistuvat vasta siihen vaiheeseen, kun sähköntuottajalle syntyy aitoa liikevaihtoa merituulivoimahanikkeesta. Hankekehitysvaiheessa arvioidun tuotantomäärän perusteella maksettu vuokra on riskialtista hankekehittäjän kannalta, mikäli alue osoittautuisi tutkimusten jälkeen huonosti merituulivoimalle soveltuvaksi, eikä ennustettuihin tuotantomääriin tulisi pääsemään. Tällöin hankekehittäjälle voi tulla hankkeen tuottopotentiaaliin verrattuna huomattavan suuret kustannukset hankekehitysvaiheessa. Tuotantomäärään perustuva hinnoittelumalli ei vaikuta hankkeen kehitysnopeuteen, laatuun tai hankkeen mitoitukseen, mutta voi lisätä riskiä hankkeen epäonnistumiselle, mikäli ennustettuja tuotantomääriä käytetään hankekehitysvaiheessa hintatason määrittäjänä.

Tuotantomäärään sidotun vuokran haittapuoli on sen synnyttämät vääränlaiset kannustimet tuotannon rajoittamisen suhteen. Matalan sähkönhinnan aikana marginaalikustannus vuokrasta voi olla isompi kuin tuotetusta sähköstä saatava liikevaihto. Näin sähköä ei kannatta tuottaa, vaikka se olisi mahdollista. Tuotannon rajakustannukseen vaikuttavat tuottajan solmimat sähkönmyyntisopimukset, alku-perätakuut ja mahdollisesti muista lopputuotteista (esim. vety) saatava tulo.

Liikevaihtoon sidottu vuokra

Vuokrataso voidaan sitoa merituulivoimapuiston tuottamaan liikevaihtoon. Hankekehittäjän kannalta liikevaihtoon perustuva vuokra on lähtökohtaisesti vähäriskinen. Vuokramaksut ajoittuvat tuotantovaiheeseen ja on suhteutettu aitoon liikevaihtoon, joka nostaa maksukyvykkyyttä ja poistaa maksukyvyttömyyden riskiä. Tällöin hankkeen onnistumisen todennäköisyys kasvaa ja hankekehittäjän rahoituskustannukset ovat todennäköisesti pienemmät.

Tämä hinnoittelukomponentti poistaa tuotannon rajoittamiseen liittyvät ongelmat, mitkä liittyvät tuotantomäärään sidottuun vuokraan. Tämä johtuu siitä, että yksittäiseltä tuotantotunnilta syntyvät marginaalikustannukset ja marginaalivoitto eivät vaikuta muiden tuotantotuntien tai kokonaistuotannon kannattavuuteen.

Liikevaihtoon sidotussa vuokrassa on myös riskejä tai ainakin se sisältää haitallisia kannustimia väärin suunniteltuna. Mikäli liikevaihto lasketaan sähköenergiasta saatavan myynnin perusteella, sähköntuottajalla voi olla houkutus keinotekoisesti alentaa sähköenergiasta saatavaa hintaa (€/MWh) ja pyrkiä vastaanottamaan liikevaihtoa vaihtoehtoisia reittejä pitkin, kuten asiakkaalta perityillä kiinteillä kuukausimaksuilla tai muilla palvelumaksuilla. Myös merituulivoiman omistajille omakustannehintaan sähköenergian myynti voi luoda epäselvyyksiä vuokratason määrittelyssä.

Myös muiden lopputuotteiden (PPA, vety, energian varastointi) kuin sähkön myynnistä saatu liikevaihto luo ongelman maksujen määrittämisen suhteen. Esimerkiksi vedystä saatava liikevaihto voi olla merkittävää ja herää kysymys pitäisikö vuokra määritellä vedyntuotannon arvon vai sähkön vaihtoehtoiskustannuksen (pörssi-hinta) mukaan.

Liikevaihtoon sidottu vuokra ei saa muodostua liian korkeaksi ottaen huomioon sähköntuottajan kokonaiskustannukset.

Asennettuun tai suunniteltuun kapasiteettiin sidottu vuokra

Saksassa on käytössä erilaiset mallit esivalmistelluille ja ei-esivalmistelluille alueille. Ei-esivalmisteltujen alueiden huutokaupassa voittajaksi valitaan pienintä tukea tarjoava taho. Käytännössä nykyään monet tahot tarjoavat pienintä mahdollista tukea, eli 0 snt/kWh, jolloin järjestetään toinen kierros, jossa on käytössä dynaaminen huutokauppa. Toisen kierroksen voittajaksi valitaan taho, joka on tehnyt korkeimman €/MW-tarjouksen. Kokonaiskapasiteetti on määritelty etukäteen huutokaupan

järjestäjän toimesta (Saksan liittovaltion verkkovirasto, 2022). Myös Iso-Britanniassa vuokraoptio vuotuiset maksut määritellään suunnitellun kapasiteetin mukaan (£/MW/a) (The Crown Estate, 2019).

Sähköntuotantokapasiteetti kuvastaa erinomaisesti merituulihankkeen kokoluokkaa. Tuotantokapasiteettiin sidottu vuokra kohtelee hankekehittäjiä tasapuolisesti, mutta voi jättää eri alueet eriarvoiseen asemaan. Tuulivoiman kapasiteettikerroin, eli kuinka paljon sähköä tuulivoimala tuottaa suhteessa sen teoreettiseen maksimiin voi olla erilainen eri alueilla. Mikäli vuokrataso olisi yhtenevä talousvyöhykkeellä, kannustaisi se rakentamaan merituulihankkeita ainoastaan optimaalisille paikoille ja koko Suomen mittakaavassa kaikki potentiaali jää hyödyntämättä.

Teoreettisesti hinnoittelumalli luo hankekehittäjälle kannustimen alimitoittaa kapasiteettia, jotta maksettavan vuokran määrä pieneneisi. On kuitenkin huomioitava, että muut tekijät kannustavat hankekehittäjiä rakentamaan lähtökohtaisesti kapasiteetiltaan mahdollisimman suuria merituulivoimapuistoja.

Tuotantovaiheessa sähköntuotantokapasiteettiin sidottu vuokra on parhaimmillaan, sillä se ei muodosta mitään ei-toivottuja kannustimia sähköntuottajalle. Sähköntuotantokapasiteetti on pysyvä sähköntuotantovaiheessa, eikä se vaikuta sähköntuottajan tekemiin päätöksiin voiton maksimoimisen suhteen. Tämän takia kyseinen malli soveltuu hyvin tuotantovaiheeseen.

Vuokraoptio ennen tuotantovaihetta/rakentamista

Osa hinnoittelun kohteista soveltuu paremmin hankekehitys- tai tuotantovaiheeseen. Vuokraoptio yhdistää erilaisia maksukomponentteja siten, että saadaan erilaisten komponenttien parhaat puolet hyödynnettyä hankkeen eri vaiheissa. Vuokraoptio ideana on maksaa oikeudesta tulevaan vuokrasopimukseen. Tämä mahdollistaa helposti ja selkeästi erilaisen hinnoittelun hankekehitys- ja tuotantovaiheeseen.

Iso-Britanniassa on käytössä malli, jossa yksinoikeuden alueeseen saanut taho maksaa vuosittaista maksua vuokraoptio muodossa, kunnes se käyttää vuokraoptio ja aloittaa varsinaisen alueen vuokrauksen. Vuokran aloitus tapahtuu rakentamisen alussa tai sitä ennen, kun aluetta aletaan varsinaisesti hyödyntämään. Hankekehittäjä maksaa Iso-Britannian julkisten alueiden hallinnasta vastaavalle The Crown Estatelle vuosittaista maksua, joka määrittyy huutokaupassa. Vuokraoptiota maksetaan suhteessa suunniteltuun kapasiteettiin (£/MW/vuosi). Viimeisimmällä huutokaupalla kierroksella (neljäs kierros, tammikuussa 2023) voittavien tarjouksien

vuokraoptiot olivat välillä 76 203 £/MW – 154 000 £/MW. Huutokaupassa oli kaikkiaan kuusi eri aluetta, joihin myönnettiin yksinoikeus (The Crown Estate, 2023). Iso-Britannian tapauksessa vuokran maksaminen muuttuu, kun vuokraoptio käytetään ja aloitetaan varsinainen vuokraus. Tuotantovaiheessa vuokra on kaksi prosenttia liikevaihdosta ja kiinteä vuosittainen vuokramaksu. Rakennusvaiheessa vuokramaksu on alhaisempi kuin tuotantovaiheessa ja se määrittyy arvioidun sähköntuotantomäärän mukaan (The Crown Estate, 2019).

Vuokraoptio mahdollistaa selkeiden määräaikojen asettamisen hankekehitykselle, jonka jälkeen oikeus vuokraukseen poistuu. Tämä kannustaa tehokkaaseen ja nopeaan hankekehitykseen. Ennakoimattomat tai muista kuin hankekehittäjästä johtuvat syyt tulee ottaa huomioon vuokraoption purkamisen suhteen. Optiomaksut tuottavat yhteiskunnalle tasaista tulovirtaa koko hankkeen ajan. Vuokraoption ja myöhemmin tulevan vuokrasopimuksen yhdistelmä on hyvin joustava ja siten se mahdollistaa hankekehittäjän riskien pienentämisen vaarantamatta pitkällä aikavälillä yhteiskunnan tulovirtaa. Varsinkin hankekehitysvaiheessa on mahdollista pitää maksut alhaisemmalla tasolla ja näin pienentää hankekehittäjän rahoituskustannuksia, sekä hankkeen epäonnistumisen riskiä. Tuotantovaiheessa vuokran suuruutta on mahdollista nostaa, kun sähköntuottajan maksukyky on parempi ja merkittävimmät riskit hankkeen suhteen eivät ole enää relevantteja. Muillakin hinnoittelukomponenteilla vuokran kokoluokan vaihtaminen on mahdollista, mutta vuokraoption käyttö selkeyttää tätä jakoa hankekehitys- ja tuotantovaiheen hinnoittelun välillä.

2.6.2 Laadulliset kriteerit

Tässä kappaleessa keskitytään laadullisiin kriteereihin, joita voidaan käyttää Valtioneuvoston tutkimus- ja hyödyntämisoikeuden arvioinnissa sekä hankekehittäjien kilpailutuksessa. Laadullisilla kriteereillä voidaan arvioida, miten hankekehittäjä minimoi kehityksestä koituvat haitat ja miten yhteiskunta voi hyötyä hankkeesta suoraan tai epäsuorasti. Lisäksi kriteereillä voidaan arvioida hankekehittäjän taustaa ja kykyä kehittää hanketta tai muita näkökohtia, joita kilpailutuksen järjestäjä haluaa painottaa tarjoushinnan lisäksi.

Laadulliset kriteerit ovat yleistyneet verrokkimaiden merituulivoimakilpailutuksissa. Esimerkiksi Saksassa, Tanskassa ja Iso-Britanniassa käytetään erilaisia laadullisia kriteereitä hankekehittäjien arvioinnissa. Joissakin maissa on useampia erilaisia väyliä merituulivoimahankkeiden yksinoikeuden myöntämiselle, ja vain osassa niistä on käytössä laadulliset kriteerit arvioinnin tukena. Esimerkiksi Saksassa ja Tanskassa esivalmistelluilla alueilla hyödynnetään laadullisia kriteereitä, mutta

ei-esivalmistelluilla alueilla niitä ei hyödynnetä. Laadullinen kilpailutus nähtiin hankekehittäjien haastatteluissa tärkeäksi, eikä yksinoikeuden tulisi ratketa ajalliseksi kilpailulla (kuka ensin hakee hyödyntämisoikeutta). Ajallinen kilpailu koettiin merkittävänä riskinä hankkeen laadulle.

Laadullisia kriteerejä arvioitaessa on hyvä ottaa huomioon hankekehitys-konsortion kyvykkyudet. On epätodennäköistä, että yksittäisellä hankekehittäjällä tai yrityksellä on korkean luokan osaamista kaikilla eri merituulivoimahankkeen kehittämisen vaatimilla osa-alueilla. Mikäli hankekehittäjältä vaadittaisiin orgaanista osaamista kaikilta eri osa-alueilta, rajautuisi potentiaalisten hankekehittäjien joukko. Eri hankekehityksen osa-alueisiin erikoistuneet toimijat voivat tuottaa palveluita ja osaamista tehokkaasti yhdessä, eikä konsortioita kannata sulkea kilpailun ulkopuolelle.

Taulukko 2-3: Käsitellyt laadulliset pääkriteerit, ja niitä täsmentävät alakriteerit

Pääkriteerit	Alakriteerit
A. Ympäristöystävällisyys ja vähähiilisyys	<p>A1. Merituulivoimapuiston elinkaaren lopun hallinta</p> <p>A2. Ekologisen kompensaation soveltaminen hankkeessa</p> <p>A3. Kemikaalien, materiaalien, rakennus- ja perustustekniikoiden ympäristöystävällisyys</p> <p>A4. Turbiinien ja muiden rakenteiden valmistuksen vähähiilisyys</p>
B. Hankekehittäjän kyvykkyys toteuttaa projekti ja hankekehittäjän tausta	<p>B1. Hankekehittäjän osaaminen ja kyvykkyys tuulivoiman rakentamiseen</p> <p>B2. Hankekehittäjän hyvämaineisuus</p> <p>B3. Riittävä investointikyky ja taloudellinen kyvykkyys hankkeen toteuttamiseen</p> <p>B4. Osaaminen jäätyvissä meriolosuhteissa rakentamisesta</p>

Pääkriteerit	Alakriteerit
C. Merituulivoimaprojektin eri osa-alueiden suunnittelu ja niiden laatu	<p>C1. Toimitetun sähkön määrä hankkeen elinkaaren aikana ja käytön aloituksen ajankohta</p> <p>C2. Riittävä tietämys sidosryhmien kanssa toimimisesta ja Suomen lainsäädännöstä</p> <p>C3. Ympäristövaikutusten arvioinnin riittävyys ja laatu</p> <p>C4. Riittävän laajat selvitykset alueesta ja sen soveltuvuudesta merituulivoimaan</p>
D. Yhteiskunnan hyötyjen maksimointi ja haittojen minimointi	<p>D1. Hankekehittäjän tausta turvallisuuspoliittisesta näkökulmasta</p> <p>D2. Hankkeen hyödyt Suomen teollisuudelle ja elinkeinoelämälle</p> <p>D3. Osaavan työvoiman kasvattaminen ja kouluttaminen</p> <p>D4. Energianvarastointiratkaisut osana hanketta ja vaihtoehtoiset sähkönkäyttökohteet</p>

Laadullisia kriteereitä on käsitelty tässä työssä useasta näkökulmasta ja arvioitu miten kyseisen laadullisen kriteerin toteutuminen tukisi eri osa-alueita. Näkökulmia on mm. hankkeen tehokas ja laadukas toteuttaminen, ympäristöystävällisyys, yhteiskunnan kokonaisuus, hankkeen hyväksyttävyyden ja soveltuvuus Suomeen.

Laadullisia kriteereitä valittaessa on syytä huomioida, että niiden tulee olla mahdollisimman selkeitä, konkreettisia ja yhteismitallisia. Lisäksi tulee huomioida mm. yksittäisen hankekehittäjän melko rajalliset mahdollisuudet huomioida laajojen alueiden maankäytöllisten tarpeiden yhteensovittamista, joka tulisikin tehdä maankäytön suunnittelussa maakuntakaavatasolla.

A. Ympäristöystävällisyys ja vähähiilisyys

Hankkeen ympäristöystävällisyys on laaja kokonaisuus. Ympäristöasioita käsitellään myös erilaisissa lupaprosesseissa ja YVA-menettelyssä. Päällekkäisyyden välttämiseksi laadullisissa kriteereissä on keskitytty ympäristöllisen kestävyuden kannalta osa-alueisiin, joita ei ole käsitelty hankkeen muissa prosesseissa.

A1. Merituulivoimapuiston elinkaaren lopun hallinta

Merituulivoimapuiston elinkaaren lopussa on mahdollista, että voimalat ja niiden perustukset tulee purkaa tai löytää niille vaihtoehtoinen käyttötarkoitus. Tuulivoimaloita ja niiden perustuksia ei välttämättä tarvitse purkaa, mikäli niistä ei synny haittaa merenkululle tai ympäristölle.

Alueen yksinoikeuden myöntövaiheessa on olennaista varmistaa, että eri hankekehittäjillä on käsitys ja jonkinasteinen suunnitelma heidän mahdollisesta vastuustaan purkaa tai uusiokäyttää merituulivoimapuiston materiaalit hankkeen elinkaaren lopussa.

Hankekehitysvaiheessa ei ole vielä realistista esittää viimeisteltyä suunnitelmaa siitä, miten osat ja materiaalit kierrätetään tai uusiokäytetään elinkaaren lopussa. Hankkeen elinkaaren aikana on oletettavaa, että teknologia ja erilaiset uudet käyttökohteet kehittyvät tavalla, jota hankekehitysvaiheessa ei voida ennalta nähdä. Tämän takia on järkevää keskittyä hankekehittäjän valmiuteen kierrättää, purkaa tai päivittää merituulivoimalat elinkaaren lopussa. Tavoitteena tulee olla mahdollisimman korkea kierrätysaste, mikäli merituulivoimaloiden elinkaarta ei kyetä jatkamaan. Mikäli suhteellisen tarkkoja suunnitelmia kuitenkin vaaditaan, on ehdottoman tärkeää jättää merituulivoimaloiden omistajille mahdollisuus muuttaa merituulivoimaloiden kierrätys- tai uusiokäyttötoteutuksia vaihtoehtojen ja teknologioiden kehityksessä. Kierrätys- ja purkusuunnitelmat eivät saa vähentää kannustimia merituulivoimapuiston elinkaaren pidentämiseen tai osien päivitykseen elinkaaren lopussa.

Laadullisen kriteerin lisäksi tai sen vaihtoehtona voidaan pitää vakuusmaksua, joka kohdistettaisiin mahdollisen purkamisen kustannuksiin, mikäli hankekehittäjä ei pysty huolehtimaan rakenteiden purkamisesta. Hankekehittäjän tulisi tällöin maksaa riittävä vakuus hankekehityksen alkuvaiheessa, joka kattaisi rakenteiden purkamisesta aiheutuvat kustannukset. Vakuus tulisi vapauttaa, mikäli hankekehittäjä on täyttänyt veloitteensa tai purkaminen ei ole muusta syystä enää ajankohtaista. Vakuusmaksun ongelmana on siitä aiheutuvat merkittävät lisäkustannukset hankekehittäjälle hankekehityksen alkuvaiheessa. Yhteiskunnan kannalta vakuusmaksu lisää varmuutta merituulivoiman rakentamisen haittojen hoitamisesta hankekehittäjän toimesta.

A2. Ekologisen kompensaation soveltaminen hankkeessa

Ekologinen kompensaatio on viimesijainen keino, kun haittoja ei voida estää tai lieventää. Luonnonarvoja toiminnassaan heikentävä taho, tässä tapauksessa merituulivoiman kehittäjä, voi hyvittää merituulivoiman aiheuttaman haitan luonnolle

toisessa sijainnissa (Ympäristöministeriö, Ekologinen kompensaatio, 2023). Merituulivoima aiheuttaa käytännössä aina jonkinasteista haittaa paikalliselle luonnolle. Tällöin hankekehittäjän on mahdollista kompensoida aiheuttamaa haittaa ekologisen kompensaation avulla, mikä parantaa ympäristöllistä kestävyyttä valtiollisella tasolla. Mikäli ekologista kompensaatiota sovelletaan hankkeissa, on olennaista huomioida ja selvittää hankkeen nettovaikutus luonnon monimuotoisuuteen. Kompensaatio ei saa oikeuttaa luontoarvojen heikommalle huomioimiselle merituulivoimalan vaikutusalueella.

A3. Kemikaalien, materiaalien, rakennus- ja perustustekniikoiden ympäristöystävällisyys

Ruotsissa on ehdotettu laadullisiksi kriteereiksi mm. ympäristö- ja ilmasto-vaikutukset, sekä tekniikan, materiaalien ja kemikaalien valinta projektissa (Ruotsin meri- ja vesivirasto, 2022). Erilaiset perustustekniikat aiheuttavat rakentamisvaiheessa haittaa luonnolle esimerkiksi meluvaikutusten muodossa. Meluvaikutusten minimointi on yksi vaihtoehto rakentamisen kestävyuden mittaamiseen. Saksassa yksi neljästä laadullisesta kriteeristä keskittyy nimenomaan käytettyjen rakennus- ja perustamistekniikoiden valintaan (Saksan liittovaltion oikeusministeriö, 2023). Suomen tapauksessa tulee selvittää tarkemmin erilaisten rakentamistekniikoiden soveltuvuutta rakennettavalle alueelle ja miten näitä voisi mitata laadullisena kriteerinä.

Lukkiutumalla liian tiukasti tiettyihin tekniikoihin tai materiaaleihin, voidaan pahimmassa tapauksessa aiheuttaa hankkeen epäonnistuminen tai merkittävä kustannusten nousu ja aikataulun viivästyminen. Jotkin tekniikat tai materiaalit voivat osoittautua vasta myöhäisemmässä vaiheessa soveltumattomiksi alueelle, jonne merituulivoimaloita suunnitellaan ja rakennetaan. Varsinkin perustustekniikoiden kohdalla, ottaen huomioon tämänhetkinen vähäinen tietomäärä merenpohjasta, on hyvin riskialtista vähentää hankekehittäjien liikkumatilaa käytettyjen tekniikoiden valinnassa. Merenpohjan tiedonpuutteen ja Suomen merenpohjan ominaisuuksien vaihtelevuuden takia tämänkaltaisia laadullisia kriteereitä voidaan pitää kohtuullisen huonosti Suomeen soveltuvana.

Myös kemikaalien ja materiaalin valintojen ohjaamiseen liittyy samanlaiset riskit kuin yllä mainitut perustus- ja rakennustekniikoihin liittyvät riskit hankkeen kustannuksien nousemisesta. Lähtökohtaisesti kemikaalien ja materiaalin valinnoilla on positiivinen vaikutus ympäristön kannalta, ja julkisella ohjauksella voidaan estää haitallisten materiaalien, kemikaalien ja rakentamistekniikoiden käyttö merellä.

A4. Turbiinien ja muiden rakenteiden valmistuksen vähähiilisyys

Saksassa esivalmisteltujen alueiden tapauksessa yksi neljästä laadullisesta kriteeristä keskittyy itse tuulivoimaloiden valmistuksen vähähiilisyyteen. Saksassa keskittään turbiinien valmistusprosessissa vihreän vedyn ja uusiutuvan, ei-tuetun sähkön hyödyntämiseen. Mitä enemmän näitä hyödynnetään valmistusprosessissa, sitä enemmän saa pisteitä tältä osa-alueelta. Myös muiden osien ja rakenteiden vähähiilisyyteen voidaan kannustaa ko. laadullisen kriteerin avulla. Esimerkiksi merituulivoimaloiden perustuksissa käytetyn materiaalin hankinnassa voidaan painottaa kierrätysmateriaalien tai vähähiilisesti tuotetun materiaalin käyttöä. Mikäli perustuksiin käytettävän materiaalin vähähiilisyyteen ja kierrätysmateriaalin käyttöön halutaan kannustaa, tulee selvittää vaihtoehtoisten materiaalien soveltuvuus jäätyviin meriolosuhteisiin.

Tämän laadullisen kriteerin toteutuminen vaikuttaa huomattavasti rakennusprojektin vähähiilisyyteen. Valmistusprosessien vähähiilisyyttä korostava laadullinen kriteeri tukee epäsuorasti valmistavan teollisuuden vähähiilisten prosessien ja tuotteiden kehitystä, luomalla kysyntää tämän kaltaisille tuotteille. Koska Suomessa ei ole merkittävää tuuliturbiinien valmistusta, pelkästään tuuliturbiinien valmistusprosessin vähähiilisyyteen kannustaminen ei ole Suomen talouden kannalta hyvä keino. Suomen tapauksessa on järkevämpi keskittyä merituulivoimalan tarvitsemien materiaalien vähähiilisyyden tukemiseen, joiden valmistusta on tai tulee olemaan Suomessa, esimerkiksi betoni tai vihreä teräs.

Kyseisen laadullisen kriteerin riskinä on sen aiheuttama kustannuspaine hankekehittäjälle. Vähähiilisten tuotteiden saatavuus on vielä heikohkoa, mikä nostaa tuotteiden hintaa. Vähähiilisten materiaalien ja rakenteiden käytöllä voi olla hankkeen yleisen hyväksyttävyyden kannalta positiivisia vaikutuksia.

B. Hankekehittäjän kyvykkyys toteuttaa projekti ja hankekehittäjän tausta

Hankekehittäjän kyvykkyys toteuttaa projekti on hyvin olennainen asia selvittää kilpailutusvaiheessa. Todennettu osaaminen pienentää merkittävästi riskiä hankkeen epäonnistumisesta. Kyvykkyys toteuttaa projekti voidaan karkeasti jakaa sekä taloudelliseen kyvykkyyseseen että kykyyn toteuttaa ja hallinnoida monimutkainen tekninen projekti.

B1. Hankekehittäjän osaaminen ja kyvykkyys tuulivoiman rakentamiseen

Aiempi kokemus merituulivoiman kehittämisestä on hyödyllistä ja tukee yksittäisen hankkeen tehokasta ja laadukasta läpivientiä. Kokeneet hankekehittäjät pystyvät toteuttamaan esimerkiksi laadukkaan YVA-ohjelman ja tietävät mihin asioihin

ympäristön kannalta tulee keskittyä. Kokeneilla hankekehittäjillä voi olla vakiintuneita kanavia rahoituksen hankkimiselle, mikä voi mahdollistaa alemmat rahoituskustannukset parantaen hankkeen onnistumisen todennäköisyyttä.

Laadullisen kriteerin arvioinnissa voi olla hankalaa selkeästi pisteyttää aiempi kokemus. Usein kehityskäyrä on jyrkin ensimmäisten projektien kohdalla. Epäonnistuneet projektit voivat parantaa tulevien projektien hallintaa ja läpivientiä, mikäli epäonnistumisen syy ei ole ollut selkeät laiminlyönnit. Tämän takia aiempaa kokemusta ei ole järkevää tarkastella pelkästään onnistuneiden projektien osalta. Epäonnistuneiden projektien kohdalla hankekehittäjän olisi hyvä tehdä selvitys, miksi projekti epäonnistui ja miten epäonnistuneesta projektista saadut kokemukset viedään käytäntöön, sekä miten niiden uusiminen estetään.

On tärkeää ottaa huomioon, ettei Suomessa toimivilla tuulivoimahankekehittäjillä ole vielä välttämättä vahvaa osaamista merituulivoiman rakentamisesta, mutta heillä on vahvaa osaamista tuulivoiman rakentamisesta, sekä syvällinen tuntemus Suomen vaatimuksista ja lainsäädännöstä. Sen vuoksi tulisikin tarkastella asiaa kokonaisuutena ja peräänkuuluttaa osaamista nimenomaan tuulivoimarakentamisesta, sekä mahdollisesti myös vesistö rakentamisesta. Mikäli kaikkea osaamista ei löydy saman yrityksen sisältä, voidaan hyväksyä konsortiot hankekehittäjinä.

Näin ollen koko merituulivoima-alan tehokkuuden ja Suomen merituulivoimakapasiteetin kasvun kannalta voi olla haitallista, mikäli aiempaa kokemusta painotetaan liiaksi. Liiallisen aiemman kokemuksen painotuksessa on riskinä uusien toimijoiden ajautuminen epäedulliseen kilpailuasetelmaan. Myös uusien ja mahdollisesti tehokkaampien toimintatapojen markkinoille tulo voi hidastua. Varsinkin monet suomalaiset hankekehittäjät olisivat merkittävässä altavastajan asemassa verrattuna globaaleihin merituulivoimakehittäjiin, jolloin suomalainen merituuli-ala ei pääse kehittymään. Liiallinen keskittyminen heikentää kilpailua pitkällä aikavälillä ja vähentää osaamisen, sekä resurssien kasvamista merituulivoima-alalla kokonaisuutena.

B2. Hankekehittäjän hyvämaineisuus

Hankekehittäjän hyvämaineisuus ja sen tärkeys nousi monessa haastattelussa esille. Hyvämaineisuus on laaja käsite, jonka tärkeimpinä asioina voidaan pitää rehellistä liiketoimintahistoriaa (esim. verojen maksaminen), avointa ja aktiivista kommunikatiota eri sidosryhmien kanssa, sekä esiteltujen suunnitelmien mukaan toimimista ja realistisuutta. Hankekehittäjän hyvämaineisuus on tärkeää kilpailutuksen avoimuuden, läpinäkyvyyden ja sitä kautta hankkeen sosiaalisen ja yhteiskunnallisen

hyväksyttävyyden kannalta. Väärinkäytöksillä voi olla suhteettoman iso vaikutus tuulivoima-alan yleiseen hyväksyttävyyteen ja johtaa yksittäisten hankkeiden vastustukseen niin paikallisella, kuin valtakunnallisellakin tasolla.

Hankekehittäjän hyvämaineisudella ja rehellisellä liiketoimintahistorialla voi olla vaikutuksia uuden hankkeen laadukkaaseen toteutumiseen. Aiempien väärinkäytösten selvittäminen sitoo hankekehittäjän resursseja, jotka ovat pois uuden hankkeen kehityksestä. Pahimmillaan aiemmat väärinkäytökset voivat aiheuttaa merkittäviä sakkoja tai muita toimenpiteitä, jotka voivat vaarantaa hankekehittäjän tulevaisuuden toiminnan jatkumisen. Ympäristön näkökulmasta hankekehittäjän hyvämaineisuus ja vastuullisuus on myös tärkeää. Hyvämaineinainen hankekehittäjä todennäköisemmin toteuttaa laadukkaan YVA-ohjelman ja implementoi ympäristöä suojelevia, tai ympäristöhaittoja minimoivia toimia hankkeeseen.

Haastatteluissa esiin nousi myös asetettujen pakotteiden noudattamisen tärkeys. Pakotteiden noudattamattomuus tai niiden kiertäminen voivat aiheuttaa merkittävää haittaa hankkeen hyväksyttävyyden kannalta, sekä altistaa hankekehittäjän rahoituksen merkittävien riskien kohteeksi. Tämän laadullisen kriteerin arviointi on erittäin sovelias Suomelle nykyisessä turvallisuuspoliittisessa ympäristössä.

B3. Riittävä investointikyky ja taloudellinen kyvykkyys hankkeen toteuttamiseen

Taloudellinen kyvykkyys toteuttaa hanke on yksi tärkeimmistä asioista, joka tulee selvittää kilpailutuksen aikana. Epävarma taloudellinen kyvykkyys voi vähintään hidastaa, sekä heikentää hankkeen laatua ja toteutusnopeutta. Hankkeen epäonnistuessa yksinoikeus tulee myöntää jollekin muulle hankekehittäjälle mahdollisesti uuden kilpailutuksen jälkeen, mikä tuhlaa merkittävästi kaikkien osapuolien resursseja ja hidastaa merituulivoiman kehitystä Suomessa.

Hankekehittäjän varmistamat rahoituslähteet ja sopimukset ovat selkeä tapa vertailla eri hankekehittäjien investointikyvykkyyttä. Rahoitusmarkkinat ovat hyviä arvioimaan hankekehittäjän taloudellista kyvykkyyttä. Rahoitusmarkkinoiden asiantuntemusta voidaan hyödyntää arvioinnissa, vertailemalla esimerkiksi eri hankekehittäjien saamien rahoituslupauksien ehtoja ja hintoja. Varsinkin uusiutuvan energian projekteihin erikoistuneet rahoittajat osaavat arvioida hankekehittäjien relevantteja kyvykkyksiä (taloudellisia ja muita projektiin liittyviä аспекteja) erityisen hyvin ja heillä on myös näkemystä vertailukohtiin markkinoilla. Rahoituksen läpinäkyvyys on itsessään tärkeää hankkeen hyväksyttävyyden, turvallisuuspolitiikan ja hankkeen laadukkaan toteutumisen kannalta.

B4. Osaaminen jäätyvissä meriolosuhteissa rakentamisesta

Osaaminen jäätyvissä meriolosuhteissa rakentamisesta voidaan katsoa eduksi Suomen olosuhteissa rakennettaessa. Se kuitenkin rajaa merkittävästi hankekehittäjien määrää, mikäli osaamista painotettaisiin hyvin vahvasti tai se olisi jopa pakollinen kriteeri. Ulkomaisilla hankekehittäjillä voidaan olettaa olevan keskimäärin huonosti osaamista jäätyvistä olosuhteista. Orgaanisen osaamisen vaatiminen rajaisi näitä toimijoita kilpailusta pois, joka johtaisi heikompaan kilpailuun projekteista. Osaaminen jäätyvistä olosuhteista on olennaista Suomen olosuhteissa rakentamisessa, ja kilpailun heikkenemisen riskin takia sitä ei todennäköisesti ole järkevää vaatia hankekehittäjältä itseltään. Hankekehittäjä voisi osoittaa osaamisen esimerkiksi ostopalveluna jäätyviin olosuhteisiin erikoistuneelta toimijalta.

C. Merituulivoimaprojektin eri osa-alueiden suunnittelu ja niiden laatu

On olennaista arvioida hankekehittäjän esittämien suunnitelmien laatua ja realistisuutta. Hankekehittäjän esittämiä suunnitelmia, niiden laatua ja realistisuutta voidaan vertailla esimerkiksi muiden tekemiin hakemuksiin, jotta vältetään ylioptimistisilta suunnitelmilta. Saksassa on olemassa pisteytysjärjestelmä, joka pisteyttää hakemukset suhteessa toisiin hakemuksiin. Saksan pisteytysjärjestelmää on kuvailtu laajemmin luvussa 2.6.2.1 Vaihtoehdot laadullisten kriteerien arviointiprosessiksi. Tämä malli soveltuu Suomeenkin. Malli havaitsee suunnitelmat, jotka poikkeavat merkittävästi hankekehittäjien suunnitelmien keskiarvosta.

Suunnitelmien realistisuudella on tärkeä rooli hankkeen läpinäkyvyyden kannalta. Mikäli suunnitelmat ovat epärealistisia, riski niistä poikkeamiseen kasvaa. Näin yksinoikeuden myöntämisprosessi tai mahdollinen huutokauppa ei olisi tasapuolinen.

C1. Toimitetun sähkön määrä hankkeen elinkaaren aikana ja käytön aloituksen ajankohta

Ruotsissa on ehdotettu yhdeksi laadulliseksi kriteeriksi toimitetun sähkön määrää merituulivoiman elinkaaren aikana (Ruotsin meri- ja vesivirasto, 2022). Elinkaaren aikana toimitettuun sähkön määrään liittyy huomattavia epävarmuuksia, eikä voida olettaa ennusteiden olevan tarkkoja. Sen takia niihin tulisi suhtautua enintään suuntaa antavina. Lähtökohtaisesti on myös oletettavaa, että eri hankekehittäjien arviot aloitusajankohdasta ja varsinkin tuotantomäärästä ovat saman suuntaisia. Mikäli jokin tarjous esittäisi merkittävästi tarjouksien keskiarvosta eroavia arvioita, tulisi selvittää mistä nämä erot johtuvat ja ovatko esitetyt suunnitelmat realistisia. Tämä tarkastelu voikin toimia paremmin ns. laadunvarmistuksena hankekehittäjän suunnitelmien realistisuuden suhteen.

Toimitetun sähkön määrän maksimoiminen elinkaaren aikana ja käytön aloitus mahdollisimman aikaisin tukevat yhteiskunnan hiilineutraalisuustavoitteiden saavuttamista. Erot toimitetun sähkön määrässä syntyvät käytännössä suunnitellun tuotantokapasiteetin eroista. Yksi vaihtoehto on tarkastella toimitetun sähkön määrän sijaan asennettua kapasiteettia.

Yhteiskunnan kokonaisuhyödyn ja varsinkin päästöjen minimoimisen suhteen on hyödyllistä, mikäli pystytään arvottamaan eri hankekehittäjien hankekehitysnopeutta. Toki liiallisella tuotannon aloitusajankohdan painotuksella voi olla hankkeen laatua heikentäviä vaikutuksia, sillä nopealla aikataululla ei todennäköisesti voida tehdä kattavia selvityksiä hankekehitysvaiheessa. On myös tärkeää ottaa huomioon realiteetti ison merialueen hankkeen virallisten menettelyiden kestoista.

Tämän laadullisen kriteerin käyttöönotto vaatii toteuman seurantaan pitkällä aikavälillä ja mahdollisuutta sanktioihin, mikäli hakemuksessa ilmoitettu tuotantomäärä ei vastaa toteumaa.

C2. Riittävä tietämys sidosryhmien kanssa toimimisesta ja Suomen lainsäädännöstä

Tieto erilaisten sidosryhmien kanssa toimimisesta ja Suomen lainsäädännön tuntemus on olennainen osa projektia. Tärkeitä sidosryhmiä ovat mm. alueella kalastusta harjoittavat elinkeinonharjoittajat, merialueen käyttäjät (veneilijät, kotimainen ja kansainvälinen ammattimerenkulku) sekä muut elinkeinot merialueella (mahdollinen vesiviljely). Virkistyskäyttäjät ovat myös olennainen sidosryhmä, mutta talousvyöhykkeellä sen rooli on pienempi, kuin aluevesillä lähellä rannikkoa. Kuitenkin kaikki merituulivoimahankkeet liitetään mantereeseen joko Suomessa tai muualla, joten merikaapeleiden tai putkien kautta vaikutuksia aiheutuu myös rannikon lähelle. Merituulivoiman yleistyessä Suomessa ja merituulivoima-alueiden kattaessa merkittävän osan Suomen merialueista, erilaisten sidosryhmien huomioiminen tulee yhä tärkeämmäksi alan hyväksyttävyyden kannalta ja myös yhteiskunnalle mahdollisesti aiheutuvien kustannusten takia.

Mikäli sidosryhmiä ei huomioida tarpeeksi hyvin, voi muille elinkeinoille tai yhteiskunnalle aiheutua epäsuoria kustannuksia sopeutumisesta merituulivoiman aiheuttamiin muutoksiin toimintaympäristössä. Sidosryhmien huomioimista ja Suomen lainsäädännön tuntemusta voidaan arvioida hankekehittäjän esittämien yhteensovittamisen suunnitelmien perusteella. Hankekehittäjien näkemyksen mukaan

vihreän siirtymän tavoitteiden saavuttaminen vaati kuitenkin kompromisseja merituulivoiman hankekehittäjien lisäksi muilta merialueen toimijoilta. Kompromissit lähes aina aiheuttavat lisäkustannuksia, joista pitäisi pystyä avoimesti sopimaan.

Heikko Suomen lainsäädännön tuntemus voi heijastua poikkeamiin lainmukaisista suunnitteluratkaisuista (ja edelleen valituksina lupavaiheissa), sekä merialueen toimintojen yhteensovittamisen hankaluutena, mikä voi kokonaisuudessaan hidastaa merituulivoiman hankekehitystä, vihreää siirtymää sekä lisäksi merialueen muuta kehittämistä.

C3. Ympäristövaikutusten arvioinnin riittävyys ja laatu

Yhtenä laadullisena kriteerinä hyödyntämisoikeuden myöntämisen harkinnassa voitaisiin hyödyntää ympäristövaikutusten arviointiprosessia, joka on kaksivaiheinen: 1) YVA-ohjelma ja 2) YVA-selostus. Esimerkiksi kynnysehtona oikeuden myöntämiselle voisi olla hyväksytty YVA-ohjelma, jossa on esitetty tehtäväksi kattavat merialueen selvitykset, joihin tutkimusluvan hakija sitoutuu. Myös aiemmin muihin hankkeisiin Suomessa suoritettut YVA-menettelyt voisivat olla osa arviota, jolloin arvioitaisiin aiempien YVA-menettelyiden laatu ja toteutus verrattuna YVA-ohjelmiin. Aiemmin suoritettut YVA-menettelyt eivät saisi kuitenkaan olla kynnysehto, sillä se sulki mahdollisesti merkittävän joukon kykeneviä hankekehittäjiä kilpailun ulkopuolelle. Edellä mainittu YVA-ohjelman kriteerinä käyttäminen toimii vain nykyisen lainsäädännön puitteissa, joka ei sisällä merituulivoima-alueen huutokauppaamista. Mikäli nyt vireillä oleva talousvyöhykkeen merituulivoimaa koskeva lakihanke (TEM, 2023) päättyy kilpailutusmalliin ei YVA-ohjelma toimi samalla tavalla kriteerinä, koska tavoitteena olisi varmasti välttää päällekkäiset YVA-ohjelmat.

YVA-selostuksen riittävyys (perusteltu päätelmä) tulisi nousta merkittävään rooliin viimeistään harkittaessa Valtioneuvoston rakentamislupaa, sillä YVA-ohjelma on vain ensimmäinen vaihe kaksivaiheisessa menettelyssä, eikä vielä anna takeita siitä, että ohjelmassa luvatut toimet varmasti toteutetaan. Rakentamisluvan tueksi olisi syytä varmistaa YVA-selostuksen yhteydessä tehtyjen merialueen selvitysten ja vaikutusarviointien riittävyys.

On huomioitava, että kilpailutukseen/hyödyntämisoikeuden myöntämiseen vaadittava YVA-ohjelma lisää hankekehittäjien kustannuksia ja työllistää viranomais- ja palveluntarjoajaresursseja, mikäli samaan aikaan samalla alueella olisi useita päällekkäisiä YVA-menettelyitä vireillä. Ennen laadullisen kriteerin käyttöönottoa on tärkeää varmistaa viranomaisten resurssit ja onko heillä kykyä edistää päällekkäisiä YVA-menettelyitä samasta merialueesta.

Yksi vaihtoehto ympäristövaikutusten arvioinnin laadun varmistamiseen on hankekehittäjän uskottava suunnitelma YVA-ohjelman ja selvitysvaiheen toteuttamiseksi, joko itsenäisesti tai palveluntarjoajan kautta, jolloin vielä valmista YVA-ohjelmaa/ YVA-menettelyä ei vaadittaisi kriteeriksi. Tärkeää on varmistaa, että hankekehittäjä on sitoutunut tekemään ympäristöselvityksiä vaadittavalla tarkkuudella ja laajuudella myös käytännön tasolla – eli oikeus alueen hyödyntämiseen raukeaisi, mikäli suunnitelmia ei toteutettaisi siinä mittakaavassa mitä on luvattu tietyssä aikarajassa.

C4. Riittävän laajat selvitykset alueesta ja sen soveltuvuudesta merituulivoimaan

Riippuen projektin vaiheesta, jossa yksinoikeus myönnetään, voidaan yhtenä laadullisena kriteerinä käyttää hankekehittäjän tekemiä selvityksiä alueesta ja sen soveltuvuudesta merituulivoimaan. Tämä on mahdollista, mikäli ennen yksinoikeuden myöntämistä hankekehittäjille myönnetään tutkimuslupa alueeseen. Tällä hetkellä moni eri hankekehittäjä voi hakea ja saada myönnetyn tutkimusluvan samaan tai osittain samaan alueeseen. Nykytilanteeseen tämä laadullinen kriteeri soveltuu hyvin. Mikäli yksinoikeus myönnettäisiin hyvin varhaisessa vaiheessa, tulisi arvioinnissa keskittyä suunnitelmiin kattavien selvitysten tekemisestä.

Tärkeimmät selvitettävät asiat alueesta ja sen soveltuvuudesta merituulivoimaan sisältävät merenpohjan kartoituksen (syvyys, pohjan biologinen kartoitus ja pohjanlaatu), sekä tuulimittaukset. Yhtenä vaihtoehtona on vertailla eri hankekehittäjien tekemiä selvityksiä ja arvioida yksittäisen hankekehittäjän tekemiä selvityksiä ja suunnitelmia hankekehittäjien joukon keskiarvoon. Näemme tärkeäksi, ettei em. kriteereitä sidota liian kustannusintensiivisiin selvityksiin, kuten pohjan kairauksiin, sillä ne nostavat alkuvaiheen kustannuksia huomattavasti ja niiden kohdentaminen on haastavaa, ennen kuin on saatu kerättyä riittävästi muuta tietoa tarkemman voimalapaikkojen sijoittelun suunnittelun tueksi. Kairaukset tehdään tavallisesti vasta hankelupien myöntämisen jälkeen, jolloin hankkeen läpimeno on varmempaa ja korkeat investoinnit ovat paremmin toteutettavissa.

Hankkeen tehokkaan ja laadukkaan kehityksen kannalta on kuitenkin ensisijaisen tärkeätä, että selvitykset alueesta tehdään riittävällä tasolla ja saadaan näin riittävä kokonaiskuva alueen soveltuvuudesta merituulivoimaan. Yhteiskunnan kokonaisyödyn kannalta vaikutus on lähinnä epäsuora tehokkaan hankekehityksen varmistamisen kautta. Hankekehittäjä- ja viranomaisresurssija ei kannata tuhlaata merituulivoimalle soveltumattomiin alueisiin. Ympäristöystävällisyyden kannalta on olennaista, että selvitykset merialueen bioottisesta (elollinen) ja abiottisesta (eloton eli mm. geologiset olosuhteet) ympäristöstä ovat laadukkaita. On myös tärkeää,

että selvitysten perusteella tehdään tarvittavia varotoimia ympäristön suojelemiseksi sekä suunnitellaan haittojen ehkäisy ja lieventäminen kattavasti ja mahdollisimman konkreettisesti.

Merituulivoimahanke voidaan liittää joko sähköverkkoon tai vetyverkkoon ja energiansiirto kulkee aluevesien läpi mantereelle. Talousvyöhykkeelle sijoittuvan merituulivoimahankkeen YVA-menettelyssä tuleekin näin ollen tarkastella myös hankkeen vaikutukset aluevesillä ja mantereella sekä huomioida hankkeen toimintojen vaikutukset muuhun maankäyttöön. Uusien voimajohtojen maankäytön suunnittelussa tulee huomioida muut mantereen tuulivoimahankkeet ja niihin liittyvät infratarpeet. Muut vaihtoehdot kuin kantaverkkoon liittyminen voivat parantaa merituulivoimahankkeen soveltuvuutta manneralueella. Esimerkiksi vedyntuotanto tai sähkön hyödyntäminen mahdollisimman lähellä rantautumis-kohtaa voivat vähentää hankkeen aiheuttamaa painetta maankäytölle. Tällöin myös vähenee tarve kantaverkkoon vaadittaville investoinneille. Edellä mainittu maankäytön yhteensovittaminen on kuitenkin erittäin haastavaa, ja yksittäinen hankekehittäjä voi vain rajallisesti huomioida kokonaisuuden. Näin ollen olisikin tärkeää ensisijaisesti huomioida merituulivoiman energiansiirtoon liittyvät tarpeet maakuntakaavatasolla.

D. Yhteiskunnan hyötyjen maksimointi ja haittojen minimointi

Merituulivoimahankkeet vaikuttavat yhteiskuntaan sekä suorasti että epäsuorasti. Mahdollisia hyötyjä ovat mm. työllisyyden kasvaminen ja liitännäishankkeet. Mahdollisia haittoja ovat mm. merialueen muun käytön mahdollinen vaikeutuminen, kielteiset vaikutukset maanpuolustukselle ja työvoiman kouluttamiseen yhteiskunnalta vaadittavat panostukset. Ympäristölle aiheutuvien haittojen minimointi on olennainen osa yhteiskunnan haittojen minimointia. Niitä ei kuitenkaan käsitellä tässä kohdassa, koska ympäristöystävällisyyttä mittaavia laadullisia kriteereitä on käsitelty erikseen aiemmin kohdassa ”Ympäristöystävällisyyttä ja vähähiilisyyttä mittaavat laadulliset kriteerit”. Varsinkin epäsuoria hyötyjä voidaan pyrkiä maksimoimaan laadullisten kriteerien ja niiden toteutumisen kautta.

D1. Hankekehittäjän tausta turvallisuuspoliittisesta näkökulmasta

Hankkeen alkuvaiheessa kerätään tietoa merenpohjasta, jotta merituulivoimaloiden suunnittelu on mahdollista. Merenpohjan tietojen keruu on huomattavasti vapaampaa talousvyöhykkeellä kuin aluevesillä. Aluevesillä merenpohjan koostumuksen tutkimus on aluevalvontalain mukaisesti luvanvaraista toimintaa, jonka lupaviranomaisena toimii Puolustusvoimien Pääesikunta. Talousvyöhykkeellä ei vaadita vastaavaa Puolustusvoimien lupaa, mutta siellä edellytetään talousvyöhykelain mukaista lupaa (ns. tutkimuslupa) (Puolustusvoimat, Järjestelmällinen merenmittaus, 2023). Tähän tiedonkeruuseen voi kohdistua intressejä tahoilta, jotka haluavat hyödyntää tietoa Suomen edun vastaisesti. Hankekehittäjän oma tausta ja rahoituksen, sekä omistajien taustat on hyvä selvittää ja arvioida.

Taustaselvitykset läpäissyttä hankekehittäjää voidaan arvioida siltä kannalta, miten he estävät tiedon vuotamisen kolmansille osapuolille. Tiedon säilyttäminen ja kerääminen tulee olla ammattimaista. Turvallisuuspoliittinen laadullinen kriteeri on hyödyllinen, mikäli halutaan korostaa ja viestiä ulospäin turvallisuuspolitiikan merkityksestä osana energiahankkeita.

D2. Hankkeen hyödyt Suomen teollisuudelle ja elinkeinoelämälle

Merituulivoiman hyödyt Suomen teollisuudelle ja elinkeinoelämälle tulevat teollisuuden ja palveluiden hyödyntämisenä sekä halvempaan sähkönhankintakustannuksena. Myös merituulihankkeen sijainti ja kantaverkkoon liittyminen on tärkeä yhteiskunnan kustannuksiin vaikuttava tekijä. Iso osa suunnitelluista merituulihankkeista sijoittuu Perämerelle, jonka rannikolla on valmiiksi paljon maatuulivoimaa. Toisaalta Suomenlahdella on asiantuntijahaastattelujen perusteella monia potentiaalisia liityntäpaikkoja.

Tämän laadullisen kriteerin kautta voidaan arvioida myös kysymyksiä liittyen sähkömarkkina-alueen valintaan, johon tuotettu sähkö suunnitellaan siirrettävän. Mikäli hanke sijoittuu Suomen talousvyöhykkeen ja aluevesien rajalle, on taloudellisesti järkevintä rakentaa siirtoyhteys vain Suomeen. Mielenkiintoiseksi tilanne muodostuu hankkeissa, joiden etäisyydet kahdelle eri sähkön hinta-alueelle ovat suurin piirtein yhtä pitkiä. Näissä hankkeissa tulee vaihtoehdoksi siirtää tuotettu merituulisähkö myös muille hinta-alueille, Perämeren tapauksessa lähinnä Ruotsiin. Kappaleessa 5 Mahdolliset hinta-alueet merellä on käsitelty kahden hinta-alueen yhdistävän sähkönsiirtoyhteyden mallinnusta.

Hankkeen yhteiskunnallisen hyväksyttävyyden kannalta on tärkeää, että tuotettu sähkö siirretään suomalaisten kuluttajien ja elinkeinoelämän hyödynnettäväksi. Mikäli sähköä siirrettäisiin muille markkina-alueille, voi julkisessa keskustelussa

vahvistua mielikuvat merituulivoiman hyötyjen ohjautumisesta ulkomaille, haittojen jäädessä Suomeen. Yksi Suomen kilpailuetu teollisuuden investointien houkuttelemisen suhteen on ollut, ja tulee myös olemaan, halpa ja päästötön sähkö.

Merituulivoimahankkeet tukevat taloudellista aktiviteettia paikallisella tai valtion tasolla mm. alihankinnan kautta. Yksi vaihtoehto laadullisena kriteerin arviointiin on mitata alihankintasopimusten arvoa. Arvioinnissa olisi huomioitava hankekehittäjän esittämien suunnitelmien realistisuus ja perusteet.

Alihankkijoiden työllistymisen kautta pystytään myös vähentämään mielikuvia tuulivoimahankkeiden hyötyjen ohjautumisesta Suomen ulkopuolelle. Paikallisten alihankkijoiden hyödyntäminen ja paikalliseen elinkeinoelämään tukeutuminen voi pienentää hankkeiden epäonnistumisen riskiä varsinkin pitkällä aikavälillä, kun merituulivoimaosaamista syntyy valtion ja paikallisella tasolla. Se myös parantaa Suomen asemaa merituulivoimamarkkinoilla pitkällä aikavälillä, kun syntyy paikallisia vaihtoehtoja kilpailtujen globaalien alihankkijoiden lisäksi. Paikallisia alihankkijaketjua ei voi korostaa liikaa arvioinnissa, koska ulkomerialueen rakentamiseen tarvitaan ainakin alkuvaiheessa runsaasti ulkomaista osaamista suomalaisen osaamisen ja kaluston puuttuessa. Esimerkiksi turbiinotoimittajilla on oma erikoistunut asennustyövoima, joka hoitaa pystytyksen ja liikkuu maasta maahan projekteissa.

Yhteiskunnan kokonaishyödyn kannalta on hyvin positiivista, mikäli merituulivoimahankkeet hyödyntävät paikallista elinkeinoelämää ja työllisyyttä sekä kannustavat investoimaan paikalliseen infrastruktuuriin ja varsinkin osaamiseen.

D3. Osaavan työvoiman kasvattaminen ja kouluttaminen

Osaavan työvoiman kouluttaminen ja sitä kautta sen tarjonnan kasvattaminen voidaan saavuttaa erilaisilla tavoilla. Hankekehittäjän tapauksessa vaihtoehto osaavalle työvoimalle on merituulivoima-alalle perehdyttäminen yhteistyössä paikallisten oppilaitosten kanssa tai oppisopimuskoulutuksen kautta. Saksassa esivalmistelluilla alueilla yksi neljästä laadullisesta kriteeristä on osaavan työvoiman kasvattaminen (Saksan liittovaltion oikeusministeriö, 2023).

Osaavan työvoiman kouluttaminen on hidasta. Osaamisen kannustaminen laadullisen kriteerin kautta kasvattaa pidemmällä aikavälillä koko suomalaisen merituulivoima-alan tehokkuutta ja myös parantaa uusien projektien toteutusmahdollisuuksia. Yksittäisen hankkeen onnistumisen todennäköisyyksiin kouluttamisella on tuskin merkittävää vaikutusta. Merituulivoiman kasvaessa Euroopassa ja

globaalisti, osaavasta työvoimasta on muodostumassa yksi pullonkaula, joka rajoittaa alan kasvua. Paikallinen ja osaava työvoima parantaa Suomen houkuttelevuutta investointikohteena.

Hankkeen hyväksyttävyyden paranevat, mikäli hankekehittäjät kouluttavat paikallista työvoimaa vastaamaan merituulivoima-alan tarpeisiin joko itsenäisesti tai yhteistyössä suomalaisten koulutustahojen kanssa. Samalla kun paikallista väestöä työllistyy merituulivoimahankkeisiin, ymmärrys alaa kohtaa kasvaa väestön keskuudessa. Hankkeiden hyväksyttävyyden voi olla merkittävästi alempi, mikäli projektikohtainen työvoima tulee ulkomailta.

Osaavaan työvoimaan liittyvä laadullinen kriteeri on hyvin soveltuva Suomeen varsinkin ensimmäisten projektien kohdalla, jolloin osaavan työvoiman kasvattamiselle on suurin tarve.

D4. Energianvarastointiratkaisut osana hanketta ja vaihtoehtoiset sähkökäyttökohteet

Energian varastointi tai vaihtoehtoisten sähkökäyttökohteiden hyödyntäminen osana merituulivoimalaa on yksi tapa erotella eri merituulivoimahankkeita toisistaan. Muun muassa sähkö- ja lämpöakut tai vihreä vety voivat toimia energianvarastona. Vihreän vedyn tuotanto ja siitä synteettisten polttoaineiden valmistus on myös yksi esimerkki vaihtoehtoista suoraan verkkoon sähkön syöttämiseksi.

Suurten merituulivoimapuistojen liittäminen sähköjärjestelmään aiheuttaa merkittäviä kustannuksia yhteiskunnalle, kun sähkön kantaverkkoa tulee vahvistaa. Sähkökulutuksen lisääminen merituulivoimapuistojen läheisyydessä vähentää yhteiskunnalle syntyviä epäsuoria kustannuksia.

Energian varastoinnissa ja vaihtoehtoisissa sähkökäyttökohteissa on tärkeää suhtautua erilaisiin teknologioihin neutraalisti, ja jättää markkinoiden päätettäväksi mikä teknologia on soveltuvin. Myös mahdollisten kolmansien osapuolien mukanaolo tulisi huomioida laadullisen kriteerin arvioinnissa.

Ympäristön ja yhteiskunnan vähähiilisuuden kannalta on erittäin hyödyllistä, mikäli sähkön varastointisovellukset ja sähkön joustava käyttö yleistyvät.

Merituulihankkeen kehitysnopeuden näkökulmasta energianvarastointiratkaisujen vaatimuksilla voi olla hanketta hidastava ja kustannuksia nostava vaikutus. Toisaalta tämän laadullisen kriteerin myötä hankekehittäjiä kannustettaisiin etsimään ratkaisuita, mitkä hyödyttävät koko Suomen sähköjärjestelmää.

2.6.2.1 Vaihtoehdot laadullisten kriteerien arviointiprosessiksi

Laadullisia kriteereitä voidaan arvioida Valtioneuvoston tutkimuslupa- ja hyödyntämisoikeuden arvioinnissa, ennakkokarsinnassa ennen itse huutokauppaa tai osana huutokauppaa, jolloin laadulliset kriteerit pisteytetään tarjoushinnan lisäksi. Viimeisessä vaihtoehdossa kokonaispisteet ovat yhdistelmä tarjoushinnasta ja laadullisista kriteereistä saatuja pisteitä. Valtioneuvoston lupaharkinnassa tai mahdollisen huutokaupan ennakkokarsinnassa laadulliset kriteerit arvioitaisiin ja, mikäli tarvittavat laadulliset kriteerit täyttyvät, hankekehittäjä pääsee etenemään seuraavaan vaiheeseen. Ennakkokarsinnassa voi olla minimivaatimukset ja kaikki tahot, jotka ne täyttävät, pääsevät varsinaiseen huutokauppaan. Huutokauppaan voidaan myös valita kiinteä määrä hankekehittäjiä, jotka ovat suoriutuneet laadullisten kriteerien suhteen parhaiten.

Ennakkokarsinta

Ennakkokarsinta suoritetaan ennen varsinaista huutokauppaa ja siinä keskitytään pelkästään laadullisten kriteerien arviointiin. Kun laadulliset kriteerit on arvioitu, voidaan huutokauppavaiheeseen päässeiden toimijoiden kohdalla keskittyä huutokaupassa pelkästään tarjouksen hintaan. Tämän tyylinen prosessi mahdollistaa selkeän huutokaupan, jossa ainoastaan hinta on arvioinnin kohteena ja täten hinnalla kilpailu on selkeämpää. Ennakkokarsinta vähentää eri toimijoiden kuormitusta, sillä vain ennakkokarsinnan läpäisseet osallistuvat huutokauppaan. Tämä ei vaikuta niin merkittävästi viranomaisten resurssien säästymiseen, mutta hankekehittäjien ja palveluntuottajien resursseja säästyy.

Ennakkokarsintaa käytettäessä on tärkeää varmistaa hankekehittäjän realistiset taloudelliset mahdollisuudet osallistua huutokauppaan. Ennakkokarsinnan kriteeristön tulee olla selkeästi viestitty, jotta prosessi on avoin ja läpinäkyvä. Ennakkokarsinnassa on hyvä jättää tilaa kokonaisuuden arviointiin esimerkiksi yhtenä ylimääräisenä arviointikokonaisuutena, jota voidaan painottaa samaan tapaan kuin valittuja laadullisia kriteerejäkin.

Pisteytys osana huutokauppaa

Saksassa on käytössä malli esivalmistelluille alueille, jossa tarjoukset pisteytetään tarjoushinnan ja laadullisten kriteerien mukaan siten, että maksimipisteet ovat 100 pistettä. Saksassa esivalmistelun toteuttaa julkinen toimija, Liittovaltion merenkulku- ja hydrografiavirasto BSH, joka suorittaa alustavat tutkimukset alueella. Itse huutokaupan järjestää Saksan liittovaltion verkkovirasto BNetzA (Saksan liittovaltion merenkulku- ja hydrologiavirasto, 2023). Tarjoushinnasta voi saada maksimissaan 60 pistettä ja laadullisista kriteereistä 40 pistettä. Jokaisesta laadullisen

kriteerin neljästä kohdasta voi saada maksimissaan 10 pistettä. Laadullisista kriteereistä annetaan 10 pistettä kyseisen laadullisen kriteerin parhaimmalle tarjoukselle ja muut tarjoukset pisteytetään suhteutettuna parhaaseen kyseisen osa-alueen tarjoukseen (Saksan liittovaltion oikeusministeriö, 2023). Tämän mallin hyvänä puolena voidaan pitää avoimuutta verrattuna ennakkokarsintaan, varsinkin jos pisteytys on läpinäkyvää ja ennalta määriteltyä. Pisteytys on selkeä tapa järjestää tarjoukset paremmuusjärjestykseen.

Haasteena on kuitenkin pisteytyksen painotuksen luominen. Väärin valittu painotus voi aiheuttaa tilanteen, jossa yksi tai muutama osa-alue korostuu liikaa ja mahdollisesti kokonaisuuden kannalta paras tarjous ei voitakaan kilpailutusta. Yksi vaihtoehto on lisätä pisteytykseen tarjouksen kokonaisarviointi. Tosin kokonaisarviointi on sekin ongelmallista prosessin avoimuuden ja läpinäkyvyyden kannalta.

Huutokaupan yhteydessä tehty kilpailutus työllistää kaikkia osapuolia enemmän kuin ennakkokarsinta. Huutokaupan järjestäjä/arvioija joutuu käymään samalla tarkkuudella kaikki hakemukset läpi. Myös huutokauppaan osallistuvat tahot joutuvat panostamaan tarjouksen tekemiseen huomattavasti enemmän kuin ennakkokarsinnassa.

2.7 Yhteenveto ja johtopäätökset

Työssä selvitettiin kirjallisuuden, sidosryhmähaastattelujen ja konsultin sisäisten asiantuntijatyöpajojen avulla kuinka luodaan merialuesuunnitelma, jolla mahdollistetaan eri toimintojen yhteensovittaminen merellä samalla edistäen merituulivoiman markkinaehtoista kehitystä (Kuva 2-4).

Suomi on sitoutunut saavuttamaan ilmastoneutraaliuden vuoteen 2050 mennessä ja asettanut tavoitteeksi vähintään 51 prosentin uusiutuvan energian osuuden vuonna 2030. Lisäksi pääministeri Petteri Orpon hallituksen ohjelmassa kirjataan kunnianhimoisten tavoitteiden määrittämisestä merituulivoiman kapasiteetille vuonna 2035. Ilmastotavoitteiden lisäksi Suomi on sitoutunut EU:n biodiversiteettitavoitteisiin, joilla luonnon monimuotoisuuden kehitys pyritään saamaan myönteiseksi. EU:n biodiversiteettistrategialla tavoitellaan suojelupinta-alan kasvattamista niin, että 30 prosenttia merialueista on oikeudellisen suojelun piirissä vuoteen 2030 mennessä.

Merialuesuunnittelun tarkoituksena on edistää merialueen eri käyttömuotojen kestävä kehitystä ja kasvua, luonnonvarojen kestävä käyttöä sekä meriympäristön hyvän tilan saavuttamista. Merialuesuunnitelma edesauttaa varautumista mereen

liittyvien elinkeinojen tulevaan kehitykseen ja tarpeisiin sekä mereen kohdistuvien ympäristöpaineiden hallintaan. Suomen ensimmäinen merialuesuunnitelman taustalla on ollut paljon tietoa ja sidosryhmien osallistamista.

Teknologia on kuitenkin kehittynyt nopeammin kuin merialuesuunnitelmaa tehdessä pystyttiin aavistamaan ja merialuesuunnitelma on tältä osin vanhentunut. Merituulivoimaa on mahdollista rakentaa entistä syvemmillä alueille ja lisäksi voimaloiden koko on kasvanut. Lisäksi merituulivoimapuistojen pinta-alat ovat kasvaneet suurempien vuosituotantotavoitteiden kautta. Merialuesuunnitelmassa potentiaalisiksi energiantuotantoalueiksi määriteltyjen alueiden esivaiheen tutkimusten ja kartoitusten seurauksena osa merialuesuunnitelman energiantuotantoalueesta saatetaan havaita olevan merituulivoimatuotantoon soveltumatonta aluetta. Tällöin merialuesuunnitelman potentiaalista energiantuotantoaluetta suuremman alueen määrittäminen hankealueeksi vähentää riskiä sen osalta, että tuotantoalue rajautuu lopulta liian pieneksi ja taloudellisesti kannattamattomaksi. Suuremmat hankealuerajaukset johtuvat myös lähtötietojen puutteesta merellä, jolloin hankealueen tiukempi rajaaminen ovat mahdollisia vasta, kun alue on riittävästi kartoitettu.

Koska tuulipuistoja voidaan rakentaa entistä syvemmillä merialueille, on talousvyöhykkeelle tullut paljon enemmän hankkeita, kuin mitä merialuesuunnitelmaan on merkitty energiantuotantoon potentiaalisiksi alueiksi. Hankealuerajausten ulottuminen merialuesuunnitelman potentiaalisten energiantuotantoalueiden ulkopuolelle on aiheuttanut huolta viranomaisten ja joidenkin sidosryhmien taholta muun merenkäytön mahdollistamisen osalta. Merituulivoimapuistojen toivotaankin viranomaisten näkemyksissä sijaitsevan mieluiten merialuesuunnitelman energiantuotantoalueiden sisällä, jotta päällekkäisyyksiltä ja yhteensovittamisen haasteilta muun merenkäytön kanssa vältyttäisiin. Hankekehittäjät puolestaan arvioivat, että merialuesuunnitelmaan olisi mahdollista sitoutua enemmän, jos heille jätettäisiin enemmän liikkumavaraa tarkempien hankealueiden määrittämisen suhteen. Merialuesuunnitelman alueilta poikkeamisessa on tunnistettu riskiksi, että poikkeaminen voi vaikuttaa lupaprosesseissa hidastavana tekijänä huolimatta siitä, että merialuesuunnitelma ei ole sitova. Ennen kuin seuraava merialuesuunnitelma valmistuu, tulisi hankekehittäjien näkemyksen mukaan huolehtia siitä, että merialuesuunnitelmasta poikkeaminen ei periaatteellisesti hidasta hankekehitysprosessia kuitenkin edellyttäen, että merialueen muu käyttö voidaan yhteensovittaa merituulivoiman kanssa.

Merialuesuunnitelman kehittämiseen tunnistettiin useita menetelmiä. Seuraavan merialuesuunnitelman onnistumisen eräs tärkeimmistä tekijöistä on laajasta sidosryhmien osallistamisesta huolehtiminen jatkossakin. Sen lisäksi, että työpajoja ja

lausuntokierroksia järjestetään, tulisi sidosryhmäorganisaatioiden sisällä huolehtia tiedonkulun toteutumisesta, jotta kaikki halukkaat pääsisivät mukaan suunnitteluun. Hanketoimijoiden osallistaminen on tärkeää, ja lausuntokierros esimerkiksi Suomen Tuulivoimayhdistys ry:n koordinoimana voisi olla tähän toimiva tapa työpajoihin osallistumisen lisäksi. Myös merten monikäyttöalueiden, MariParkien, kehittäminen nähdään tärkeänä. Ne voisivat auttaa merellisten toimintojen yhteensovittamisessa, jolloin merituulivoimapaistot eivät olisi täysin poissuljettua aluetta kaikelta muulta merenkäytöltä, vaan alueita voisi hyödyntää useaa eri tarkoitusta varten. Sidosryhmätyöskentelyssä hyvin olennaista on kuunnella aidosti osapuolien näkemyksiä sekä pyrkiä huomioimaan ne suunnittelussa riittävän aikaisessa vaiheessa.

Merialuesuunnitelman potentiaalisilta energiantuotantoalueilta poikkeamista voidaan ehkäistä talousvyöhykkeellä sijaitsevien energiantuotannolle potentiaalisten alueiden määrää ja pinta-alaa kasvattamalla. Merialuesuunnitelman energiantuotantoalueiden yhteispinta-alan tulisi olla suurempi kuin merituulivoimalle asetettava strateginen tavoite osoittaa, koska alueiden tarkempien kartoitusten ja viranomaisvuoropuhelun myötä voi ilmetä, ettei osaa alueista todennäköisesti voida hyödyntää. Suuremmat energiantuotannolle potentiaaliset alueet lisäksi todennäköisyyttä siihen, että niiden sisältä löytyisi tarpeeksi laaja alue tuulivoiman rakentamiselle.

No go -lähestymistapaa merialuesuunnitelmaan on hyvä pohtia lisää. No go -alueilla voisi merkitä muilta toiminnoilta poissuljetut alueet, jolloin hankekehittäjät, alan parhaimpina teknisinä asiantuntijoina, voisivat itse määrittää merituulivoimalle soveltuvimmat alueet. No go -alueet voisivat mahdollisesti olla eriasteisia, eli ehdottomasti vältettäviä alueita ja alueita, joilla yhteensovittamisen mahdollisuuksia löytyy. Toisaalta no go -lähestymistavassa voi kuitenkin olla haasteena se, että jokin alue on poissuljettua aluetta yhdelle toiminnolle, mutta toiselle ei, jolloin eri toiminnoille tulisi olla omat no go -merialuesuunnitelmansa. Lisäksi talvimerenkulun kannalta no go -alueita on hankala määrittää, sillä eri vuosien jäätilanne vaihtelee ja meriliikenteen käyttämät reitit valikoituvat jääolosuhteiden mukaan. Merialuesuunnitelman mittakaava ei tällä hetkellä mahdollista pienempien merituulivoimalta poissuljettujen alueiden merkitsemistä.

Jos merialuesuunnitelmasta halutaan tehdä sitovampi, merialuesuunnittelussa tulisi hyödyntää paljon enemmän taustatietoa, kuin sitä tähän asti on ollut käytettävissä, jotta energiantuotannolle potentiaaliset alueet olisivat todellisuudessa hyödynnettävissä merituulivoimalle. Näin paljon tietoa ei ole etenkään talousvyöhykkeeltä kerätty ja tarkkaa pohjakartoitustietoa ei ole ennen kuin hankekehittäjä sitä kartoittaa, jolloin osa alueiden pinta-alasta tulee hyvin todennäköisesti karsiutumaan

pois. Tiedon kerääminen valtiovetoisesti tuskin onnistuisi niin nopeasti, että sitä olisi mahdollista huomioida seuraavan sitovan merialuesuunnitelman energiantuotannolle potentiaalisten alueiden sijoittamisessa siten, että se samalla hyödyttäisi kustannustehokasta hankekehitystä. Lisäksi merialuesuunnitelman sitovuuden lisääminen vaatisi merkittäviä säädösmuutoksia mm. maankäyttö- ja rakennuslakiin (132/1999). Merialuesuunnitelman säilyminen ei sitovana sekä siten aito mahdollisuus poiketa merialuesuunnitelman potentiaalisilta energiantuotantoalueilta ilman, että se hidastaa lupaprosessia, tulisi siis säilyä ainakin siihen asti, kunnes kartoitus- ja tutkimustietoa on ehditty keräämään enemmän talousvyöhykkeeltä.

Tiedon keräämiseen ja tutkimukseen merellä tulisi panostaa yhä enemmän, sillä tiedonpuute on yksi keskeisimmistä haasteista liittyen merituulivoiman kehittämiseen talousvyöhykkeellä. Tietoa tarvitaan sekä hankkeiden sijoittelua että hankkeiden ympäristövaikutusten arviointia varten. Tietoa on hyvä kerätä hankekehityksen lisäksi valtiovetoisesti, sillä tietoa ei ole joillain alueilta lainkaan ja sitä tulee kerätä hyvin paljon, jolloin kartoituksen kustannuksia tulisi jakaa tasaisemmin valtion ja hankekehittäjien välillä. Tilanteessa, jossa vihreää siirtymää ja hankkeiden toteuttamista halutaan edistää tiedonpuutteesta huolimatta, tulee tiedonkeruun toteutua kuitenkin osittain hankkeiden puitteissa, jotta vaikutusarviointit saadaan luotettavasti tehtyä. Tähän ovat myös haastatellut hankekehittäjät sitoutuneet. Uuden tiedon päivittäminen merialuesuunnitelmaan riittävän usein olisi hyödyllistä, mutta toisaalta suunnitelman pysyvyys luo investointivarmuutta. Olisi hyvä pohtia olisiko merialuesuunnitelmaa mahdollista päivittää osittain, niin että se pääasiassa päivittyisi muutaman vuoden välein, mutta olisi joltain osin joustavampi mahdollistaen uuden tiedon päivittämisen tätä useammin.

Uusien merellä käytettyjen kartoitusmenetelmien ja luotettavien mallinnusmenetelmien kehittäminen nähdään tärkeäksi. Hankkeissa kerätyt tiedot olisi hyvä saattaa julkiseksi mahdollisimman nopeasti, mutta hankekehittäjien näkemyksen mukaan kuitenkin vasta hankekehittäjän alueelle saaman yksinoikeuden jälkeen. Luontokartoitusten yhdenmukaiset menetelmät, ohjeistus ja laadunvarmistus nähdään tärkeäksi kaikkien haastateltujen tahojen keskuudessa. Tiedonkeruu ja tiedon tallentaminen valtiohallinnon rekistereihin tulisi olla näkemyksemme mukaan koordinoitua ja viranomaisvetoista. Koska hankkeita on Itämerellä suunnitteilla paljon ja niillä arvioidaan olevan vaikutuksia valtioiden rajojen yli, on hankkeiden maantieteellisesti laajoja kumulatiivisia vaikutuksia tärkeä selvittää pääasiassa muulla tavalla kuin yksittäisten hankkeiden puitteissa. Parhaaksi tavaksi kumulatiivisten vaikutusten arviointiin näemme kansainvälisen viranomaisvetoisesti koordinoitun yhteistyön osallistaen eri maiden tutkimuslaitoksia ja hankekehittäjiä.

Työssä pohdittiin merialuesuunnitelman kehityskohteiden lisäksi mahdollisia hinnoittelumalleja talousvyöhykkeelle ja mitä laadullisia tekijöitä tulisi painottaa valtioneuvoston lupaharkinnassa tai mahdollisessa kilpailutuksessa. Hinnoittelun ajoittuminen vaikuttaa hankkeen riskitasoon. Mitä aiemmassa vaiheessa hankekehittäjä joutuu maksamaan yhteiskunnalle yksinoikeudesta alueeseen, sitä suuremmaksi rahoituskustannukset nousevat ja myös riski kasvaa hankkeen epäonnistumiselle. Alkuvaiheen suuri maksutaakka suosii suuria hanketoimijoita, joilla on parhaat taloudelliset edellytykset. Toisaalta uskomme, että varhaisen vaiheen hinnoittelu myös sitouttaa hankekehittäjää alueen nopeaan kehittämiseen. Myöhäisemmässä vaiheessa hankekehittäjien maksukyky paranee, joka mahdollistaa suuremmat maksut yhteiskunnalle. Yksittäiset hinnoittelukohteet soveltuvat joko hankekehitys- tai tuotantovaiheeseen ja niillä on erilaisia ohjaavia vaikutuksia. Vuokraoption ja vuokrasopimuksen avulla on mahdollista yhdistellä eri hinnoittelukohteiden hyviä puolia ja vähentää niiden aiheuttamia ei-toivottuja kannustimia. Vuokraoptio mahdollistaa eri hinnoittelukohteiden valinnan hankekehitys- ja tuotantovaiheeseen, kuten esimerkiksi Iso-Britanniassa on toimittu. Esimerkiksi pinta-alaan suhteutettu hinnoittelu hankekehitysvaiheessa ohjaa hankekehittäjiä kohdistamaan rajalliset resurssit parhaiten soveltuville alueille. Tuotantovaiheessa asennettu kapasiteetti kuvastaa paremmin merituulivoimapuiston kokoluokkaa kuin pinta-ala. Tuotantovaiheen hinnoittelukohteen valinnassa on erittäin tärkeää huomioida hinnoittelumallin mahdollisesti luomat kannusteet tuotantomäärien keinotekoiselle alentamiselle. Esimerkiksi tuotantomääriin sidottu vuokra voi luoda matalan sähkönhinnan tunteina kannusteen rajoittaa sähköntuotantoa. Liikevaihtoon sidottu vuokra pienentää kannustimia tuotantomäärien keinotekoiselle rajoittamiselle verrattuna tuotantomääriin sidottuun vuokraan.

Talousvyöhyke nähdään hankekehittäjien kannalta realistisena alueena merituulivoimatuotannolle ja investoinnit ovat lähitulevaisuudessa merkittäviä. Talousvyöhykkeellä koetaan kuitenkin tällä hetkellä epäselväksi se, miten toimitaan päällekkäisten tutkimuslupien suhteen ja hankalaksi hankekehityksen kannalta se, että oikeus alueeseen saadaan myöhään suhteessa investointitarpeeseen. Tutkimuslupien arviointikriteerien käyttöönotto on tärkeää ja niiden tulee olla avoimia ja niitä tulee olla riittävästi, jotta saadaan vihreän siirtymän tavoitteiden aikataulua vastaavassa tahdissa valittua Suomen kokonaisedun kannalta parhaat tuulivoimahankkeiden toteuttajat. Laadullisten kriteerien avulla pystytään arvioimaan myös muita aspekteja tarjouksista kuin pelkkää tarjoushintaa ja näin päättää luvan myöntämisestä kokonaisuuden kannalta parhaalle hankekehittäjälle. Laadulliset kriteerit voidaan jakaa erilaisiin kategorioihin sen mukaan, mitä osaluetta hankkeesta tai hankekehittäjästä ne mittaavat. Tässä raportissa laadulliset kriteerit on jaettu neljään eri kategoriaan: ympäristöystävällisyys, hankekehittäjän kyvykkydet ja tausta, projektin suunnitelmien laatu, sekä yhteiskunnan hyötyjen

maksimointi ja haittojen minimointi. Erilaisilla laadullisilla kriteereillä voidaan arvioida kokonaisuuden kannalta parasta tarjousta ja hankekehittäjää. Osa laadullisista kriteereistä soveltuu paremmin hankekehityksen varhaiseen ja osa myöhäisempään vaiheeseen. Varhaisessa hankekehitysvaiheessa ei voida edellyttää hankekehittäjiltä kattavia suunnitelmia tai mittauksia alueesta. Mitä myöhemmäksi hankekehitysvaiheessa edetään, sitä kattavampia suunnitelmia, voidaan vaatia. Myöhäisemmän vaiheen selvitykset syövät enemmän sekä viranomaisten että hankekehittäjien resursseja. Laadullisia kriteereitä voidaan arvioida Valtioneuvoston tutkimuslupa- ja hyödyntämisoikeuden arvioinnissa, ennakkokarsinnassa ennen mahdollista tarjouskilpailua, tai osana tarjouskilpailua Ennakkokarsintaa voidaan hyödyntää kaikissa eri yksinoikeudenmyöntämisprosesseissa. Pisteytys osana tarjouskilpailua tarkoittaa tilannetta, jossa tarjoushinta ja laadullisista kriteereistä saatavat pisteet muodostavat kokonaispisteytyksen, jonka avulla yksinoikeuden saava taho valitaan. Mikäli huutokauppa valittaisiin kilpailutusmalliksi, voisi kokonaispisteytys olla soveltuva prosessi. Huutokaupamallissa voidaan soveltaa myös ennakkokarsintaa. Ennakkokarsinta mahdollistaa paremmin kokonaisuuden arvioinnin kuin pisteytys osana huutokauppaa, jättämällä enemmän liikkumatilaa arvioinnin suorittajalle.

3 Merituulivoimahankkeiden vaikutukset muuhun toimintaan merellä

Merituulivoiman laaja-alainen rakentaminen lähitulevaisuudessa Suomen aluevesille ja talousvyöhykkeelle, sekä eri maiden rajat ylittävästi luovat tarpeen tarkastella hankkeiden vaikutuksia muihin merellisiin toimintoihin ja meriluontoon. Vaikka merituulivoiman rakentamisesta maailmalla onkin jo kokemuksia, ovat toisaalla kohdatut ja tunnistetut haasteet sekä ratkaisumenetelmät sovitettava yhteen Suomen ja Itämeren ominaispiirteiden kanssa. Muun muassa jääolosuhteet, Suomen geopoliittinen sijainti sekä yksilöllinen meriluonto asettavat merituulivoiman rakentamiselle erityisiä, muista maista paikoin poikkeavia vaatimuksia niin merenkulun, Puolustusvoimien aluevalvonnan kuin meriluonnon yhteensovittamiselle. Lisäksi hankekehityksen ollessa vielä alkuvaiheessa, ei tietoa mahdollisista vaikutuksista, vaikutusten arviointimenetelmistä sekä tarvittavista ratkaisumalleista ole vielä monesti tarpeeksi kattavasti saatavilla.

Tässä työn osakokonaisuudessa käsitellään merituulivoimahankkeiden vaikutuksia merenkulkuun erityisesti talviolosuhteissa (Luku 3.1), Puolustusvoimien aluevalvonnan yhteensovittamista hankkeiden kanssa (Luku 3.2), sekä hankkeiden vaikutuksia vedenalaiseen luontoon, kalastoon ja kalastukseen (Luku 3.3). Keskeisten vaikutusten tunnistamisen lisäksi tuodaan esille potentiaalisia menetelmiä tunnistettujen vaikutusten arvioimisen tueksi, sekä mahdollisia toimenpiteitä haitallisten vaikutusten vähentämiseksi. Osakokonaisuuden tutkimuskysymykset on eritelty alla (Taulukko 3-1).

Taulukko 3-1: Merituulivoimahankkeiden muihin merellisiin toimintoihin kohdistamien vaikutusten osion tutkimuskysymykset

Tutkimuskysymykset

1. (Luku 3.1) Millä mallinnusmenetelmillä voidaan paremmin ymmärtää merituulivoimahankkeiden vaikutuksia merenkulkuun, erityisesti talviolosuhteissa?
2. (Luku 3.1) Miten merituulivoimahankkeiden haitallisia vaikutuksia merenkulkuun voidaan vähentää tai estää?
3. (Luku 3.2) Mitkä ovat keskeisimmät eri osapuolten näkemykset merituulivoiman ja aluevalvonnan yhteensovittamisen osalta, jotka tulisi huomioida yhteisen ymmärryksen lisäämiseksi?
4. (Luku 3.3) Millä vaikutusten kartoittamisen ja arvioinnin menetelmillä voidaan paremmin ymmärtää merituulivoimahankkeiden vaikutuksia vedenalaiseen luontoon, kalastoon ja kalastukseen?
5. (Luku 3.3) Miten merituulivoimahankkeiden haitallisia vaikutuksia vedenalaiseen luontoon, kalastoon ja kalastukseen voidaan vähentää tai estää?

3.1 Merituulivoimahankkeiden vaikutukset merenkulkuun erityisesti talviolosuhteissa

Sujuvan ja turvallisen merenkulun toimintaedellytysten ylläpitäminen ympäri vuoden on erittäin tärkeää, sillä valtaosa Suomen ulkomaankaupan tavaravirroista kulkee meriteitse. Suunnitellut merituulivoimapaistot voivat aiheuttaa haitallisia vaikutuksia merenkulun toiminnalle muun muassa merenkulun liikennöinti-alueiden, liikenteenohjauksen, navigoinnin ja turvallisuuden suhteen. Lisäksi haitalliset vaikutukset korostuvat erityisesti talviolosuhteissa toimittaessa. Suomen ollessa maailman ensimmäinen jäätyville merialueille merituulivoimaa rakentava maa, on olennaista huomioida, että vaikutusten mekanismeista ja laajuudesta, erityisesti jääolosuhteiden suhteen, ei ole vielä olemassa juurikaan tutkimustietoa, saati käytännön kokemuksia.

Tämä selvityksen osio kokoaa yhteen merenkulun asiantuntijoiden haastattelujen ja jäätyville merialueille soveltuvan viimeaikaisimman tutkimustiedon perusteella tunnistetut merituulivoiman merenkulkuun kohdistamat vaikutukset erityisesti talviolosuhteissa. Vaikutuksien lisäksi keskitytään esittelemään potentiaalisia vaikutuksien arviointi- ja mallinnusmenetelmiä edellä mainittuun tiedonpuutteeseen tarttumiseksi, sekä tuomaan esiin toimenpiteitä merenkulkuun kohdistuvien haitallisten vaikutuksien vähentämiseksi tai ehkäisemiseksi.

3.1.1 Tunnistetut keskeiset vaikutukset merenkulkuun

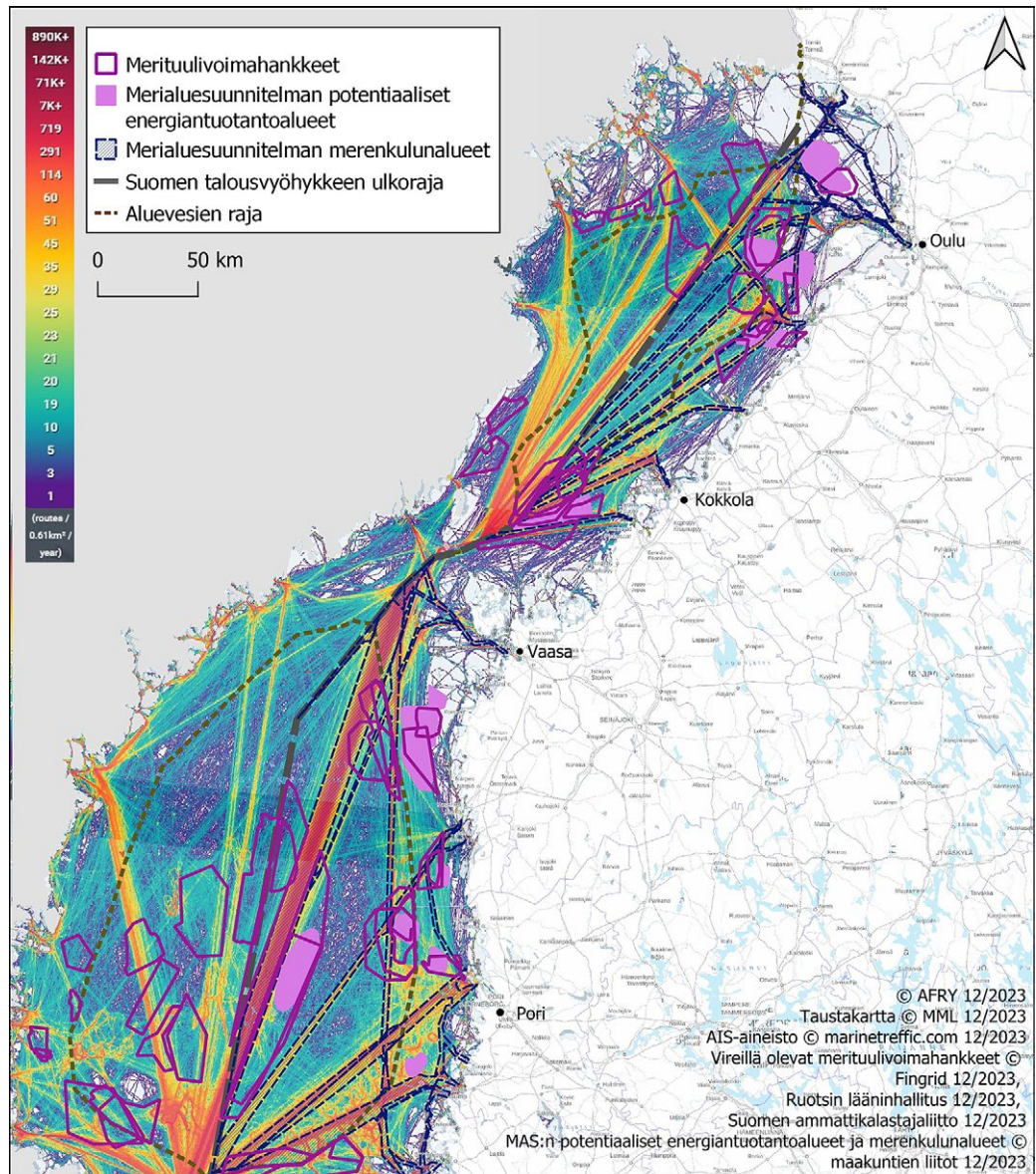
3.1.1.1 Vaikutukset merenkulun liikennöntialueisiin

Maantieteellisesti laajoille alueille suunnitteilla olevat merituulivoimahankkeet (Kuva 3-1) tulevat toteutuessaan vaikuttamaan nykyisiin merenkulun liikennöntialueisiin. Vaikutukset merenkulkuun riippuvat haastateltujen merenkulun asiantuntijoiden mukaan kuitenkin merkittävästi tarkasteltavasta merialueesta. Pohjanlahdella sekä Merenkurkku että Perämeri ovat tunnistettuja merialueita, joiden osalta merenkulun ja merituulivoiman yhteensovittamisen haasteiden ennakoidaan olevan kaikista merkittävämpiä, sillä sekä Suomen että Ruotsin osalta näiden merialueiden liikennetiheys käytettävään tilaan nähden on jo nykyisellään suuri. Pohjanlahden Selkämerellä puolestaan vaikutuksien arvioidaan olevan edellä mainittuja alueita vähäisempiä. Ahvenanmaan eteläpuolelle, sekä Suomenlahden merialueille merituulivoimahankkeita ei ole yhtä hanketta lukuun ottamatta suunnitteilla (Suomen Tuulivoimayhdistys, Tuulivoimakartta, 2023) keskeisten rajoitteiden, kuten merkittävän liikennöinnin ja Puolustusvoimien tarpeiden vuoksi. Eri merialueille sijoittumisen lisäksi muun muassa tarkempi hankealue (kapea ja matala merialue todennäköisesti korostavat vaikutuksia), puiston laajuus, voimaloiden määrä ja puiston sisäinen sijoittelu sekä tiiveys heijastuvat mahdollisten vaikutusten merkittävyyteen.

Haastateltujen merenkulun asiantuntijoiden mukaan toteutuessaan merituulivoimahankkeet todennäköisesti vähentävät tai pienentävät merenkululle käytössä olevia alueita ja keskittävät meriliikennettä kapeammille merialueille, sekä voivat siten aiheuttaa pullonkauloja, synnyttää liikennöinnin risteysalueita, luoda liikennöntikäytäviä merituulivoima-alueiden väliin, ja ylipäänsä estää alusten mahdollisuuksia käyttää suoraviivaisimpia ja väljimpiä merenkulun reittejä verrattuna nykytilanteeseen. Tällä hetkellä tiedossa olevien suunnitelmien perusteella jotkin nykyisistä hankealueista poikkileikkaavat nykyisiä merenkulun liikennöntialueita (Kuva 3-1). Vaihtoehtojen väheneminen ja aiempaa epäoptimalisempien reittien käyttäminen puolestaan aiheuttavat lisäkustannuksia pidettyjen matka-aikojen, hidastuvan meriliikenteen, lisääntyvän polttoaineenkulutuksen ja vastaavasti

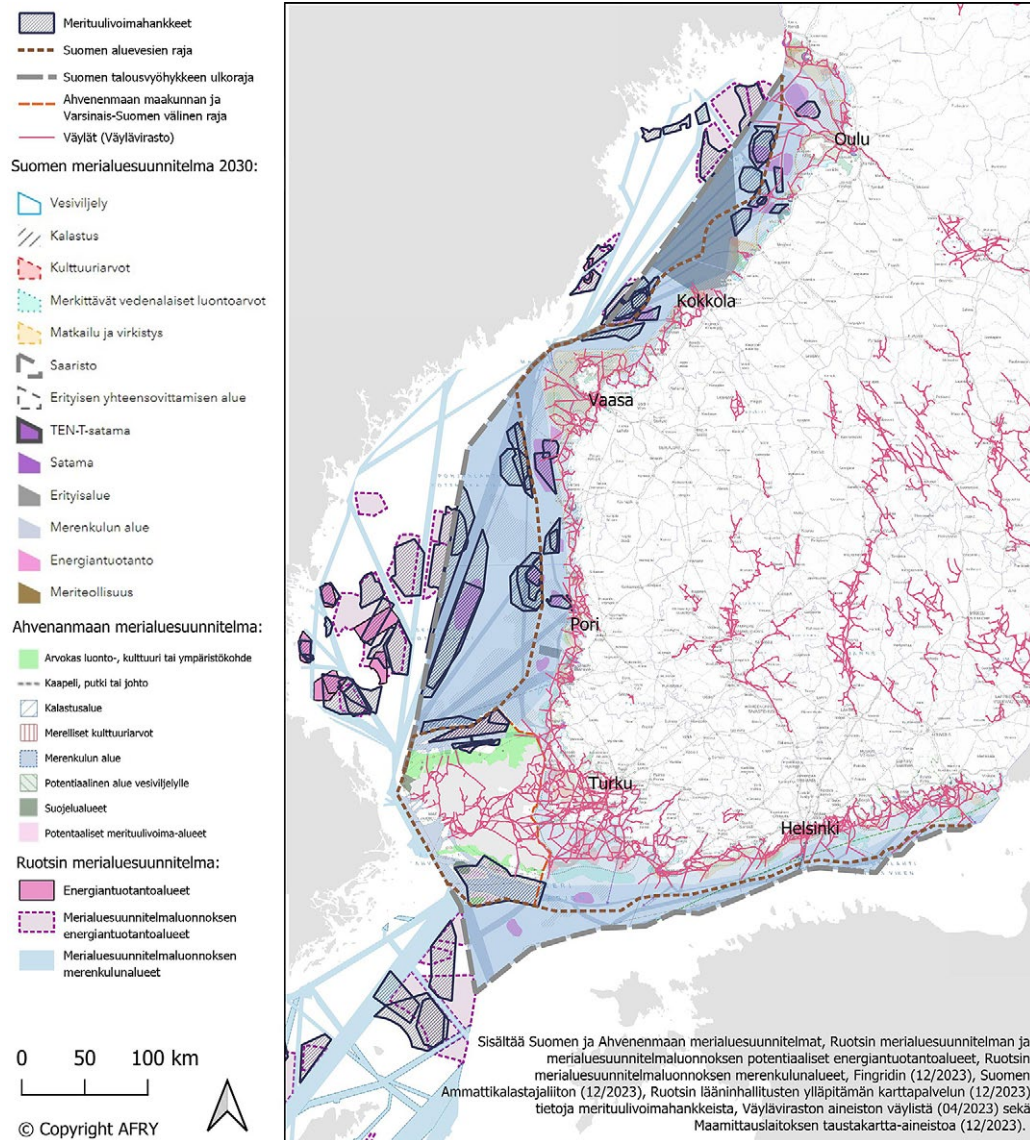
merenkulun päästöjen ja merenkulkuun vuoden 2024 alusta käyttöön otettavan päästökaupan kautta, sekä heijastuvat myös merenkulun turvallisuuteen, ja voivat äärimmillään vaikuttaa myös huoltovarmuuden järjestämisen hankaloitumiseen. Vaikutukset merenkulun liikennöintialueisiin korostuvat erityisesti talviolosuhteissa, jossa reittivalinnat tehdään avovesiolosuhteista poiketen kulloinkin vallitsevan jäätilanteen mukaisesti. Talvimerenkulkuun kohdistuvia keskeisiä vaikutuksia on käsitelty tarkemmin luvussa 3.1.1.2.

Kuva 3-1: Suomen ja Ruotsin meritulivoimahankkeet ja AIS-data alusten liikennöintiä Pohjanlahdella



Merenkulun liikennöintialueilla varsinaisten vesiväylien esteetön käyttö edellyttää merenkululle vapaata ja turvallista kulkuyhteyttä ulkomeren ja väylän välisellä merialueella. Vesiväylät, jotka sijaitsevat Suomen aluevesillä, on osoitettu merenkulun käyttöön vesilain mukaisessa menettelyssä lupaviranomaisen määräyksellä, ja ne on siten pidettävä avoinna merenkulkua varten. Joitakin merituulivoimahankkeita on kuitenkin suunniteltu vesiväylien edustoille (Kuva 3-2), mitkä toteutuessaan vaikuttavat väylien ulkopään liikenteeseen ja voivat siten aiheuttaa haittaa väylien käytölle (esim. sivuun ajautumisen riski hankalissa keliolosuhteissa), tai pahimmassa tapauksessa estää niiden käytön kokonaan. Vesiväylien linjauksien muuttaminen vaatisi haastateltujen asiantuntijoiden näkemyksien mukaan mittavia lupa- ja selvitysprosesseja, ja edellyttäisi todennäköisesti lisäksi rakennustoimenpiteitä (mm. ruoppaus, louhinta, läjitys). Hyvänä lähtökohtana tulisi kuitenkin olla, että hankkeiden suunnittelussa otetaan tarpeeksi kattavasti huomioon olemassa oleva väyläverkosto, sekä vapaa kulkuyhteys vesiväylän ja ulkomeren välillä.

Kuva 3-2: Suomen ja Ruotsin merituulivoimahankkeet, Suomen ja Ruotsin merialuesuunnitelma ja Suomen vesiväylät



Laajat merituulivoimahankkeet voivat vaikuttaa liikennöntialueiden lisäksi myös satamien saavutettavuuteen vesiväyliä kautta. Lisäksi hankkeilla voi olla vaikutuksia liikennetiheyden puistojen huoltoliikenteen osalta niiden käytön aikana, sekä laajemmin myös rakentamisen aikana, mikäli satamia käytetään merkittävässä määrin hankkeiden rakentamisen tukena.

3.1.1.2 Vaikutukset merenkulkuun talviolosuhteissa

Tiedon puute jääolosuhteiden vaikutuksista

Keskeinen haaste merituulivoiman talvimerenkulkuun kohdistamien vaikutusten arvioinnin suhteen on tutkimustiedon sekä käytännön kokemusten puute jäätyvien merialueiden osalta. Tämän vuoksi alla esiteltyjen vaikutuksien mekanismeista ja laajuudesta ei ole vielä varmuutta. Merenkulun asiantuntijoiden haastattelujen perusteella nykyisellään tiedon puute johtaa pitkälti asiantuntijatiedon varaan nojaamiseen, tapauskohtaiseen harkintaan ja varovaisuusperiaatteen noudattamiseen paremman tiedon puutteessa. Yleinen näkemys on, että vaikutuksien perustelemiseen asiantuntijanäkemyksien lisäksi tarvittaisiin tutkimustietoon perustuvia mallinnuksia ja työkaluja.

Suomi on ensimmäinen laajamittaisella jäänmurrolla merenkulussa avustettu maa, joka on rakentanut merituulivoimaa, sillä Tahkoluotoon vuonna 2017 käyttöön otettu merituulivoimapuisto on ensimmäinen jäätyvälle merialueelle rakennettu merituulivoimapuisto maailmassa (Suomen Hyötytuuli, Tahkoluodon merituulipuisto, 2023). Tahkoluoto on kuitenkin alueena melko pieni (11 voimalaa) ja verrattain suojaista, jolloin talvimerenkulkuun kohdistuvat mahdolliset vaikutukset eivät haastateltujen asiantuntijoiden mukaan näyttäyty pahimmillaan siellä. Lisäksi jäätalvet puiston käyttöönoton jälkeen eivät ole olleet erityisen haastavia. Tahkoluodosta ei siten ole vielä kertynyt merkittäviä kokemuksia merituulivoiman ja talvimerenkulun yhteensovittamisen haasteista.

Jääolosuhteiden riskien tunnistamista ei vielä ole laajasti tehty ja maailmalta ei ole saatavilla esimerkkejä jääolosuhteiden vaikutuksien arvioinnista talvimerenkulkuun merituulivoimapuistojen yhteydessä. Jääolosuhteisiin liittyvää tutkimusta on Suomessa aiemmin tehty jäistä johtuvien kuormien mallintamiseen voimaloille ja miten näitä kuormia voidaan pienentää esimerkiksi jääkartioilla. Lisäksi on käynnistetty mallinnushankkeita kokonaisten puistojen mittakaavassa (ja niiden ympäristövaikutusten mallintamisesta). Ennen näitä hankkeita erityisesti merituulivoimapuistojen vaikutuksista liikkuvaan jääkenttään ei ole ollut olemassa tutkimustietoa. On mahdollista, että jääkenttä rikkoutuu voimaloita vasten ja synnyttää lisää jäätä, sekä johtaa sen kautta muihin jäljempänä esiteltyihin vaikutuksiin. Tuntematonta on myös, voisiko jääkentän liike pysähtyä tarpeeksi monen voimalan vaikutuksesta, mikä puolestaan voisi helpottaa talvimerenkulkua. Haastateltujen merenkulun asiantuntijoiden mukaan jääolosuhteiden tutkimisen ja mallintamisen nähdään olevan suurimpia haasteita ja tarpeita talvimerenkulun ja merituulivoiman yhteensovittamiselle. Suomi ja muut merituulivoimaa suunnittelevat jäätyvien meriolosuhteiden maat ovat aiheen suhteen pioneerin asemassa.

Vaikutukset talvimerenkulun liikennöintiin

Talvimerenkulun liikennöinti toteutuu nykyisellään kulloinkin vallitsevan jäätilanteen mukaisesti siten, että kulkureitti varsinaisten vesiväylien ulkopuolella pyritään valitsemaan jääolosuhteissa helpointa ja turvallisinta reittiä pitkin, minimoiden myös jänmurron tarve. Tämän vuoksi talvimerenkulun käyttämät, tyypillisesti laajemmille alueille hajaantuvat reitit, voivat poiketa merkittävästi avovesiaikaisesta verrattain suoraviivaisesta liikennöinnistä ulkomeren ja vesiväylien välillä.

Merituulivoimapuistot voivat vaikuttaa talvimerenkulun liikennöintiin, mikäli ne estävät jääolosuhteiden mukaan soveltuvimpien, eli turvallisimpien ja taloudellisimpien kulkureittien käytön. Mikäli vaihtoehtojen vähentyessä kulkureitti on valittava jääolosuhteiltaan hankalammalta alueelta, vaikutuksia ovat muun muassa yleisesti lisääntynyt talvimerenkulun häiriöherkkyys, lisääntynyt riski alusten jäihin kiinni jäämisestä ja vahingoittumisesta, jänmurron operoinnin vaikeutuminen ja hidastuminen, pullokaulojen mahdollinen syntyminen, liikenteen hidastuminen matka-aikojen pidentyessä ja kulkunopeuden hidastuessa, ja avustettavien alusten sekä avustuksen polttoaineenkulutuksen ja päästöjen kasvu. Epäoptimaalisten reittien käyttö heijastuu vastaavasti kohonneisiin talvimerenkulun kustannuksiin ja venyviin aikatauluihin niin alusten kuin meriliikenteen ohjauksen ja avustuksen kannalta. Hankekehittäjien näkökulmasta vastaavat haasteet puolestaan koskevat merituulivoimapuistojen vesitse suoritettavaa ylläpitoa ja huoltoa.

Hankekehittäjien ja merenkulun viranomaisten näkemykset merenkulun tarvitsemista liikennöintialueista poikkeavat toisistaan. Hankekehittäjien toiveena on nykyisen merialuesuunnitelman merenkulun liikennöintialueiden tarkempi määrittely, sillä nykyisen suunnitelman ympärivuotiseen AIS-dataan perustuvat liikennöintialueet nähdään liian laajoiksi, eivätkä ne kuvasta tehokasta, mutta silti turvallista merialueen käyttöä. Toisaalta merenkulun viranomaisten näkemyksien mukaan nykyinen merialuesuunnitelma ei juuri huomioi talvimerenkulun reittejä, sillä ne jäävät tiheämmin liikennöityjen alueiden varjoon. Siten viranomaisen näkökulmasta merenkulun alueet eivät ole muodostuneet liian laajoiksi, vaan päinvastoin etenkin Perämeren osalta talvimerenkulun liikennöintialueiden lisääminen merialuesuunnitelmaan nähdään erittäin tärkeäksi.

Avustustarpeen todennäköinen kasvu

Toisin kun saaristo- ja rannikkoalueiden kiintojää, ulkomeren jäät liikkuvat, valtiintuvat ja muodostavat sohjojäävöitä erityisesti kiintojäävyöhykkeen reunoille. Jääkentän rikkoutuessa jään määrä myös kasvaa. Lisäksi jäiden liikkeen mukana syntyneet haastavat jäämuodostelmat siirtyvät kymmeniä kilometrejä talven kuluessa. Jään liikkeisiin ja jäätymiseen merialueilla vaikuttavat muun muassa lämpötila,

tuuliolosuhteet, alueen syvyys ja sijainti (mm. rannikko vs. avomeri). Lisäksi jäätalvien voimakkuus vaihtelee vuosittain. Fyysisenä esteenä tuulivoimalat tulevat vaikuttamaan liikkuviin jääkenttiin jatkossa, aiheuttaen mahdollisesti lisääntyvää jäänmuodostusta ja sohjoa, sekä kasaantumista ja pakkautumista ahtojäiksi, vaikuttaen lopulta näiden alueiden liikennöitävyyteen.

Merenkulun asiantuntijoiden mukaan nykyisellään talvimerenkulussa hyödynnetään tiettyjä alueita/poteroita, joihin alukset ajavat tarvittaessa tarkoituksella itsensä talviaikana odottamaan avustusta. Lisäksi hyödynnetään mahdollisimman helppoiksi todettuja reittejä, joiden reittipisteet jaetaan alueella liikkuville aluksille, jotta alukset ovat myös ilman tarkoituksenmukaista kiinni jäämistä lähellä toisiaan, jolloin jäänmurtajien ei tarvitse poiketa pitkiä matkoja irrottaessaan jäihin kiinni jääneitä aluksia. Merituulivoimahankkeet luovat riskin sekä ensiksi mainittujen poteroiden, että jäljempänä mainittujen reittipistealueiden vähenemisestä tai pahimmillaan häviämisestä. Aluksia ei kuitenkaan ole mahdollista jättää odottamaan avustusta pitkäksi aikaa tuulivoimaloiden edustalle liikkuviin jäihin, eikä kulkemaan laajojen tuulivoimapuistojen välissä tai välittömässä läheisyydessä ilman avustusta merenkulun turvallisuuden varmistamiseksi. Jäämassojen liikkuesssa jäät saattavat painaa aluksen kohti tuulivoimapuistoa ja pahimmillaan aiheuttaa törmäämisen voimaa. Lisäksi jäänmurron reitit pyritään lähtökohtaisesti tekemään myötä- tai vastatuulen suuntaan, koska poikki- tai sivutuuleen tehty reitti sulkeutuu nopeasti jään liikkeen vaikutuksesta. Merituulivoimahankkeet voivat siten rajoittaa myös tätä suuntausmahdollisuutta.

Jäätalvina aluksille ilmoitetaan alueella vaadittu jääluokitus, jonka mukaan jäänmurtajat voivat avustaa aluksia tarvittaessa. Vaadittua alempien jääluokitusten alukset eivät ole jäänmurtoavustuksen piirissä. Muun muassa merenkulun päästöjen vähentämiseen tähtäävän sääntelyn vuoksi (esim. Energiatehokkuusdirektiivi) on jo havaittu, että Suomen merialueilla kulkee yhä enemmän alemman jääluokan aluksia, joiden pienentyneiden konetehtojen vuoksi niiden jäissä liikkumisen valmius on heikentynyt. Lisäksi alusten jäävalmiuden heikentymistä vahvistaa trendi alusten koon kasvusta, johtaen siihen, että alusten leveys voi ylittää nykyisten jäänmurtajien tekemän reitin leveyden. On todennäköistä, että vastaavat kehityskulut jatkuvat myös tulevaisuudessa, sillä optimoidessa aluksia energiatehokkaiksi avovesissä, ovat erilaiset ominaisuudet ja ratkaisut usein ristiriidassa hyvän jäissä kulkukyvyn kanssa. Tämä kehityskulku yhdistettynä merituulivoiman rakentamiseen, joka voi aiemmin esitetysti lisätä merelle haastavia jäämuodostelmia ja siten hankaloittaa liikennöintiä, korostavat talvimerenkulun todennäköisesti lisääntyvää jäänmurtoavustuksen tarvetta.

Jäänmurtoavustuksen tarpeen kasvu korostuu olennaisesti pohjoisella Pohjanlahden alueella (Merenkurkku ja Perämeri), jossa alusliikennöinnin reittivaihtoehdot ovat merenkulun asiantuntijoiden mukaan jo nykyiselläänkin tiukimmassa. Kasvavan jäänmurtotarpeen lisäksi muuttuu olennaisesti myös se, monessako paikassa ja minkälaisella kalustolla jäämurron valmius tulisi jatkossa ylläpitää. Haastateltujen sidosryhmien mukaan Suomen jäänmurtokapasiteetti on jo nykyisellään mitoitettu niin, että ns. keskivertotalvena kaikki kapasiteetti on huippuaikana käytössä. Mitoitus ei siis nykyiselläänkään vastaa keskiverrosta merkittävästi poikkeaviin, haastavampiin olosuhteisiin, saati merkittäviin määriin mahdollista lisäavustustarvetta merituulivoimapuistojen tuomien mahdollisten vaikutuksien vuoksi. On lisäksi avointa, mitkä tahot vastaisivat lisättävän jäänmurtokapasiteetin kustannuksista. Nykyisellään varustamot maksavat Suomen satamiin saapuvista aluksistaan väylämaksua Suomen valtiolle, jonka tuotoilla rahoitetaan muun muassa jäämurron ja luotsauksen palvelut.

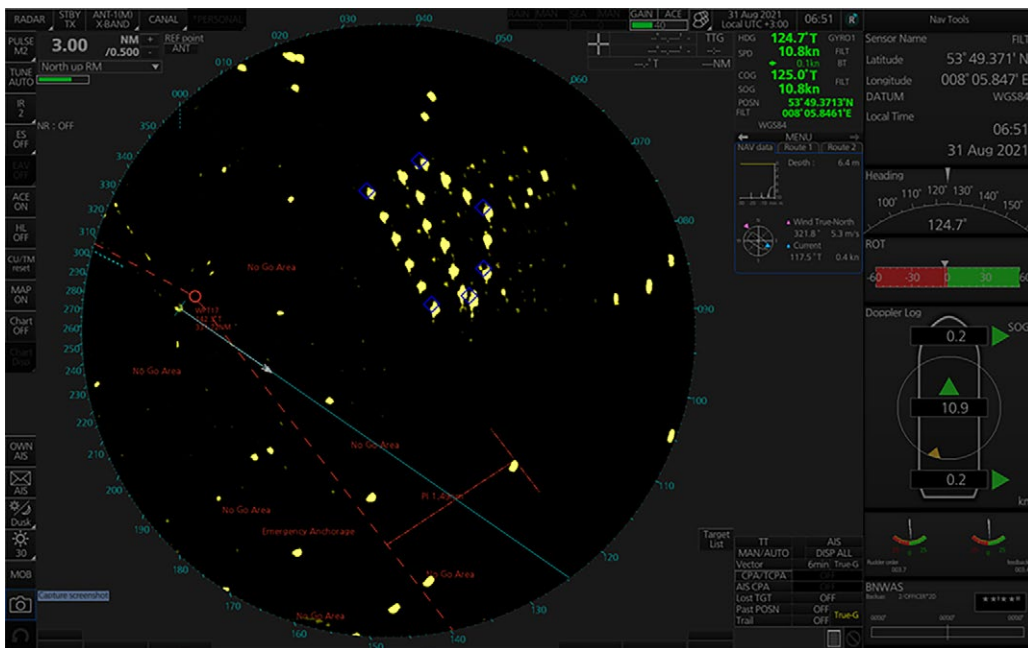
Jäänmurtoavustuksen lisäksi merituulivoimahankkeilla on vaikutuksia alusten luotsaukseen, jolla osaltaan hallitaan merenkulun riskejä. Luotsaus on lainsäädäntöön pohjautuvaa toimintaa, jota on harjoitettu perinteisesti vain Suomen aluevesillä, mutta syyskuun 2023 alusta voimaantulleen uuden luotsauslain perusteella luotsailla on mahdollisuus tilattaessa harjoittaa luotsausta myös aluevesien ulkopuolella (Traficom, 2023). Luotsit saavat uudella lailla oikeuden myös arvioida onko luotsattava alus tarpeeksi turvallinen liikkumaan luotsiväylillä, sekä velvoitteen kieltäytyä luotsauksesta, jos sen toteuttamisen ei katsota olevan turvallista. Haastateltujen merenkulun asiantuntijoiden mukaan merituulivoimapuistojen nähdään yleisesti kasvattavan myös luotsauksen tarvetta. Talviolosuhteissa luotsipaikkoja siirrellään tilapäisesti paikasta toiseen jääolosuhteiden mukaan, joten voimat tulevat vaikuttamaan myös näiden sijoitteluun jatkossa. Toisaalta uusi luotsauslaki voisi tarjota mahdollisuuden osaltaan vähentää aluevesien ulkopuolille suunniteltujen hankkeiden mahdollisesti kasvattamia merenkulun turvallisuusriskejä, mikäli luotsausta hyödynnettäisiin jatkossa laajemmin myös aluevesien ulkopuolella, merituulivoimapuistojen läheisyydessä liikennöitäessä. Lisääntyvää jäänmurtotarvetta vastaavasti, tällöin myös luotsauksen kustannukset toimintaa laajennettaessa kasvaisivat, mutta selvyyttä kasvavista kustannuksista vastaavista tahoista ei ole.

3.1.1.3 Vaikutukset merenkulun tutka- ja radiojärjestelmiin

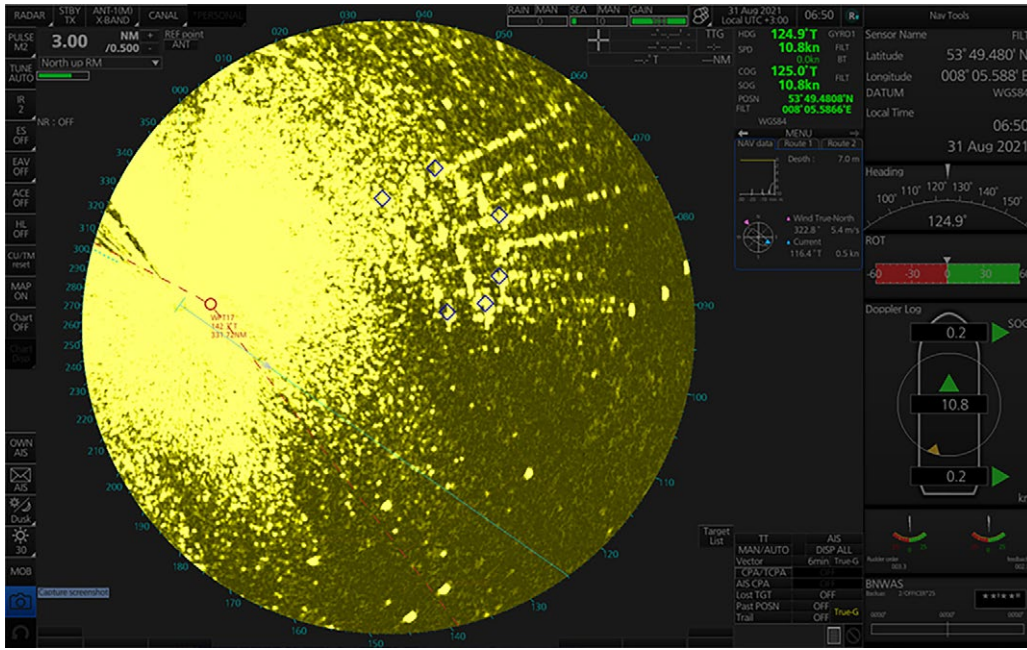
Erialaisten tutka- ja radiojärjestelmien toimiminen luotettavasti on keskeinen osa merenkulun yleisen turvallisuuden ylläpitoa. Merituulivoimapuistot voivat vaikuttaa sekä alusten että meriliikenteen ohjauksen tutkajärjestelmiin, säätutkiin (mm. Ilmatieteen laitoksen havaintolaitteet), alusten satelliittipaikannusjärjestelmiin sekä radiojärjestelmien käyttöön (Traficom & Väylävirasto, 2023). Haastateltujen

asiantuntijoiden mukaan vaikutuksien on kuitenkin tähänastisen tiedon perusteella todettu olevan hyvin tapauskohtaisia, riippuen merkittävästi muun muassa käyttävien laitteistojen eroavaisuuksista sekä esimerkiksi havaittavien alusten runkojen muodoista. Lisäksi talvimerenkulun tutkankäyttö ja -asetukset poikkeavat avovesillä käytetystä, joten tutkien mahdolliset häiriövaikutukset tuulivoimaloista jää- ja avovesinavigoinnin osalta voivat poiketa toisistaan (Kuva 3-3 ja Kuva 3-4) (Traficom & Väylävirasto, 2023). Talvimerenkulussa tutkankäyttö edellyttää heijastuksen saantia jäästä navigoitavissa olevan kulkureitin löytämiseksi, kun avovesiaikana tutkaa käytetään aluksen ympärillä olevien kohteiden havainnointiin. Tutka- ja radiovaikutuksien suhteen keskeinen tarve onkin laajemman tutkimustiedon kerääminen ja vaikutuksien kattavampi testaaminen käytännössä.

Kuva 3-3: Tutkakuva tuulivoima-alueen läheisyydessä avovesinavigointiasetuksissa (ESL Shipping, M/V Viikki (Traficom & Väylävirasto, 2023))



Kuva 3-4: Tutkakuva tuulivoima-alueen läheisyydessä jäänavigointiasetuksissa (ESL Shipping, M/V Viikki (Traficom & Väylävirasto, 2023))



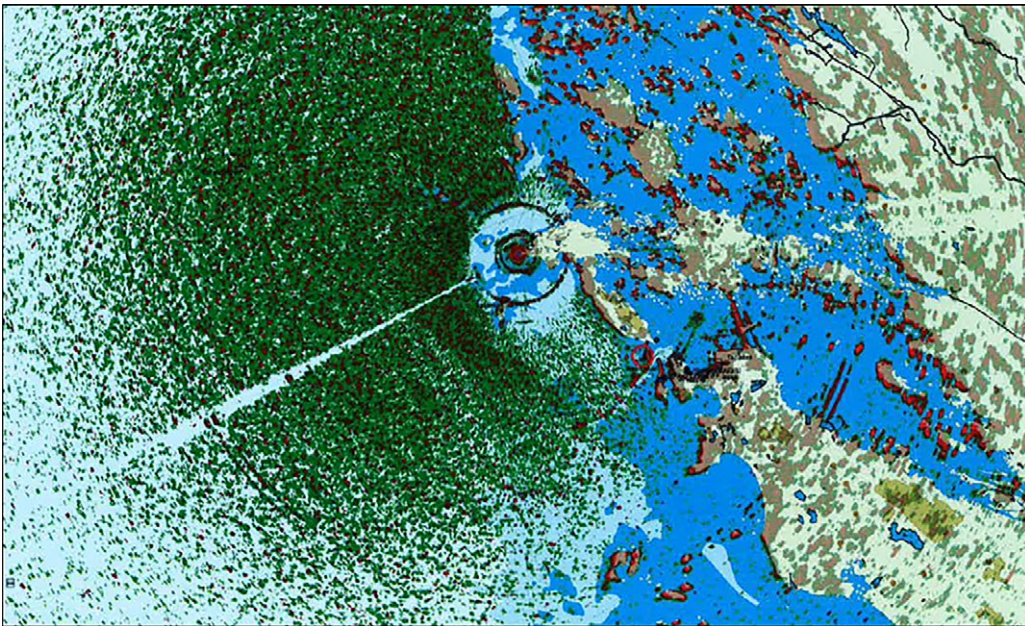
Merituulivoimat voivat aiheuttaa merenkulun tutkille joko varjostus- tai heijastusvaikutuksia (mm. katvealueet, virheelliset heijastussignaalit), jotka mahdollisesti vaikeuttavat tutkasignaalien tulkintaa ja häiritsevät merenkulun kokonaiskuvan muodostamista (Kuva 3-5) (Traficom & Väylävirasto, 2023). Lisäksi vesiväylien tai muiden merenkulun liikennöintialueiden risteysalueille sijoitetut merituulivoimat voivat aiheuttaa varjostusvaikutuksia, heikentäen alusten tutkien näkymää viereiselle vesiväylälle tai muulle liikennöintialueelle. Haastattelujen perusteella myös ns. tracking-toiminnot (toisen aluksen seuraaminen) voivat vaikeutua tai estyä, sekä alustoiminnan havaitseminen puistojen sisällä ja erityisesti puistojen ulkopuolelle poistuttaessa hankaloituu (katveen takaa ilmestyminen väylälle). Jääolosuhteissa jäälauttojen rikkoutuminen ja sohjoutuminen hankaloittavat lisäksi reittien havaitsemista tutkalla.

Kuva 3-5: Tutkanäyttö eri asetuksilla tuulivoima-alueiden läheisyydessä (Neste, M/T Lunni (Traficom & Väylävirasto, 2023))



Tutka on merenkulun liikenteenohjauksen keskeisin havaintoväline, jolla on oltava esteetön näkemä sen valvonta-alueelle. Kaikki Suomen kauppamerenkulun väylät ovat liikenteenohjauksen piirissä, joita seurataan noin 100 VTS-tutkalla (Vessel Traffic Service). Lisäksi moderni liikenteenohjauksen teknologia hyödyntää ns. fuusioratkaisuja, joissa tutkakuva sekä AIS-datasta (Automatic Identification System) saatava liikennöintitieto toimivat päällekkäin. Merituulivoimala tai -puisto voi aiheuttaa VTS-tutkalle katvealueen tai virheellisiä heijastussignaaleja, jotka haittaavat tutkavalvontaa ja heikentävät alusten havaitsemista ja paikantamista, etenkin jos katvealueita on useita ja ne sijoittuvat toistensa läheisyyteen (Kuva 3-6) (Traficom & Väylävirasto, 2023).

Kuva 3-6: Esimerkki tuulivoimalan VTS-tutkaan aiheuttamasta katvealueesta (Liikennevirasto (Traficom & Väylävirasto, 2023))



Tutkiin kohdistuvien vaikutuksien lisäksi merituulivoimaa suunniteltaessa tulisi ottaa huomioon voimaloiden vaikutukset puolustusvoimien (ks. Luku 3.2), sekä muiden käyttäjien (mm. Rajavartiolaitos) radiojärjestelmien toimintaan. Radiovaikutuksien ohella merituulivoimahankkeet johtavat myös valojen lisääntymiseen merellä, hankaloittaen siten optista navigointia.

3.1.1.4 Vaikutukset merenkulun turvallisuuteen ja meripelastuksen järjestämiseen

Merenkulun joutuessa kulkemaan merituulivoimapuistojen läheisyydessä, niiden välissä tai navigoinnin vaikeutuessa (mm. kaarteet, risteysalueet, kapeikot) hankkeet heijastuvat merenkulun turvallisuuteen, aiheuttaen kasvavan riskin alusten törmäämiselle voimaloihin, alusten keskinäisiin törmäyksiin tai esim. pohjakosketuksiin joutumiseen matalilla merialueilla väistämismahdollisuuksien pienentyessä. Lisäksi tuulivoimalat voivat aiheuttaa häiriöitä merenkulun turvalaitteille, esimerkiksi tuulivoimalan ja merenkulun turvalaitteen valojen sekaantuessa toisiinsa tai turvalaitteen peittyessä tuulivoimalan rakenteiden taakse. (Traficom & Väylävirasto, 2023) Monet riskeistä korostuvat entisestään jääolosuhteiden vallitessa. Ihmishenkiin kohdistuvan turvallisuusriskin lisäksi on myös mahdollista, että merialueet altistuvat aiempaa suuremmalle ympäristövahinkojen riskille.

Meripelastus nojaa nykyisellään vahvasti ilma-aluksien, kuten helikopterien käyttöön. Merituulivoimapuistot tulevat kuitenkin haastateltujen asiantuntijoiden näkemyksien mukaan hidastamaan ja vaikeuttamaan erityisesti ilma-aluksilla suoritettavia meripelastustehtäviä puistojen alueilla ja/tai läheisyydessä. Lisäksi laajat tuulivoimapuistot voivat hajautetusti sijoitettuina estää etsintä- tai pelastuslentotehtävien toteuttamisen matalilla lentokorkeuksilla. Esimerkiksi Suomessa meripelastuksesta vastaava viranomaisena ei lennä helikoptereilla puistojen ja voimaloiden välissä. Näin ollen hälytystehtävien toteuttaminen helikoptereilla voi pahimmassa tapauksessa estyä tuulivoimaloiden vuoksi laajoilla alueilla myös hyvissä olosuhteissa.

Mikäli meripelastuksen kohteena oleva esimerkiksi pien- tai huoltoalus on merituulivoimapuiston sisällä, pelastaminen riippuu muun muassa sijoittelusta (sopivat käytävät lentotoiminnalle), voimaloiden merkinnöistä, ja siitä miten nopeasti yhteys puisto-operaattoriin voimaloiden hätäpysäytystä varten saadaan hätätilanteessa. Ilmateitse toimimisen lisäksi myös vesitse toimiminen edellyttää riittävää käytössä olevaa tilaa (esim. laivapalon yhteydessä). Talviolosuhteissa toimimisessa toistuu myös kysymys jäänmurtokapasiteetin riittävydestä, ja siitä kuinka jääsohjossa ja jääkentissä toimiminen muuttuu tuulivoimaloiden vaikutuksesta.

Meripelastuksen järjestämiseen liittyvät olennaisesti myös vastuukysymykset. Hankekehittäjillä/puisto-operaattoreilla on asiantuntijahaastattelujen perusteella itsellään vastuu pelastustoimien järjestämisestä itse voimalarakennuksissa. Lisäksi meripelastuksesta vastaavien viranomaisten koneet ja muut resurssit ovat rajallisia, ja myös lentoajat olisivat pitkiä nykyisistä tukikohdista.

3.1.1.5 Hankkeiden koordinoinnin haasteet Suomen talousvyöhykkeellä

Merituulivoimahankkeiden koordinointi hankesuunnittelun alkuvaiheessa ei ole nykyisen lainsäädännön piirissä mahdollista talousvyöhykkeellä vastaavaan tapaan kuten aluevesillä. Suomen aluevesillä hankekehitystä voidaan kontrolloida pitkälti kuten maatuulivoimaa, sillä vesialueiden käytöstä tulee tehdä sopimus Metsähallituksen kanssa, ja hankkeet ovat kaavoituksen piirissä sekä vaativat rakennuslupan. Talousvyöhykkeelle suunniteltu merituulivoimahanke puolestaan tarvitsee talousvyöhykelain mukaisen valtioneuvoston suostumuksen tutkimiseen ja rakentamiseen talousvyöhykkeellä. Vesilupa ja ympäristövaikutusten arviointimenettely (YVA) vaaditaan sekä aluevesille että talousvyöhykkeelle suunnitelluilta hankkeilta. (Suomen Tuulivoimayhdistys, Merituulivoimahankkeen hankekehitys, 2023)

Tällä hetkellä talousvyöhykkeelle sijoittuvien hankkeiden suunnittelu voidaan aloittaa ilman, että hankkeiden aluerajauksia merkittävästi koordinoidaan. Tutkimuslupahakemukset merialueille ovat usein laajoja (Luku 3.1.1, Kuva 3-2), johtuen siten myös päällekkäisiin tai vierekkäisiin merituulivoimasuunnitelmiin. Haastateltujen asiantuntijoiden mukaan viranomaisen on puolestaan hankala ohjata suunnitelmia tasavertaisesti, vaikka merenkulun toimintaedellytysten säilyttämisen suhteen hankkeita merialueilla tulisi arvioida ja koordinoida yhtenä kokonaisuutena.

Mikäli hankekehittäjä saa tutkimuslupan merialueelle, hanke pääsee etenemään YVA-prosessiin ja sitä kautta kohti valtioneuvoston ja vesilain mukaisia lupaprosesseja. Merenkulun asiantuntijoiden mukaan suunnittelussa ei kuitenkaan välttämättä ole alkuvaiheessa huomioitu tarpeeksi kattavasti merenkulun yhteensovittamista hankkeen kanssa. Lisäksi ongelma syntyy siitä, että hankkeen edetessä pitkälle lupaprosesseissa, siihen edellytettävät muutokset merenkulun tarpeiden huomioimiseksi voivat olla hankalampia toteuttaa. Yhteensovittamisen haasteet merenkulun kanssa voivat myös kertautua merenkulun kokonaisuuden hallinnan suhteen, koska hankkeita suunnitellaan laajalti eri osiin Suomen talousvyöhykettä.

Yleisesti sidosryhmähaastatteluista nousi esiin varautumisen puute merituulivoimahankkeiden nopeaan kehitykseen, ja edelleen tarve sille, että mahdollista sääntelyä tulisi luoda ja uudistaa mahdollisimman nopealla aikataululla. Hankekehityksessä halutaan luonnollisesti välttää tilanne, jossa voitaisiin joutua esittämään uusia vaatimuksia hankkeille suunnitelmien jo edistyttyä pidemmälle, tai pahimmillaan jopa keskeyttämään lupaprosesseja. Epäonnistuneen koordinoinnin osalta on maailmalta esimerkkejä, sillä esimerkiksi Amsterdamin edustalla on jouduttu siirtämään tuulivoimaloita jälkikäteen meriliikenteen sujuvoittamisen vuoksi.

3.1.1.6 Hankkeiden koordinoimisen haasteet eri maiden välillä

Merituulivoimahankkeet voivat Suomen aluevesille ja talousvyöhykkeelle kohdistuvien merenkulun vaikutusten lisäksi kohdistaa vastaavia vaikutuksia myös Suomen rajanaapureille (nykyisten suunnitelmien valossa lähinnä Ruotsille) sekä maiden talousvyöhykkeiden rajoilla toimimiselle kummankin maan osalta, mikäli suunnitellut talousvyöhykkeiden ulkorajoihin rajautuvat hankkeet maiden rajoilla toteutuvat. Hankkeiden koordinoimisen koetaan merenkulun viranomaisten mukaan olevan näissä tilanteissa hankalaa, sillä nykyisellään ei ole olemassa selviä pelisääntöjä siihen, kuinka tulisi toimia tai joustaa, ja minkä tahon toimesta.

Rajat ylittävien Pohjanlahden merituulivoimahankkeiden sijainti suhteessa toisiinsa korostuu entisestään talvimerenkulussa. Suomella ja Ruotsilla on nykyisellään voimassa valtiosopimus talvimerenkulun yhteistoiminnasta (vastaava toiminta myös Viron kanssa), jossa käytännössä Pohjanlahden alusliikenne ohjataan Suomen ja Ruotsin yhteistoiminnassa kulkemaan pitkin jääolosuhteiltaan helpoimpia alueita alusten määrä- tai lähtösatamasta riippumatta. Operointialueiden vähenemisellä merituulivoimahankkeiden vuoksi on siten edellisissä luvuissa mainittuja vastaavia vaikutuksia Pohjanlahden tulevaisuuden talvimerenkulkuun maiden rajat ylittävästi.

Vaikka maiden rajat ylittävä yhteistyö esimerkiksi jäänmurron suhteen on tavallista toimintaa, haastattelujen perusteella kaikkien sidosryhmien yhteistyö ei kuitenkaan toteudu vastaavalla tavalla. Huolena onkin, että merituulivoiman kehittämisestä syntyy kilpajuoksu maiden välille, ellei kehitystä koordinoita yhteistyössä tarpeeksi korkealla tasolla. Esimerkiksi naapurihankkeiden keskinäinen tiedonvaihto maan sisällä, saati maiden välillä koetaan olevan puutteellista, vaikka hankkeet voivat sijoittua todella lähelle toisiaan. Lisäksi eri maiden hankkeilla on luonnollisesti eri lupaviranomaiset, minkä edelleen nähdään hankaloittavan tasapuolista yhteensovittamista.

3.1.1.7 Muut vaikutukset ja haasteet

Muita asiantuntijahaastatteluissa esiin tulleita merituulivoimahankkeiden vaikutuksia merenkulkuun nostettiin käytön aikaisen huollon järjestämisen sekä hankkeiden elinkaaren lopun suhteen. Molempien aiheiden osalta haasteltujen sidosryhmien näkemys on, että tietoa näistä aiheista ei ole vielä juurikaan kertynyt, sillä hankkekehityksessä ollaan vasta yleisesti hyvin alkuvaiheessa. Huollon osalta tarve on kuitenkin ympärivuotista, asettaen voimaloiden huoltoon käytettävät alukset tai helikopterit edellisissä kappaleissa mainittujen vaikutusten, kuten liikennöinnin erityisesti talviolosuhteissa, sekä meripelastuksen haasteiden eteen.

Voimaloiden rajallisen elinkaaren suhteen tulisi myös ennakoiden huomioida tuulivoimaloiden rakenteiden purkaminen, sillä suunnitelmien toteutuessa tuulivoimarakenteita ja niiden perustuksia tulee sijoittumaan huomattavan laajoille merialueille. Mikäli merituulivoimaloiden perustusten rakenteita ei pureta merenpohjan luonnolliselle tasolle, merialueen syvyysolosuhteet eivät palaudu entiselleen, jolla voi edelleen olla vaikutuksia merenkulkuun etenkin matalimmilla merialueilla.

3.1.2 Potentiaaliset vaikutuksien arviointi- ja mallinnusmenetelmät paremman tiedon tuottamiseksi päätösten pohjalle

3.1.2.1 Arviointi- ja mallinnusmenetelmien keskeisimmät kehitystarpeet

Merenkulun ja merituulivoimahankkeiden onnistuneen yhteensovittamisen suhteen on tunnistettu selkeä tarve kohdennetun tutkimustiedon lisäämiselle (erityisesti talvimerenkulun suhteen), sekä paremman tiedon ja ymmärryksen avulla johdettujen arviointi- ja mallinnusmenetelmien sekä käytännön työkalujen kehittämiseksi vaikutuksien arvioinnin tueksi. Uuden tutkimustiedon kartuttamisen, sekä menetelmien ja työkalujen kehittämisen nähdään haastateltujen merenkulun asiantuntijoiden mukaan palvelevan laajalti eri sidosryhmiä aina merituulivoimaa suunnittelevista hankekehittäjistä hankkeita arvioiviin viranomaisiin saakka.

Nykyisellään tietoa haitallisista vaikutuksista, sekä vaikutuksien mekanismeista ja laajuudesta erityisesti talvimerenkulkuun on saatavilla vähän, sillä toistaiseksi merituulivoimapuistoja on toteutettu vain jäättömiin olosuhteisiin (pl. Tahkoluodon pieni merituulivoimapuisto Suomessa). Kansainvälistä tutkimustietoa hankkeiden vaikutuksista merenkulkuun on karttunut alueilta, jossa merituulivoiman kehityskulku on Suomea pidemmällä (mm. Keski-Euroopasta), mutta Suomessa kohdattavat saaristo- ja erityisesti talviolosuhteet erottavat meidät keskeisesti näistä maista. Merenkulun asiantuntijoiden mukaan kansainvälistä tutkimustietoa voidaan siksi soveltaa Suomessa vain harkiten, ottaen huomioon Suomessa esiintyvät jäätyvien merialueiden erityispiirteet. Koska kansainvälisiä jäätyvien merialueiden tutkimuksia merituulivoiman vaikutuksista ei ole saatavilla, Suomi on muiden merituulivoimaa kehittävien jäätyvien merialueiden maiden kanssa pioneerin asemassa, jossa tutkimustiedon kerääminen, sekä tarvittavien työkalujen ja menetelmien kehittäminen vaatii innovointia.

Keskeisimmät vaikutukset, joiden arviointiin ja menetelmien kehittämiseen tulisi haastateltujen merenkulun asiantuntijoiden mukaan jatkossa erityisesti keskittyä, ovat jäiden käyttäytyminen merituulivoimapuistojen vaikutuksesta, eri tekijöiden,

erityisesti talviolosuhteiden, vaikutukset riittävien merenkulun turvaetäisyyksien määrittämiseen, vaikutukset merenkulussa käytettävien tutka- ja radiojärjestelmien toimintaan, sekä vaikutukset ilmaliikenteen turvalliseen järjestämiseen puistojen keskellä.

- Merkittävin avoin kysymys talvimerenkulun kannalta on se, miten liikkuva jääkenttä käyttäytyy hankkeiden aiheuttamissa poikkeavissa jääolosuhteissa, mahdollisesti satojen yksittäisten tuulivoimalarakenteiden ja vierekkäin sijoittuvien merituulivoimapuistojen seurauksena. Paremmin tulisi siis ymmärtää esimerkiksi sitä, kuinka voimalarakenteet rikkovat jäätä ja minkälaisia vaikutuksia sillä on alueelliselle jääolosuhteille (mm. jäätyypit, hajoaminen, sohjoutuminen, kerrostuminen, pakkautuminen, jne.), kuinka paljon tuulivoimalarakenteista rikkoutuva liikkuva jää lisää jäämassaa alueella, sekä minkälaisia vaikutuksia merituulivoimapuistoilla on liikkuviin jäihin ja jään liikkeisiin. Näihin kysymyksiin vastaamiseen tulisi kehittää mallinnuksia ja simulaatioita erilaisissa skenaarioissa. Olennaista on tarkastella vaikutuksia myös pitkällä aikavälillä huomioiden erilaiset jäätalvet, sekä ottaen huomioon eri merialueiden eroavaisuudet (mm. rannikko vs. avovesi, syvyys, väylästöt, jne.).
- Riittävien turvaetäisyyksien määrittäminen merenkulun ja merituulivoiman välillä riippuu vahvasti monen tekijän, kuten esimerkiksi jääolosuhteiden paremmasta ymmärtämisestä. Nykyisellään ei ole täysin selvää käsitystä siitä, millaisilla selvityksillä ja riskienarvioinneilla etäisyysvaatimuksia olisi mahdollista supistaa. Arviointia tulisikin haastateltujen merenkulun asiantuntijoiden mukaan tehdä vaiheittain, siten että turvaetäisyyksien arvioinnin tulisi seurata sekä arviointia merituulivoimapuisto-jää vuorovaikutuksesta että tämän mallinnuksen tuloksien hyödyntämistä merenkulun mallinnukseen (mm. liikennevirrat ja reititykset). Vasta näiden tarpeeksi syvällisen ymmärtämisen jälkeen voidaan määritellä mahdollisia viitearvoja ja/tai muutostarpeita merenkulun liikennöintialueiden vaatimiin turvaetäisyyksiin. Huomionarvoista on lisäksi, että muuttuvat ja paikalliset olosuhteet edellyttävät silti harkinnanvaraisuutta, vaikka tutkittu tieto ja arviointityökalujen käyttö voikin helpottaa suunnittelutyötä ja turvaetäisyyksien arviointia jatkossa.
- Alusten tutkajärjestelmien laitteistokohtaiset erot tulkita tuulivoimaloiden aiheuttamia häiriövaikutuksia voivat olla merkittäviä. Selvitys tuulivoimaloiden vaikutuksista merenkulun tutkajärjestelmille selkeyttäisi kokonaisvaikutusten hahmottamista,

mikäli se toteutettaisiin kattavasti eri tutkajärjestelmillä sekä avovesi-että jääaikaana, ja huomioiden erilaisia alustyyppisiä. Talvimerenkulun tutkankäyttö ja -asetukset poikkeavat avovesillä käytetystä, joten tutkien mahdolliset häiriövaikutukset johtuen tuulivoimaloista jää- ja avovesinavigoinnin osalta voivat poiketa toisistaan. Talvimerenkulussa tutkankäyttö edellyttää heijastuksen saantia jäästä navigoitavissa olevan kulkureitin löytämiseksi, kun taas avovesiaikana tutkaa käytetään aluksen ympärillä olevien kohteiden havainnointiin.

- Lisäksi asiantuntijahaastattelussa nousi esille tarve ymmärtää paremmin ilmaliikenteen turvallista järjestämistä puistojen keskellä. Meripelastuksen nojattessa vahvasti ilmaitse toimimiseen on esitetty tarve mallinnukselle sen suhteen, mitä tulisi huomioida hankealueilla ilmaitse toimittaessa (mm. ilmakäytävät, näkyvyys/merkinnät) ja miten toimintaa tulisi sen perusteella kehittää. Simulaattorikoulutuksia lentäjille järjestetään jo toisaalla (mm. Norjassa, Ranskassa ja Isossa-Britanniassa). Tulevaisuudessa tavoitteena on järjestää samanlaisia tilaisuuksia operaattoreille myös Suomessa, sillä tiedonvaihdot ja tuttuus toimijoiden ja toimintatapojen välillä nähdään kriittiseksi turvallisuuden kannalta.

3.1.2.2 Nykyisen osaamisen ja menetelmien hyödyntäminen sekä yhteensovittaminen

Nykyiset menetelmät ja osaaminen, joita voitaisiin jatkossa hyödyntää

Edellä esitettyihin keskeisiin arviointi- ja mallinnustarpeisiin on jo jossain määrin alettu Suomessa perehtymään. Esimerkiksi Suomen Akatemian rahoittamana on parhaillaan käynnissä WindySea-hanke, jossa ovat mukana Aalto-yliopisto, Teknologian tutkimuskeskus VTT sekä Ilmatieteen laitos. Hankkeen tavoitteena on ”tuottaa perusteet merituulivoimapuiston digitaaliselle kaksoiselle”. Projektissa on tarkoitus luoda suunnittelutyökalu, jota voidaan käyttää jäätyvien merialueiden olosuhteiden ja jääolojen ennustamiseen (mm. jäiden liikkeet) sekä tuulivoimapuistojen rakenteiden suunnitteluun. (Suomen Akatemia, 2023) Haastateltavien sidosryhmien mukaan hankkeen valmistumiseen kuluu todennäköisesti vielä vuosi 2024.

WindySea-hankkeessa mukana olevan Aalto-yliopiston nähdään haastattelujen perusteella olevan parhaimpia asiantuntijoita merenkulun analyysien tuottamisessa. Aalto-yliopistolla on muun muassa käytössään jäälaboratorio, jossa voidaan simuloida jään käyttäytymistä (Aalto-yliopisto, 2023). Aallon kanssa on jo aiemmin sidosryhmäyhteistyössä kehitetty mm. talvimerenkulun ja talvimerenkulun riskien

mallinnusta, jonka perusteella voidaan vältellä hankalimpia alueita jääolosuhteissa. Jääkentän käyttäytymistä merituulivoimapuistojen yhteydessä ei kuitenkaan ole aikaisemmin arvioitu.

Teknologian tutkimuskeskus VTT:llä puolestaan on arktisen meriteknologian tutkimusryhmä, jossa on osaamista mallintaa ja ennustaa jään käyttäytymistä, sekä tehdä merituulivoimaloiden jääkuormasuunnittelua (VTT, 2023). VTT muun muassa koordinoi IceWind-hanketta, joka keskittyy WindySea-hankkeen sijaan yksittäisiin tuulivoimaloihin ja jota rahoittavat osin yritykset. Lisäksi VTT:llä on tutkateknologiaan erikoistunut työryhmä, jonka tavoitteena on sidosryhmähaastattelujen perusteella aloittaa hanke tutkatekniikan mallinnuksesta yhteistyössä merenkulun asiantuntijoiden kanssa. Myös Ilmatieteen laitokselta saatavaa tietoa jääolosuhteista voitaisiin paremmin hyödyntää osana jäiden mallinnusta.

Suomen ensimmäisen merituulivoimapuiston, Tahkoluodon, osalta on kertynyt rajallista kokemusta merenkulun vaikutuksista. Tahkoluodon yhteydessä mm. Turun merenkulkuoppilaitoksen, Aboa Maren, kanssa on tehty simulaattoriin pohjautuvia mallinnuksia merituulivoimapuiston läheisyydessä toimimisesta (mm. näkyvyyden ja voimaloiden merkintöjen osalta). Lisäksi luotsien kanssa on tehty luotsaus-simulaatioita, joiden tuloksia voitaisiin hyödyntää myös suunnitteilla olevien merituulivoimapuistojen yhteydessä.

Liikenteenohjauksen (VTS, Vessel Traffic Service) suhteen on olemassa VTS-simulaatiotyökalu, johon olisi asiantuntijahaastattelujen perusteella mahdollista lisätä jatkossa merituulivoimahankkeita liikenteenohjaajien kouluttamiseksi. Laivojen ja VTS-keskusten alusten tunnistamiseen ja sijainnin määrittämiseen käyttämän järjestelmän, AIS:n (Automatic Identification System) kautta saatavan liikennöinti-tiedon avulla voisi lisäksi olla mahdollista mallintaa mm. reittivaihtoehtoja.

Myös mahdollisten törmäysriskien osalta on tunnistettu jo käytössä olevia mallinnustyökaluja. Esimerkiksi haastateltujen sidosryhmien esiin tuoma IWRAP on yksi työkalu merenkulun riskien arviointiin, jonka avulla voidaan arvioida törmäysten ja karilleajon riskiä perustuen liikenteen määriin ja koostumukseen, reitin geometriaan ja syvyyssmittauksiin, mutta ei kuitenkaan erikseen jääolosuhteissa (IALA AISM, 2023). Riskianalyysien suhteen myös Kansainvälisellä merenkulkujärjestö IMO:lla (International Maritime Organization) on olemassa standardisoidut merenkulun riskianalyysimenetelmät (FSA, Formal Safety Assessment) (IMO, Formal Safety Assessment, 2023).

Mallinnuksien lisäksi on olennaista ylläpitää jatkuvaa meriliikenteen tilannekuvaa. Meriliikenteen tilannekuvan ylläpitäminen on Suomessa meriliikennekeskusten vastuulla, jotka jakavat tietoa eteenpäin muille viranomaisille, kuten Rajavartiolaitokselle ja Puolustusvoimille. Meriliikennekeskukset myös omistavat rannikoilla sijaitsevan infrastruktuurin. Olennaisena osana tilannekuvan ylläpitoa ovat myös VHF- ja rannikkoradio.

Eri menetelmien ja tiedon yhteensovittaminen

Erilaisten mallinnusten ja simulaatioiden nähdään voivan täydentää merenkulun asiantuntijoiden näkemyksiä, sillä nykyisellään niiden puute johtaa asiantuntijatiedon varaan nojaamiseen, pitkälti tapauskohtaiseen harkintaan ja varovaisuusperiaatteen noudattamiseen paremman tiedon puutteessa. Esimerkiksi mallien luontiin, tiedon syöttämiseen malleihin sekä tulosten tulkintaan tarvitaan kuitenkin vankkaa merenkulun asiantuntijanäkemyksiä, luoden siten tarpeen molempien arviointitapojen yhdistämiselle. Ideaalinen malli vaikutuksien arviointiin olisikin asiantuntija-arvio sekä dataan perustuva malli yhdistettyinä.

Lisäksi on huomioitava, että mallinuksissakin on todennäköisesti paljon epävarmuuksia, sillä mallinnettava todellisuus erityisesti jääolosuhteista on erittäin monimutkainen. Mallinuksien ja laboratorio-olosuhteissa tehtyjen simulaatioiden lisäksi todellisten vaikutuksien selvittämiseksi tarvitaan käytännön olosuhteissa testaamista, kun puistot rakentuvat. Tämän suhteen tärkeää olisikin jo hyvissä ajoin ennakoitua suunnitella, kuinka mallinuksien lisäksi käytännön vaikutuksien seuranta hankkeiden yhteydessä toteutetaan, ja kuinka käytännön kokemuksia voidaan parhaiten hyödyntää ja jakaa jäljempänä rakennettavien hankkeiden suhteen.

Haastateltujen merenkulun asiantuntijoiden yhteinen näkemys on, että muun muassa edellä esiteltyjen sekä jatkossa kehitettävien eri mallien ja tiedon yhdistämisen sekä toimijakentän laajan osaamisen kokoamisen kautta voidaan luoda tarvittavia ratkaisuja merituulivoiman ja meriliikenteen yhteensovittamisen arvioimiseksi. Jo luotuja malleja voidaan lisäksi päivittää huomioimaan merituulivoimaa entistä paremmin. Keskeistä on ymmärtää ensin keskeiset eri komponentit (mm. jäämallinnukset, tutkavaikutukset, reittijärjestelmät ja väyläverkosto, liikennetilä sekä merituulivoimasuunnitelmat) ja sen jälkeen tuoda nämä soveltuvilta osin yhteen kokonaiskuvan tuottamiseksi. Haastatteluissa esiin noussut hyvä esimerkki tiedon yhteensovittamisesta ja tiivistä sidosryhmäyhteistyöstä merenkulun suhteen on vuonna 2025 käyttöön otettava yhteinen merenkulun tiedonhallintajärjestelmä NEMO, joka tulee toimimaan Suomen kansallisena kokoavana näkymänä meriliikenteelle (NEMO, 2023).

Haastateltujen sidosryhmien mukaan on myös tarve tuottaa arvio merituulivoimahankkeiden yhteis- ja kumulatiivista vaikutuksista merenkulkuun, koska vaikutusarviointia tehdään tällä hetkellä hankekohtaisesti. Meriliikenteen suhteen ongelma syntyy siitä, että nykyisellään on käynnissä eri vaiheissa olevia tutkimuslupavaiheen hankkeita, joiden yhteisvaikutusten arvioinnista muiden hankkeiden kanssa ei ole selvyttä. Pelisäännöt mm. sille, kenen vastuulla olisi tehdä yhteisarviointi, tulisi siten luoda. Lisäksi yhteisvaikutuksia tulisi arvioida kokonaisuutena Pohjanlahdella, sisältäen myös Ruotsin aluevesille ja talousvyöhykkeelle suunnitellut hankkeet. Yhteiset pelisäännöt ja tiedon kartuttaminen sekä kokoaminen nähdään erittäin tärkeäksi, sillä varsinkin kehityksen alkuvaiheessa vaikutusarviot ovat hajanaisia ja selvityksien tasot vaihtelevat.

3.1.3 Toimenpiteitä merenkulkuun kohdistuvien haitallisten vaikutusten vähentämiseksi

3.1.3.1 Hankkeiden sijoitteluun liittyvät toimet

Merenkulun eri liikennöntialueiden huomioiminen

Sujuva ja turvallinen meriliikenne ympäri vuoden on tärkeä ylläpitää, sillä valtaosa Suomen ulkomaankaupan tavaravirroista kulkee meriteitse. Merituulivoimahankkeiden huolellinen sijoittelu on tehokkain tapa ehkäistä ja vähentää merenkulkuun mahdollisesti aiheutuvia haitallisia vaikutuksia. Hankkeiden sijoittelun koordinoiminen on tärkeää jo mahdollisimman aikaisessa vaiheessa hankkekehitystä, sillä useiden hankkeiden yhteisvaikutukset määrittävät lopulta sen, miten ne tulevat vaikuttamaan merenkulkuun. Merenkulun tarpeet nähdään haastateltujen sidosryhmien mukaan mahdolliseksi sovittaa yhteen, mutta tämän nähdään vaativan hyvän suunnitelman lisäksi myös kompromissikykyä eri osapuolilta.

Merituulivoimaloiden suunnittelussa tulee huomioida eri merenkulun liikennöntialueiden (vesiväylät, reittijakojärjestelmän mukaiset alueet sekä muut näiden ulkopuoliset liikennöntialueet) ja satamien esteetön käyttö turvallisen ja sujuvan merenkulun edellytyksien ylläpitämiseksi ympäri vuoden. Merenkulun toimintaedellytykset huomioidaan käytännössä riittävin etäisyyksin tuulivoimapuistojen ja merenkulun käyttämien eri liikennöntialueiden välillä, sekä tuulivoimaloiden keskinäisen sijoittelun kautta. (Traficom & Väylävirasto, 2023) Lisäksi tulee varmistaa edellä mainittujen eri liikennöntialueiden välinen yhtenäisyys (mm. väylien lähestymisalueet niiden päissä sekä avomerren ja väylien väliset kulkuyhteydet) ja suoraviivaisuus aina satamista ulkomeren reiteille saakka, jotta merenkulku ei joudu kohtuuttomasti kiertämään merituulivoimapuistoja. Kansallisten merenkulun

liikennöntialueiden huomioimisen lisäksi tulisi myös varmistaa liikennöntialueiden avoimuus vastaavalla tavalla naapurimaiden talousvyöhykkeiden rajoilla ja niiden yli.

Varsinaiset vesiväylät, jotka sijaitsevat Suomen aluevesillä, on osoitettu merenkulun käyttöön lailla, ja ne on siten pidettävä avoinna merenkulkua varten. Vesiväyliä edustoille on silti nykyisten suunnitelmien perusteella kaavailtu useita hankkeita (Kuva 3-2, Luku 3.1.1). Tämän suhteen asiantuntijahaastatteluissa nostettiin esiin mahdollisuus siitä, tulisiko vesiväyliä ulottua jatkossa nykyistä ulommaksi merelle, jotta hankkeet eivät vaikuttaisi haitallisesti väyliä lähestymiseen mereltä ja toisinpäin. Vesiväylät alkavat nykyisin luotsien ottopaikoista satamaan, joten väyliä pidentäminen voisi siten johtaa myös luotsausmatkojen kasvamiseen. Luotsauksen suhteen on tehty kokeiluja uusista etäluotsauskonsepteista, jotka voisivat mahdollisesti helpottaa luotsauksen järjestämistä jatkossa myös kauempaa mereltä. Haastatteluiden perusteella vaihtoehtoinen tapa turvata vesiväyliä lähestyminen ja niiltä poistuminen olisi määrittellä, kuinka leveitä vesiväyliä lähestymisalueiden on mereltä oltava, ettei vesiväyliä ja siten luotsausmatkoja tarvitsisi merituulivoimahankkeiden vaikutuksesta pidentää. Mahdollisista väyliä muutossuunnitelmista on oltava yhteydessä Väylävirastoon sekä Traficomiin, sillä Traficomilta on vesiliikennelain (782/2019) mukaisesti haettava esim. kulkuväylään liittyvien muutosten vahvistamista.

Liikenne- ja viestintäministeriön ”Tuulivoimaloiden vaikutukset liikenneturvallisuuteen”-selvityksessä on todettu, että tehdyissä riskienarvioinneissa yleisesti turvallisena merituulivoimaloiden etäisyytenä merenkulun liikennöntialueisiin on pidetty noin 1–2 merimailia (1,8–3,6 km) (Liikenne- ja viestintäministeriö, 2012). Suomessa riskienarviointi tehdään aina hankekohtaisesti. Lähtökohtaisesti tuulivoimaloiden ja vesiväyliä, ankkurointialueiden sekä merenkulun suojapaikkojen välille mitoitetaan vähintään 1,5 km:n suojaetäisyys, mikäli tuulivoimahankkeen vaikutuksia merenkululle, väyliä käytölle tai merenkulun paikannus- ja tutka-järjestelmille ja merenkulun langattomille viestintäverkoille ei ole selvitetty (Traficom & Väylävirasto, 2023). Ulkomerellä merenkulun liikennöntialueiden, väyliä lähestymisalueiden sekä reittijakojärjestelmien ja merituulivoimaluokkien välisessä etäisyydessä on puolestaan suositeltavaa noudattaa soveltuvin osin 1–3 merimailin etäisyysuositusta (PIANC, 2018). Toisaalta merenkulun turvallisuuden näkökulmasta, erityisesti jääolosuhteissa, turvaetäisyyden voidaan määrittellä olevan myös suurempi riippumatta liikennöntialueesta (Traficom & Väylävirasto, 2023).

Tapauskohtaisen arvioinnin perusteella etäisyysvaatimuksia on myös mahdollista arvioida uudelleen, mikäli tutkimukset/selvitykset, riskienarviointi ja merenkulun toimijoiden harkinta osoittavat, että etäisyys voi olla pienempi (Traficom &

Väylävirasto, 2023). Näin on jo Suomessa tehty Tahkoluodon hankkeen yhteydessä, jossa päästiin lopulta 500 metrin etäisyysvaatimukseen. Haastattelujen perusteella esimerkiksi Isossa-Britanniassa on käytössä ohjeistus huomattavasti suuremmasta, 3,5 merimailin (noin 6,5 km) turvaetäisyydestä. Kansainväliset suositukset tuulivoimaloiden ja merenkulun liikennöntialueiden välisestä etäisyydestä eivät kuitenkaan sovellu Suomeen sellaisenaan, sillä Suomen rannikko ja talviolosuhteet poikkeavat merkittävästi alueista, joille merituulivoimapuistoja tyypillisesti rakennetaan maailmalla (Traficom & Väylävirasto, 2023). Suomessa alusten törmäämisen riski on verrattain pieni rannikon tuntumassa olevaan tuulivoimalaan, sillä suurin osa Suomen vesiväylistä on ruopattuja, ja ne kulkevat suhteellisen matalilla vesialueilla. Sen sijaan ulkomerelle sijoittuvat tuulivoimalat sijoittuvat Suomessakin pääosin syville vesialueille, jossa kulkeva meriliikenne ei keskity rannikon väyläliikenteen tavoin kapeille, merkityille ja ruopatuille väyläalueille.

Reittijakojärjestelmän (TSS, Traffic Separation Scheme) mukaisilla vilkkaasti liikennöidyillä merialueilla alusliikenne ohjataan kulkemaan tiettyjä reittejä pitkin sekä erotellaan vastakkaisiin suuntiin kulkeva liikenne (Fintraffic, 2023). Haastattelujen sidosryhmien mukaan merituulivoiman kehityksen yhteydessä voisi olla järkevää laajentaa reittijakojärjestelmää nykyisten alueiden (järjestelmiä mm. Suomenlahdella, että Pohjanlahdella) ulkopuolelle käsittäen laajemmin myös talousvyöhykkeen. Reittijakojärjestelmän suunnittelu tulisi tehdä yhteistyössä maiden maiden, sekä myös Kansainvälinen merenkulkujärjestö IMO:n kanssa, joka lopulta verifioi järjestelmän. Reittijakojärjestelmän perustaminen voi olla turvallinen tapa järjestää liikennöinti etenkin Suomen eteläisillä merialueilla, jossa jääolosuhteet eivät vaikeuta yhtä merkittävästi merenkulun liikennöintiä Merenkulun pohjoispuoleen verrattuna (Traficom & Väylävirasto, 2023). Reittijakojärjestelmän perustaminen Suomen pohjoisille merialueille ei kuitenkaan ole todennäköisesti tarkoituksenmukaista, sillä jääolosuhteet näillä alueilla vaikuttavat merkittävästi merenkulun käyttämiin reitteihin. Reittijakojärjestelmiä voidaan viranomaisen päätöksellä kuitenkin poistaa tilapäisesti käytöstä jäätilanteen niin edellyttäessä.

Merituulivoimahankkeiden aluerajauksissa on tärkeää huomioida tarpeeksi avoimet merenkulun käyttämät liikennöntireitit myös varsinaisten väylien ja reittijakojärjestelmien ulkopuolella, jotta merenkulun toimintaedellytykset ja turvallisuus tulevat huomioiduiksi suunnitellulla hankealueella. Näillä liikennöntialueilla on lisäksi voimassa rajoittavia kansainvälisiä merenkulun sopimuksia, kuten Yhdistyneiden kansakuntien merioikeusyleissopimus UNCLOS (United Nations Convention on the Law of the Sea), jonka mukaisesti talousvyöhykkeelle sijoituvia rakennelmia ei saa rakentaa eikä suojavyöhykkeitä niiden ympärille perustaa alueille, jossa ne saattavat haitata kansainväliselle merenkululle tärkeiden merireittien käyttöä (IMO, United Nations Convention, 2023).

Koskien merenkulkua maiden talousvyöhykkeiden rajoilla ja joustavasti niiden yli, valtioiden tulisi sopia yhteiset pelisäännöt koskien merituulivoimasuunnittelua ja -rakentamista talousvyöhykkeen rajan tuntumassa. Yksi vaihtoehto merenkulun turvaamiselle olisi jonkin tietyn vapaan kaistan määrittäminen talousvyöhykkeiden ulkorajoista, joka tulisi yhtäläisesti rajojen molemmin puolin pitää vapaana meriliikenteelle.

Tuulivoimalarakenteiden sijoittelun lisäksi merenkululle on olennaista huomioida tarvittavien kaapelikäytävien ja putkien (esim. mahdollisen vedyn siirtoinfrastruktuurin) reititys siten, etteivät ne estä merenkulun liikennöintialueiden ylläpitoa tai kehittämistä. Kaapeleiden ja putkien poikkivientiä tulisi mahdollisuuksien mukaan välttää, ja reitityssuunnitelman tulisi alittaa liikennöintialueet mahdollisimman syvässä vedessä ja välttämällä väylien taitekohtia, jotka ovat potentiaalisia kelluvien turvalaitteiden sijoituspaikkoja (Traficom & Väylävirasto, 2023). Lisäksi kaapeloinnin tulisi jatkossakin mahdollistaa mm. alusten hätäankkurointi ja merenkulun suojapaikkojen säilyminen. On olemassa esimerkkejä kaapelien ja putkien rikkoutumisesta ankkuroinnin vuoksi, viimeisimpänä lokakuussa 2023 Balticconnector-kaasuputken ja tietoliikenneyhteyden osalta Suomen ja Viron välillä, sekä esimerkiksi vuonna 2012 sähkösiirtoyhteyden osalta Suomen ja Ruotsin välillä.

Talvimerenkulun erityispiirteiden huomioiminen

Jäätyvien merialueiden erityispiirteiden vuoksi Suomessa on merenkulun toimintaedellytysten turvaamisen osalta kiinnitettävä lisäksi erityistä huomioita talvimerenkulun käyttämiin liikennöintireitteihin, jotka poikkeavat merkittävästi avovesissä käytetyistä liikennöintireiteistä. Hankkeiden sijoittelun tulee huomioida jääolosuhteissa toimimisen vaatimukset, kuten jäänmurron odotusajat, avustuksen odotusalueiden säilyminen ja riittävät turvaetäisyydet talvimerenkulun liikennöintireittien ja tuulivoimapuistojen välillä. Asiantuntijahaastatteluiden perusteella tämä voitaisiin toteuttaa esimerkiksi sijoittelemalla hankkeet merialueiden tasolla ryppäisiin tasaisen sijoittelun sijaan, jolloin hankealueiden väliin jäisi tarvittavia turva-alueita. Lisäksi voi olla tarvetta rajoittaa aluksien oikeutta kulkea esim. tuulivoimapuistojen välistä reittiä ilman jäänmurtajan ja/tai luotsin avustusta.

Vaikka sijoittelun kautta voidaan vähentää talvimerenkulkuun kohdistuvia haitallisia vaikutuksia, osa tarvittavaa ratkaisua tulee merenkulun asiantuntijoiden näkemysten mukaan olla jäänmurtokapasiteetin lisääminen tulevaisuudessa. Lisäksi jäänmurtajien tyyppitarve voi muuttua erilaisten vaatimusten vuoksi, mikä tulee

huomioida varautumisessa. Mikäli jäänmurtokapasiteettia tarvitaan lisää, on huomioitava huomattava etupainotteisuus, sillä varautuminen tarvittavalla jäänmurtokapasiteetilla vie todennäköisesti pitkään.

Merialuesuunnitelman no go -alueet

Usean eri sidosryhmän esiin tuoma näkemys on, että merituulivoimalle tarvittaisiin kokonaisvaltainen sijoittelusuunnitelma. Merenkulun toimintaedellytysten kannalta merituulivoimaa voitaisiin lähtökohtaisesti ja yllä esitetysti sijoittaa alueille, joiden liikennetiheys on mahdollisimman vähä, välttäen siten keskeiset merenkulun liikennöntialueet. Merialuesuunnitelman ollessa nykyisellään ainoa työkalu talousvyöhykkeen aluesuunnittelun ohjaamiseen, merenkulun liikennöntialueet voidaan osoittaa merialuesuunnitelmassa alueiksi, jonne merituulivoimaa ei voida sijoittaa. Lisäksi merialuesuunnitelmaan sitoutumista tulisi aiemmin mainituilla tavoilla (Luku 2.7) edistää, jotta hankesuunnittelu ei jatkossa ylittäisi merenkulun liikennöntialueita. Toisaalta ilman tuulivoima-alueiden luokittelua no go -alueiksi merenkululle on olemassa riski siitä, että pienemmät alukset pyrkivät kulkemaan puistojen läpi, kasvattaen siten riskiä törmäyksille voimaloihin. Merialuesuunnitelmaan liittyviä kehitysehdotuksia myös merenkulun suhteen on käsitelty tämän raportin luvussa 2.5.

Tutkavalvonnan ja viestintäyhteyksien toiminnan turvaaminen

Merenkulun liikennöntialueiden läheisyyteen sijoittuvat merituulivoimapuistot lisäävät tutkavalvonnan ja -seurannan tarpeellisuutta. Merituulivoimaloiden sijoittelulla on mahdollista ehkäistä VTS-tutkaan kohdistuvia häiriövaikutuksia, varmistamalla olemassa olevalle VTS-tutkalle esteetön näkyvyys sen valvontasektorille sekä sijoittamalla tuulivoimalat tai tuulivoimapuisto riittävän etäälle VTS-tutkasta (Traficom & Väylävirasto, 2023). Lisäksi nykyistä laajemmalla tutkaverkostolla (mahdollisesti myös tuulivoimaloihin asennettavat lisätutkat, kuten tutkamajakat, raconit) merenkulun turvallisuutta ja sujuvuutta olisi mahdollista parantaa. Esimerkiksi Tahkoluodon merituulivoimapuiston yhteydessä on toteutettu pilottihanke, jossa kompensatiomenetelmän kautta asennettiin uusi VTS-tutka parantamaan tutkanäkyvyyttä alueella.

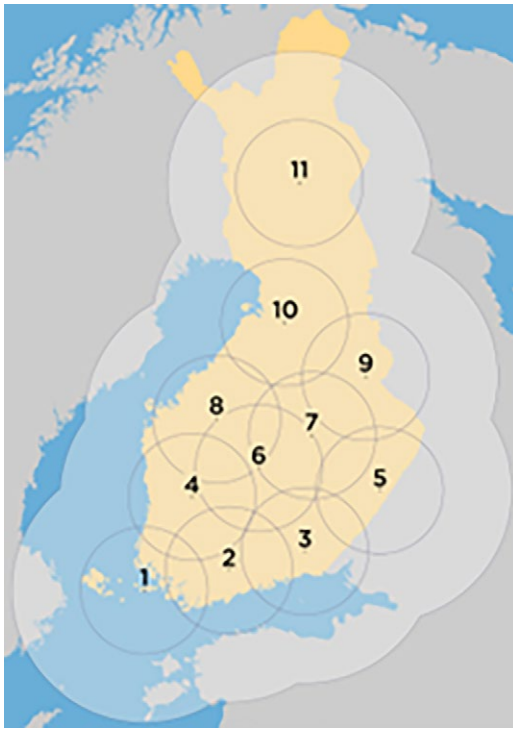
Myös häiriöttömät merenkulkua palvelevat viestintäyhteydet varmistavat turvallisen merenkulun. Sähköisen viestinnän palvelut ovat riippuvaisia radiojärjestelmistä, ja pienilläkin muutoksilla tuulivoimaloiden sijoittelussa voi olla ratkaiseva merkitys alueen radiojärjestelmien toimintaan. Eri osapuolten tulisi tehdä yhteistyötä jo hankkeiden suunnitteluvaiheessa ja pyrkiä valitsemaan tuulivoimaloiden sijainti niin, ettei häiriöitä radiojärjestelmille aiheudu tai siten, että ne ovat poistettavissa.

Radiopaikannusjärjestelmien ja radiolinkkien käyttäjiä, teleoperaattoreita sekä mahdollisia muita radiojärjestelmien käyttäjiä tulisi lisäksi myös aina informoida tuulivoimahankkeesta. (Traficom & Väylävirasto, 2023)

Nykyisellään merituulivoimapuiston mahdolliset häiriövaikutukset merenkulun tutkajärjestelmille, satelliittipaikannukseen ja radionavigointilaitteisiin sekä merenkulun langattomille viestintäverkoille on selvitettävä kattavasti, mikäli hanke sijoittuu alle 1,5 km:n etäisyydelle väyläalueesta. Lisäksi esimerkiksi laajojen tuulivoima-alueiden sijoituksessa väyläalueen molemmin puolin, häiriövaikutusten tapauskohtainen selvittäminen voi olla tarpeellista tätä suurempien etäisyyksien osalta. Mikäli suunniteltava tuulivoimapuisto sijoittuu ulkomerellä reitti-järjestelmän, merenkulun liikennöintialueen tai väylän lähestymisalueen varrelle, hankkeen tutka- ja paikannusvaikutusten selvittämistarve arvioidaan nykyisellään tapauskohtaisesti. (Traficom & Väylävirasto, 2023)

Euroopan meteorologisten laitosten yhteisjärjestön EUMETNET:in säätutkaohjelma OPERA on antanut suosituksen, jonka mukaan tuulivoimaloita ei tulisi sijoittaa alle viiden kilometrin etäisyydelle sellaisista säätutkista, joita muun muassa Ilmatieteen laitos Suomessa käyttää. Lisäksi alle 20 kilometrin etäisyydellä säätutkista tulisi arvioida tuulivoimaloiden vaikutukset säätutkille. Tuulivoima-alueiden määrä, pinta-ala ja turbiinikorkeudet ovat kasvaneet merkittävästi edellä mainittujen etäisyysrajojen määrittämisaikojen kuluessa, minkä vuoksi tuulivoimaloiden haittavaikutusten on todettu lisääntyneen säätutkamittauksissa ja sääpalveluissa. Ilmatieteen laitoksen ohjeistus Suomessa vastaa edellä mainittuja etäisyysohjeita tuulivoimaloiden sijoittelusta. Ilmatieteen laitoksen säätutkaverkossa on nykyisellään 11 tutkaa, joiden mittaukset yhdessä kattavat valtaosan Suomesta (Kuva 3-7). Lisäksi Suomessa käytetään kansainvälisen vaihdon kautta saatavia naapurimaiden tutkakuvia, jotka parantavat tutkapeittoa etenkin merialueilla. (Ilmatieteen laitos, 2023) Mikäli haitallisia vaikutuksia ei voida sijoittelun avulla poistaa, voitaisiin mahdollisuutena pohtia kompensatiomenettelyä menetettyjen sää- tai merihavaintojen edistämiseksi.

Kuva 3-7: Ilmatieteen laitoksen tutkaverkosto. Tutkamittauksen kantama riippuu säätilanteesta. Kesäsateet näkyvät yli 250 kilometrin etäisyydeltä (vaalea alue kuvassa), ja talviset lumisateet noin 120 km päähän (ympyrät kuvassa). (Ilmatieteen laitos, 2023)



Meripelastuksen näkökulmien huomioiminen

Merituulivoimahankkeiden sijoittelu on olennaisessa osassa merenkulun turvallisuuden ja myös meripelastuksen toimintaedellytysten varmistamista. Merenkulun asiantuntijoiden mukaan riittävän tilan jättäminen merenkulun liikennöintialueiden ja merituulivoimahankkeiden välille vähentää lähellä piti -tilanteiden riskiä. Lisäksi myös puistojen ulkoreunojen selkeä rajaaminen (ulkoreunojen sijoittaminen linjaan vieressä kulkevaan merenkulun liikennöintialueeseen nähden) ja tuulivoimaloiden säännönmukainen sijoittaminen yksittäisten puistojen sisällä voivat vähentää merenkulun turvallisuuteen kohdistuvia riskejä. Puistojen suunnittelussa olisi jätettävä riittävästi tilaa pelastustilanteiden operointiin puiston sisällä sijoittamalla voimat säännönmukaiseen kuvioon (diagonaali) siten, että samalla huomioitaisiin myös ilma-aluksille soveltuvat käytävät puiston sisällä. (Traficom & Väylävirasto, 2023) Sijoittelun lisäksi tuulivoimalarakenteita itsessään voidaan hyödyntää meripelastuksen tukena, mm. varustamalla ne lentoestevaloilla ja ohjaamalla voimaloiden valaistusta tarpeen mukaan meripelastuksen navigoinnin ja kohteen tunnistamisen helpottamiseksi.

Mahdollisissa meripelastustilanteissa yhteistyön ja toimintamallien viranomaisten ja puisto-operaattorin välillä on oltava saumattomia ja standardisoituja. Puistojen operaattorien on oltava tavoitettavissa ympäri vuorokauden välittömästi, jotta voimaloiden lavat voidaan tarvittaessa pelastustoimintaa varten pysäyttää. Tämä valmiuden ylläpito nähdään haastateltujen merenkulun turvallisuusammattilaisten mukaan tarpeelliseksi velvoittaa sääntelyssä ja sen toteutumista tulisi myös aktiivisesti valvoa.

Meripelastukseen liittyviä kysymyksiä on käyty läpi ja harjoiteltu yhdessä Tahkoluodon merituulivoimapuiston operaattorin kanssa. Tahkoluodossa muutama hankkeen voimala päädyttiin rajaamaan pois meripelastuksen toiminnan takaamiseksi. Asiantuntijoiden mukaan on ehdottoman tärkeää, että hankkeita suunniteltaessa kuullaan aikaisessa vaiheessa näkemyksiä alan osaajilta, sekä hyödynnetään myös jo Tahkoluodon osalta saatuja oppeja muiden hankkeiden kanssa jatkossa.

3.1.3.2 Yhteistyön ja tiedonvaihdon lisääminen

Yhteistyön ja tiedonvaihdon lisääminen kansallisella tasolla

Vihreän siirtymän EU-tasoisten tavoitteiden ja Suomelle uuden hallitusohjelman mukaisesti määritettävien kunnianhimoisten merituulivoimatavoitteiden saavuttaminen vaatii kompromisseja sekä merenkulun että merituulivoiman osalta. Haastateltujen sidosryhmien yhteisesti jakama näkemys on, että merituulivoiman luomia keskeisiä haitallisia vaikutuksia merenkulkuun voitaisiin vähentää vuorovaikutuksen, yhteistyön ja tiedonvaihdon kehittämisen kautta. Onkin ensiarvoisen tärkeää, että keinoja merenkulun ja merituulivoiman yhteensovittamiseen etsitään aidossa yhteistyössä merenkulun viranomaisten ja hankekehittäjien kesken. Olenaista eri merellisten toimintojen yhteensovittamisen onnistumiselle on hyvin organisoitunut toiminta sekä keskeisten sidosryhmien (mm. hankekehittäjät, valtio/ministeriöt, viranomaiset ja tutkimuslaitokset) etupainotteinen osallistaminen ja näkemyksien kuuleminen hankkeissa, sekä jatkuvan vuoropuhelun ylläpitäminen heidän kanssaan. Yhteisesti hyväksytyjen selkeän vastuunjaon, ajantasaisen tiedonvaihdon, jatkuvan tilannekuvan ylläpidon, riskianalyysien ja -hallinnan, jne. kautta voitaisiin muodostaa yhteiset kansalliset toimintamallit merenkulun ja merituulivoiman yhteensovittamiselle. Myös nykyisellään sirpaleiseksi kootun tiedon kokoamisen eri toimijoiden välillä koettiin voivan hyödyttää kaikkia osapuolia.

Sidosryhmäyhteistyössä ollaan haastattelujen perusteella jo nykyisellään melko aktiivisia ja hankekehittäjiä on myös kannustettu olemaan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa yhteydessä viranomaisiin velvoittavien vaiheiden (mm. luvitus) lisäksi. Yleinen näkemys on, että mitä aiemmin haasteista voidaan keskustella, sitä

paremmin pystytään välttämään ylimääräisen tai korjaavan arvioinnin tekemistä hankekehityksen myöhemmissä vaiheissa. Lisäksi marraskuun 2023 alussa julkaistun merituulivoiman oppaan (Traficom & Väylävirasto, 2023) toivotaan vievän kehitystä yhä enemmän etupainotteisuuden suuntaan.

Keskeinen haastateltujen sidosryhmien esiin tuoma kehitysehdotus on eri ministeriöiden ja hallinnonalojen välisen kokoavan foorumin perustaminen. Lisäksi esimerkiksi Väylävirasto ja Traficom ovat lausunnoissaan esittäneet merituulivoiman ja merenkulun yhteensovittamisen työryhmän perustamista eri merellisten sidosryhmien ja hankekehittäjien välille. Yksi esimerkki kokoavasta foorumista muiden toimijoiden välillä on merellisten turvallisuusviranomaisten käyttämä METO-foorumi (mukana mm. Traficom, Väylävirasto, puolustusvoimat ja Rajavartiolaitos). Lisäksi jo rakennetusta Tahkoluodon merituulivoimapuiston kehityksestä tulisi ottaa hyviä oppeja talteen, sillä sen on todettu olleen hyvä esimerkki mm. Väyläviraston, luotsien (Finnpilot) ja meriliikennekeskuksen kanssa tehdystä yhteistyöstä.

Yhteistyön ja tiedonvaihdon lisääminen maiden välillä

Yhteistyön ja tiedonvaihdon kehittäminen ja lisääminen maiden välillä kansallisen tason lisäksi koettiin haastateltavien sidosryhmien keskuudessa vastaavasti erittäin tärkeäksi, koska käytännössä kummankin maan hankkeet vaikuttavat molempien maiden merenkulkuun. Merenkulku on perusluonteeltaan maiden rajat ylittävää sen turvallisuuden sekä taloudellisen optimaalisuuden saavuttamiseksi. Talvimerenkulku edelleen korostaa yhteensovittamisen tärkeyttä maiden välillä Suomen ja Ruotsin välisen talvimerenkulun yhteistoiminnan valtiosopimuksen vuoksi.

Eryteisesti Pohjanlahdelle merkittäviä määriä merituulivoimaa suunnittelevien Suomen ja Ruotsin välille tarvitaan yksimielisyys ja mekanismit siihen, kuinka maiden talousvyöhykkeiden rajoille sijoittuvat merituulivoimapuistot voidaan sovittaa yhteen merenkulun kanssa, ja kuinka niiden kumulatiiviset vaikutukset voidaan ottaa tasapuolisesti huomioon. Yhteisen suunnittelun kautta voidaan välttää mahdollisten haittavaikutuksien syntyminen toisista suunnitelmista tietämättä. Yhteistyön lisäämisen osalta on keskeistä myös toimia mahdollisimman pian hanke-suunnittelun edetessä, sillä muutoksien tekeminen myöhäisemmässä vaiheessa on todennäköisesti haastavampaa.

Asiantuntijahaastatteluiden perusteella yhteistyötä harjoitetaan maiden välillä yhteisen talvimerenkulun operoimisen lisäksi (mm. tutkimus- ja viranomaisyhteistyö), mutta yhteistyön tason on kuitenkin todettu olevan vaihtelevaa, ja kustakin tahosta riippuvaista. Esimerkiksi viranomaisyhteistyön todetaan olevan monilta osin tiivistä. Toisaalta useiden tahojen mukaan yhteistyö on tällä hetkellä vasta sillä

tasolla, että maiden välisen toiminnan haasteet merituulivoiman ja merenkulun yhteensovittamisen osalta tiedostetaan ja tunnistetaan, mutta maiden välistä keskustelua tarvittavista yhteistyön syventämisen tarpeista saatikka vaadittavista toimenpiteistä ei ole vielä avattu. Useiden asiantuntijoiden näkemyksien perusteella suurin tarve tällä hetkellä olisi erityisesti yksittäisiä toimijoita korkeamman tason, kuten ministeriöiden tason, väliselle keskustelulle ja yhteisten suuntaviivojen vetämiselle ja pelisääntöjen luomiselle hankekehityksen suhteen.

Tällä hetkellä rajat ylittävien hankkeiden maita tulee kuulla asiasta Espoon sopimuksen mukaisesti ympäristövaikutusten arvioinnin (YVA) prosessin aikana. Yleis-sopimus sisältää veloitteen suorittaa tiettyjen toimien ympäristövaikutusten arviointi suunnittelun varhaisessa vaiheessa. Siinä vahvistetaan myös valtioiden yleinen velvollisuus ilmoittaa toisilleen ja neuvotella niistä kaikista merkittävistä hankkeista, joilla on todennäköisesti rajojen yli merkittäviä haitallisia ympäristövaikutuksia. (FINLEX, 1997)

3.1.3.3 Viranomaisvaatimukset vaikutuksien arvioinnille

Keskeisenä osana merituulivoiman ja merenkulun yhteensovittamista toimivat eri viranomaisten vaatimukset vaikutuksien arvioinnille hankekehityksen aikana. Vaikutuksien arviointia tehdään hankkeiden kaavoitusvaiheissa, ympäristövaikutusten arviointimenettelyssä (YVA), vesilain mukaisessa lupamenettelyssä sekä talousvyöhykkeelle sijoittuvien hankkeiden lupamenettelyssä.

Keskeisimpiä eri kaavoitus-, arviointi- ja luvitusprosesseissa vaadittuja kohtia merenkulun huomioimiseksi ovat (Traficom & Väylävirasto, 2023):

- Väyliä, ankkurointialueiden sekä merenkulun suojapaikkojen ja tuulivoima-alueiden välinen lähtökohtainen 1,5 km:n vähimmäisetäisyys, ja asianmukaiset selvitykset mahdollista suojaetäisyyden uudelleenarviointia varten;
- PIANC:in etäisyys-suosituksen soveltaminen ulkomeren merenkulun liikennöintialueiden, väyliä lähystymisalueiden sekä reittijakojärjestelmien ja tuulivoima-alueiden välillä (PIANC, 2018);
- Vaikutukset merenkulun paikannus- ja tutkajärjestelmille, meriliikenteen ohjauksen tutkavalvonnalle sekä merenkulun langattomille viestintäverkoille;
- Vaikutukset merenkulun toimintaedellytyksiin (mm. väyliä ja satamien liikennemäärät) ja merellisen liikennejärjestelmän toimivuuteen, sekä merenkulun ja väyliä käytön turvallisuuteen;

- Vaikutukset erikseen talvimerenkululle ja sen järjestämiseen hankealueella;
- Merenkulun edellyttämät selvitykset kuten riskienarviointi, ja mahdollinen aluksenkäsittelysimulaatio päivänvalo-, yö-, talvi- ja jääolosuhteissa huomioiden voimaloiden sijainnit ja merkinnät meriliikenteen turvallisuuden kannalta;
- Ympäristövahinkojen torjunnan ja meripelastuksen toimintamahdollisuuksien huomiointi tuulivoimapuiston alueella;
- Tuulivoimaloiden merkitseminen IALA:n, Traficom ja Väyläviraston ohjeistusten mukaisesti, huomioiden myös Traficomin ilmailulle tarkoitetun ohjeistuksen voimaloiden päivämerkintään, lentoestevaloihin sekä valojen ryhmytykseen;
- Tuulivoimaloiden vaikutukset lentoliikenteeseen ja lentoturvallisuuteen, ja mahdollinen lentoestelupa;
- Kaapeleiden ja putkijohtojen asettaminen ja merkitseminen vesialueille;
- Valtioiden rajat ylittävien ympäristövaikutusten arviointi Espoon sopimuksen nojalla.

Mikäli haitallisia vaikutuksia arvioidaan syntyvän, huomioidaan eri kaavoitus-, arviointi- ja luvitusprosesseissa lisäksi seuraavat keskeiset seikat (Traficom & Väylävirasto, 2023):

- Mahdollisten toimenpiteiden esittäminen (esim. voimaloiden etäsammutus tai voimaloiden siirto).
- Mahdollisten kompensatiomenettelyjen (uusi VTS-tutka tai tukiasema) sekä jäätilanteen seurantaan soveltuvien kameroiden ja/tai tutkien tarpeen arvioiminen.
- Mahdollisten uusien merenkulun väylä- tai turvalaitteiden (esim. tutkamajakat, jääpoijut, linjataulut ja sektoriloistot) ja olemassa olevien laitteiden uudelleen sijoittamisen tarpeen arviointi tuulivoimapuiston merkinnän tai sen ulkoreunojen havaittavuuden parantamiseksi.

Merenkulkuun liittyvät viranomaisvaatimukset merituulivoimahankkeiden ympäristövaikutusten arviointimenettelyssä

Viimeaikaisena kehityskohtana merenkulun ja merituulivoiman yhteensovittamisen suhteen Traficom ja Väylävirasto ovat koostaneet merituulivoiman hankekehittäjille ympäristövaikutusten arviointimenettelyyn (YVA) sisältyvät viranomaisvaatimukset. Alla esiteltäviä vaatimuksista osaltaan mahdollisesti täydentää aikaisemmin annettuja lausuntoja merituulivoimahankkeista sekä lausunnoissa mainittuja selvitystarpeita. Vaatimusten tarkoituksena on, että tarvittavat selvitykset olisivat

mahdollisimman yhdenmukaisia ja kattavia YVA-selostuksissa. Yleisesti selvityksistä ja niiden yksityiskohdista on sovittava yhteistyössä Traficom ja Väyläviraston kanssa.

YVA:ssa vaaditaan merenkulun liikennöintialueiden muutosten simulointi/selvitys/tarkastelu hankealueella ja sen ympäristössä hankkeen elinkaaren aikana, huomioiden tarvittaessa myös muut lähialueelle sijoittuvat merituulivoimahankkeet. Arvioinnissa tulisi huomioida:

- Meriliikenteen käyttämien liikennöintialueiden mahdolliset muutokset ja tehdä sen mukaan selvitys, kuinka paljon uudet reitit eroavat nykyiseen nähden kuljetussa matkassa, matka-ajassa, polttoaineen kulutuksessa sekä päästöissä;
- Meriliikenteen liikennöintimäärät eri alueilla muuttuneen tilanteen takia, tarvittaessa huomioiden myös ympäröivät hankkeet;
- Mahdollisesti aiheutuvat liikennöintialueiden tihentymät, meriliikenteen solmu- ja risteyskohdat, tarvittaessa huomioiden myös ympäröivät hankkeet; sekä
- Meriliikenteen turvallisuusmuutokset ja ympäristöriskit.

Lisäksi on erikseen huomioitava hankkeen vaikutukset talvimerenkulkuun, suorittamalla edellä esitettyjen selvitysten tarkastelu erikseen talvikuukausien osalta (sisällyttäen ainakin talvi 2010–2011 tarkasteluun), jotta avustuskauden aiheuttamat muutokset alusten käyttämiin reitteihin tulevat huomioiduksi. Arviointiin sisältyvät edellisten vaatimuksien lisäksi arviointi hankealueen ja tarvittaessa muiden hankkeiden vaikutuksista avustusmatkoihin ja näistä aiheutuviin päästöihin Väyläviraston määrittämien alueiden ja satamien välillä. Lisäksi hankekehittäjän on annettava Väylävirastolle riittävät tiedot, jotta se voi selvittää hankealueen vaikutukset jäänmurron järjestämiseen alueella.

Liikennöinnin lisäksi YVA:ssa on huomioitava hankkeen vaikutukset alusten tutkiin (huomioiden myös jäänavigoinnin), olemassa oleviin VTS-tutkiin ja merenkulun langattomille viestintäverkoille, matkaviestiverkkoihin, satelliittipaikannukseen ja radionavigointilaitteiden ym. merenkululle ja liikenteenohjaukselle tärkeiden langattomien viestintäverkkojen toimintaan. On suositeltavaa, että hankekehittäjä olisi yhteydessä kaikkiin tiedossa oleviin radiojärjestelmien omistajiin lähialueilla. Riittävänä koordinoitietäisyytenä on pidetty noin 30 kilometriä.

Hankkeesta vastaavan tulee olla yhteydessä myös Rajavartiolaitokseen sekä alueelliseen pelastuslaitokseen mm. vaikutuksista meriturvallisuuteen, meripelastukseen sekä ympäristövahinkojen torjuntatoimiin. Lisäksi esimerkiksi voimaloiden sijoittelu diagonaaliin ja alueen kokonaislaajuus sekä mahdolliset ilma-aluksille jätettävät aukot/käytävät merituulivoima-alueelle on käytävä läpi Rajavartiolaitoksen kanssa.

Kaapelikäytävien ja putkien reitityksen hankealueelta tulee ottaa huomioon merenkulun käyttämät reitit, väylät ja merenkulun turvalaitteet. Kaapelia tai putkea ei saa asettaa ankkurointialueille tai -paikoille, lastinsiirtoalueille eikä merenkulun suoja- paikkoihin. Näiden alueiden läheisyyteen suunnitellun kaapelin linjaus tulee sopia tapauskohtaisesti kaapelinasettajan, väylän ylläpitäjän ja Traficomien kesken. Väylät ja tiheästi liikennöidyt alueet tulee alittaa mahdollisimman syvässä vedessä ja mahdollisimman lyhyesti.

Mikäli merenkulun viranomaiset katsovat tarpeelliseksi, hanketta tulee tarkastella merenkulkusimulaattorissa, jossa tarkastellaan suunnitellun hankkeen visuaalisia vaikutuksia merenkulkuun (mm. turvalaitteet). Simulointimallinnus voidaan muista vaatimuksista poiketen toteuttaa vasta hankkeen edettyä tarkempaan suunnitteluvaiheeseen, jossa tuulivoimaloiden sijainti on määritelty jo melko tarkasti. Mahdollisia karttatarkasteluja on syytä tehdä mahdollisuuksien mukaan jo aiemmin yllätysten välttämiseksi.

3.1.4 Yhteenveto ja johtopäätökset

3.1.4.1 Tunnistetut keskeiset vaikutukset merenkulkuun

Merituulivoimahankkeet voivat vaikuttaa merenkulun käyttämiin liikennöinti-alueisiin estäen merenkulun mahdollisuuksia käyttää suoraviivaisimpia ja yhtenäisimpiä reittejä verrattuna nykytilanteeseen. Vaihtoehtojen väheneminen ja aiempaa epäoptimaalisemmat reitit heijastuvat lisäkustannuksiin ja päästöihin, merenkulun pullonkaulautumiseen sekä vaikuttavat myös merenkulun turvallisuuteen. Lisäksi suunnitellut hankkeet vesiväylien edustoille voivat haitata väylien käyttöä ja vaikuttaa satamien saavutettavuuteen niiden kautta. Vaikutuksien merkittävyys riippuu mm. merialueesta, puistojen laajuudesta, voimaloiden määrästä ja sijoittelusta. Pohjanlahden Merenkurkku ja Perämeri ovat yleisesti haastavimpia alueita merituulivoiman ja merenkulun yhteensovittamisen kannalta.

Keskeinen haaste merituulivoiman talvimerenkulkuun kohdistamien vaikutusten suhteen on tutkimustiedon sekä käytännön kokemusten puute, minkä vuoksi vaikutusten mekanismeista ja laajuudesta ei ole varmuutta. Erityisesti jäiden käyttäytyminen puistojen yhteydessä ja tästä potentiaalisesti aiheutuvat vaikutukset

talvimerenkulkuun vaativat lisää tutkimustietoa. Suomi on pioneerin asemassa jääolosuhteiden tutkimisessa ja mallintamisessa, koska merituulivoimaa ei jäätyvillä merialueilla Tahkoluodon lisäksi ole.

Talvimerenkulun reitit poikkeavat avovesiaikaisesta verrattain suoraviivaisesta liikennöinnistä, jolloin merituulivoimapuistot voivat estää kulloistenkin jääolosuhteiden mukaan soveltuvimpien reittien käytön. Tämä lisää mm. talvimerenkulun häiriöherkkyyttä, riskiä alusten vahingoittumisesta ja kustannuksia. Lisäksi merituulivoimahankkeet luovat riskin talvimerenkulun avustuksen odotusalueiden vähenemisestä, vaikuttaen siten merenkulun turvallisuuteen. Hankkeiden nähdään lisäävän alusten luotsauksen tarvetta, ja on odotettavissa, että merituulivoima tulee kasvattamaan myös jäänmurtokapasiteetin tarvetta tulevaisuudessa. Hankekehittäjien näkökulmasta vastaavat haasteet puolestaan koskevat merituulivoimapuistojen vesitse suoritettavaa ylläpitoa ja huoltoa. Lisäksi merituulivoiman hankekehittäjien ja merenkulun viranomaisten näkemykset merenkulun tarvitsemista liikennöintialueista poikkeavat toisistaan. Hankekehittäjien toiveena on nykyisen merialuesuunnitelman merenkulun liikennöintialueiden tarkempi määrittely, kun taas merenkulun viranomaisten näkemyksien mukaan nykyinen merialuesuunnitelma ei juuri huomioi talvimerenkulun reittejä, sillä ne jäävät tiheimmin liikennöityjen alueiden varjoon.

Merituulivoimapuistot voivat vaikuttaa sekä alusten että meriliikenteen ohjauksen tutkajärjestelmiin, säätutkiin, sekä radiotaajuuksien käyttöön varjostus- tai heijastusvaikutuksien kautta, vaikeuttaen mm. tutkasignaalien tulkintaa, aiheuttaen katvealueita ja häiriten meriliikenteen kokonaiskuvan muodostamista. Vaikutukset ovat kuitenkin hyvin tapauskohtaisia, riippuen mm. käytetyistä laitteistoista ja havaittavien alusten muodoista.

Kulkeminen merituulivoimapuistojen läheisyydessä heijastuu merenkulun turvallisuuteen, aiheuttaen mm. riskin alusten törmäämiselle voimaloihin, sekä alusten keskinäisiin törmäyksiin. Nämä riskit korostuvat entisestään jääolosuhteiden valitessa. Lisäksi on mahdollisuus suuremmalle ympäristövahinkojen riskille. Merituulivoimapuistot tulevat vaikeuttamaan erityisesti ilma-aluksilla suoritettavia pelastustehtäviä. Myös vesitse toimiminen vaatii riittävää tilaa ja käytäviä pelastustoiminnan mahdollistamiseksi.

Merituulivoimahankkeiden koordinointi nykyisen lainsäädännön piirissä Suomen talousvyöhykkeellä ei ole mahdollista vastaavaan tapaan kuten aluevesillä, johtaen siten moniin päällekkäisiin tai vierekkäisiin hankkeisiin. Viranomaisten on nykyisellään hankala ohjata suunnitelmia tasavertaisesti, vaikka merenkulun toimintaedellytysten säilyttämisen suhteen hankkeita tulisi nimenomaan arvioida yhtenä

kokonaisuutena. Hankkeet voivat lisäksi kohdistaa edellä mainittuja haitallisia vaikutuksia myös Suomen rajanaapureille sekä maiden talousvyöhykkeiden rajoilla toimimiselle rajat ylittävästi. Rajat ylittävään hankkeiden koordinoimiseen ei ole olemassa selviä pelisääntöjä, ja yhteistyön naapurimaiden välillä koetaan olevan puutteellista. Huolena on, että ellei kehitystä koordinoita yhteistyössä tarpeeksi ajoissa ja korkealla tasolla, merituulivoiman kehittämisestä voi syntyä kilpajuoksu maiden välille.

3.1.4.2 Potentiaaliset vaikutuksien arviointi- ja mallinnusmenetelmät paremman tiedon tuottamiseksi päätösten pohjalle

Merenkulun ja merituulivoiman yhteensovittamisen suhteen on tunnistettu selkeä tarve tutkimustiedon lisäämiselle (erityisesti talvimerenkulun suhteen), sekä paremman tiedon avulla johdettujen arviointi- ja mallinnusmenetelmien sekä työkalujen kehittämiseksi. Nykyisellään tietoa vaikutuksien mekanismeista ja laajuudesta on vähän, ja kansainvälisiä tutkimuksia voidaan soveltaa Suomen erityispiirteiden (mm. jääolosuhteet) takia vain harkiten.

Keskeisimmät vaikutukset, joiden arviointiin ja menetelmien kehittämiseen tulisi jatkossa keskittyä, ovat jääkentän käyttäytyminen merituulivoimapuistojen vaikutuksesta, eri tekijöiden, erityisesti talviolosuhteiden, vaikutukset riittävien merenkulun turvaetäisyyksien määrittämiseen, vaikutukset merenkulussa käytettävien tutka- ja radiojärjestelmien toimintaan, sekä vaikutukset ilmailikenteen turvalliseen järjestämiseen puistojen keskellä.

Edellä esitettyihin keskeisiin arviointi- ja mallinnustarpeisiin on jo Suomessa olemassa kertynyttä osaamista ja kehitystä käynnissä, mm. seuraavien hankkeiden/sidosryhmien kautta: WindySea-hanke, Aalto-yliopiston jääosaaminen, VTT:n tutkimusryhmät ja hankkeet kuten IceWind, Aboa Maren Tahkoluodon simulaattorimallinnukset, luotsaussimulaatiot, liikenteenohjauksen VTS-simulaatiotyökalut, alusten AIS-dataan perustuvat mallinnukset, erinäiset riskianalyysityökalut- ja metodit sekä jatkuvan meriliikenteen tilannekuvan ylläpitäminen. Aiemmin kertynyt osaaminen ja menetelmät tulisi sovittaa soveltuvissa osin yhteen/hyödyntää/jatkojalostaa jatkossa uusien menetelmien kehittämisen tukena.

Ideaalinen malli vaikutusten arviointiin on yhdistelmä asiantuntija-arvioita sekä dataan perustuvaa tietoa. Vaikutuksien arviointi merenkululle tulisi toteuttaa huomioiden laajemmin yhteis- ja kumulatiiviset vaikutukset hankekohtaisuuden sijaan, sekä luoda pelisäännöt yhteisvaikutuksien arvioinnille sekä hankkeiden että myös naapurimaiden välillä. Mallinnuksien ja simulaatioiden lisäksi tarvitaan myös

käytännön olosuhteissa testaamista. Tätä varten on luotava jo ennakoiden suunnitelma siitä, kuinka vaikutusten seuranta hankkeiden yhteydessä toteutetaan, ja kuinka kokemuksia voidaan parhaiten hyödyntää jatkossa.

3.1.4.3 Toimenpiteitä merenkulkuun kohdistuvien haitallisten vaikutusten vähentämiseksi

Merituulivoimahankkeiden huolellinen sijoittelu on tehokkain tapa ehkäistä ja vähentää merenkululle aiheutuvia haitallisia vaikutuksia. Merenkulun näkökulmasta merialuesuunnitelma on nykyisellään ainoa työkalu talousvyöhykkeen alue-suunnittelun ohjaamiseen. Merituulivoimalle nähdäänkin tarve luoda kokonaisvaltainen sijoittelusuunnitelma, jossa merenkulun liikennöintialueet voidaan osoittaa merialuesuunnitelmassa alueiksi, jonne merituulivoimaa ei voida sijoittaa. Lisäksi merialuesuunnitelmaan sitoutumista tulisi aiemmin mainituilla tavoilla (Luku 2.7) edistää, jotta hankesuunnittelu ei jatkossa ylittäisi merenkulun liikennöinti-alueita. Hankkeiden sijoittelua tulee koordinoita jo mahdollisimman aikaisessa vaiheessa hankekehitystä, sillä eri hankkeiden yhteisvaikutukset lopulta määrittävät niiden merkityksen merenkululle.

Hankkeiden suunnittelussa tulee huomioida eri merenkulun liikennöintialueiden ja satamien esteetön käyttö turvallisen ja sujuvan merenkulun edellytyksien ylläpitämiseksi. Toimintaedellytykset huomioidaan käytännössä riittävin turvaetäisyyksin tuulivoimapuistojen ja merenkulun käyttämien eri liikennöintialueiden välillä, sekä tuulivoimaloiden keskinäisen sijoittelun kautta. Lisäksi tulee varmistaa eri liikennöintialueiden välinen yhtenäisyys aina satamista ulkomeren reiteille saakka. Mahdollisia kehityskohtia jatkossa huomioitavaksi ovat mm. vesiväylien pidentäminen, väylien lähestymisalueiden leveyden määrittely, turvaetäisyyksien ohjearvojen soveltaminen Suomen erityispiirteet huomioon ottaen, reittijakojärjestelmän laajentaminen, talousvyöhykkeiden rajan vapaaksi jättäminen, sekä myös merituulivoimapuistojen kaapelointien ja putkien sijoittelu mahdollisimman pienin haittavaikutuksin.

Talvimerenkulun suhteen hankkeiden sijoittelun tulee huomioida jääolosuhteissa toimimisen erityisvaatimukset, kuten jäänmurron odotusajat, avustuksen odotusalueiden säilyminen ja suuremmat turvaetäisyydet. Mahdollisina kehitysehdotuksina voitaisiin harkita mm. hankkeiden sijoittelua merialueilla rypäyttäin jättäen väliin tarvittavia turva-alueita, sekä tarvetta rajoittaa oikeutta kulkea puistojen läheisyydessä ilman avustusta erityisen ahtaissa tai haastavissa kohdissa. Osana tarvittavaa ratkaisua tulisi myös todennäköisesti olla jäänmurtokapasiteetin kasvataminen jo ennakoiden, sillä kapasiteetin lisääminen vie aikaa.

Huolellisella sijoittelulla on myös mahdollista ehkäistä tutka- ja radiojärjestelmiin kohdistuvia häiriövaikutuksia, varmistamalla havaintojärjestelmille esteetön näkyvyys ja puistojen sijoittuminen riittävän etäälle järjestelmistä. Lisäksi laajemmalla tutkaverkostolla on mahdollista parantaa merenkulun turvallisuutta ja sujuvuutta, mikäli sitä ei sijoittelun kautta saavuteta.

Riittävän turvaetäisyyden jättäminen, puistojen alueiden selkeä rajaaminen ja tuuli-voimaloiden säännönmukainen sijoittelu voivat vähentää merenkulun turvallisuuteen kohdistuvia riskejä ja mahdollistaa ilma-aluksien toiminnan puistojen alueilla. Pelastustilanteissa yhteistyön viranomaisten ja puisto-operaattorin välillä on oltava saumatonta ja toimintamallien standardisoituja.

Vihreän siirtymän EU-tasoisten tavoitteiden ja Suomelle uuden hallitusohjelman mukaisesti määritettävien kunnianhimoisten merituulivoimatavoitteiden saavuttaminen vaatii kompromisseja sekä merenkulun että merituulivoiman osalta. On ensiarvoisen tärkeää, että keinoja merenkulun ja merituulivoiman yhteensovittamiseen etsitään tiiviissä yhteistyössä merenkulun viranomaisten ja hankekehittäjien kesken, käyden tiivistä vuoropuhelua ja pyrkien yhteisten ratkaisumallien löytämiseen. Keskeistä on hyvin organisoitunut toiminta, keskeisten sidosryhmien etupainotteinen osallistaminen ja näkemyksien kuuleminen, sekä jatkuvan vuoropuhelun ylläpitäminen, esimerkiksi yhteensovittamiseen keskittyvän työryhmän perustamisen kautta. Lisäksi olennaisena osana yhteensovittamista toimivat viranomaisten vaatimukset vaikutuksien arvioinnille hankekehityksen eri vaiheissa. Merituulivoimahankkeiden vaikuttaessa merenkulkuun rajat ylittävästi, on tarve yhteistyön kehittämiseksi myös maiden rajat ylittävästi. Erityisesti Suomen ja Ruotsin välille tarvitaan yksittäisten viranomaistahojen lisäksi korkeamman tason yhteiset pelisäännöt sille, kuinka talousvyöhykkeiden rajoille sijoittuvat sekä Pohjanlahden merenkulkuun kokonaisuutena vaikuttavat merituulivoimapuistot ja merenkulku voidaan sovittaa tasapuolisesti yhteen.

3.2 Merituulivoimahankkeiden yhteensovittaminen Puolustusvoimien aluevalvonnan kanssa

Suomen Puolustusvoimilla on aluevalvontalakiin (755/2000), valtioneuvoston asetukseen aluevalvonnasta (971/2000) ja Puolustusvoimista määrättyyn lakiin (551/2007) perustuva velvollisuus valvoa Suomen koskemattomuutta ja turvata sitä (Puolustusvoimat, Tuulivoimaloiden lausuntoprosessi, 2023). Puolustusvoimat valvoo Suomen maa- ja merialueita sekä ilmatilaa turvaten alueellisen koskemattomuuden kuten aluevalvontalaissa on säädetty. Aluevalvontalain 2 §:n mukaan

Suomen alueellisen koskemattomuuden turvaamisella tarkoitetaan aluevalvontaviranomaisten toimintaa Suomen rajoilla alueloukkausten ehkäisemiseksi ja torjumiseksi.

Merituulivoima ja aluevalvonta on voitava yhteensovittaa aluevalvonnan suorituskyvystä tinkimättä, jotta Puolustusvoimat voi täyttää edellä mainitut velvoitteensa. Merituulivoimapuistot voivat maatuulivoiman tapaan häiritä Puolustusvoimien suorittamaa aluevalvontaa niiden aiheuttamien erinäisiin tutka- ja sensorijärjestelmiin kohdistamien häirtavaikutuksien kautta. Vaikka yhteensovittamisen haasteisiin on jo perehdytty maatuulivoimaa Suomeen rakennettaessa, on aiheen osalta silti vielä olemassa kehityskohtia, joiden ratkaiseminen on haastavaa kahdesta, käytännössä vastakkaisesta syystä: heikentämättä aluevalvonnan suorituskykyä ja toisaalta rajoittamatta merituulivoiman rakentamista.

Tämä selvityksen osio kokoaa yhteen keskeisten aihealueiden alle eri osapuolten näkemyksiä niin Puolustusvoimien aluevalvonnan ja merituulivoiman yhteensovittamisen onnistumisista, haasteista kuin kehitysmahdollisuuksista jatkossa. Työn tavoitteena on lisätä Puolustusvoimien ja hankekehittäjien välistä ymmärrystä aiheesta, jotta merituulivoiman rakentamisen esteet ja mahdollisuudet olisivat eri osapuolien välillä mahdollisimman selkeitä.

Viimeaikaisimmissa selvityksissä, kuten ”VN TEAS Tuulivoimarakentamisen edistäminen – keinoja sujuvaan hankekehitykseen ja eri tavoitteiden yhteensovitukseen” -raportissa ja selvitysmies Arto Rädyn ”Itäisen Suomen tuulivoimarakentamisen tehostaminen” -raportissa on Puolustusvoimien ja -ministeriön mukaan pureuduttu aluevalvonnan ja tuulivoiman yhteensovittamiseen pitkälti niin syvälle kuin julkisissa raporteissa voidaan maanpuolustuksellisista syistä mennä (VN TEAS, 2021; Rätty, 2023). Merituulivoimaan ei selvityksissä kuitenkaan ole perehdytty erityisesti, ja toisaalta Puolustusvoimien suorittamaan pinnanalaiseen valvontaan ei voida julkisessa työssä salassapidollisista syistä perehtyä. Keskeistä on huomioida, että Suomen geopoliittinen sijainti suoraan Venäjän naapurimaana asettaa Suomelle monia muita maita suuremmat vaatimukset aluevalvonnan suorituskyvyn varmistamiselle, ja siten Suomessa ei voida esimerkiksi ottaa suoraan mallia muiden maiden ratkaisuista aluevalvonnan ja merituulivoiman yhteensovittamiseksi.

3.2.1 Eri osapuolten näkemykset merituulivoiman ja aluevalvonnan yhteensovittamisesta

3.2.1.1 Lausuntoprosessi

Käytännössä kaikki tuulivoimarakentaminen Suomessa tarvitsee Puolustusvoimien aluevalvontavaikutuksia koskevan puoltavan lausunnon. Lausuntopyyntöön vaaditaan tuulivoiman hankekehittäjältä voimaloiden tarkat sijainnit ja dimensiot, joihin voidaan myöhemmin tehdä vain vähäisiä muutoksia ilman tarvetta uuden lausunnon hakemiselle. Lausuntoprosessi noudattaa käytännössä seuraavaa rakennetta (Puolustusvoimat, 2023):

1. Puolustusvoimat antaa lausunnon sekä kaavoitukseen liittyen, että erikseen tuulivoimahankkeiden aluevalvontavaikutuksista. Eräissä tapauksissa on tarpeen myös ympäristövaikutusten arviointimenettelyyn (YVA) liittyvä lausunto. Kaavoitukseen ja YVA-menettelyyn lausunnon antaa Puolustusvoimien logistiikkarykmentti ja aluevalvontavaikutuksiin Pääesikunnan operatiivinen osasto.
2. Puolustusvoimat antaa erikseen pyydettyä omat erilliset lausunnot aluevalvonnan eri sensorijärjestelmiin kohdistuvien vaikutusten tarkemmasta selvittämistarpeesta ja tuulivoimahankkeiden hyväksyttävyydestä Puolustusvoimien kannalta. Tarvittaessa hankkeesta on teetettävä sensorivaikutusten haittavaikutuslaskenta Teknologian tutkimuskeskus VTT:llä. Arvion tarkemman selvityksen tekemisen tarpeesta tekee Pääesikunnan operatiivinen osasto saatuaan tarvittavat tarkemmat tiedot (tuulivoimaloiden maksimikokonaiskorkeudet, sijoituspaikan koordinaatit ja lukumäärät) suunnitelluista tuulivoimaloista. Mikäli VTT:n selvitys tarvitaan, tulee se tehdä viimeistään hankkeen yksityiskohtaisessa suunnittelussa. Puolustusvoimien lausunto aluevalvontavaikutuksista on maksuton. VTT:n laskenta puolestaan on maksullinen ja sen teettäminen on hanketoimijan vastuulla.
3. Yli 50 metriä (kokonaiskorkeus maanpinnasta) korkeista tuulivoimaloista tulee aina pyytää erillinen lausunto Pääesikunnalta koko kunnan alueella. Myös alle 50 metriä (kokonaiskorkeus maanpinnasta) korkeista pientuulivoimaloista tulee pyytää Pääesikunnan lausunto, mikäli kiinteistö mille voimala rakennetaan, rajoittuu Puolustusvoimien käytössä olevaan alueeseen.
4. Tuulivoimatoimijan tulee pyytää myös Rajavartiolaitokselta lausunto Suomen merialueille suunnitelluista tuulivoimahankkeista, koskien sekä aluevesiä että talousvyöhykettä.

5. Jos toteutettavien tuulivoimaloiden korkeus kasvaa yli 10 metriä, voimaloiden lukumäärä kasvaa tai sijoittelu poikkeaa enemmän kuin 100 metriä niistä tiedoista, joilla Pääesikunnan operatiivinen osasto on antanut lausunnon hankkeen lopullisesta hyväksyttävyydestä, tulee hanketoimijan hakea Pääesikunnalta uusi lausunto hyväksyttävyydestä. Myös tapauksessa, jossa muutokset ovat pienemmät kuin yllä on esitetty, tulisi muutoksista tiedottaa Pääesikunnan operatiivista osastoa, jotta se saa oikeat koordinaatit tietoonsa. Uutta lausuntoa ei tarvita alle 100 metrin siirrosta, pois lukien VTT:n arvioimat hankkeet.

Koska lausuntoprosessi vaatii näkemyksen monelta eri taholta, ja se on käytännössä elinehto tuulivoimahankkeen toteutumiselle, pyritään lausuntoprosessiin ryhtymään mahdollisimman aikaisessa vaiheessa hankekehitystä. Suomen aluevesillä toteutetaan käytännössä samaa sääntelyä kuin maatuulivoimaloissa, mutta talousvyöhykkeellä on voimassa osin eri säädäntö. Talousvyöhykkeelle sijoittuvat merituulivoimalat edellyttävät talousvyöhykelain mukaista valtioneuvoston suostumusta alueen hyödyntämiseen ja rakentamiseen. Valtioneuvosto kuitenkin ottaa Puolustusvoimien kannan huomioon päätöksenteossaan talousvyöhykkeelle rakennettavasta merituulivoimasta. (ELY-keskus, 2023)

Yleisesti ottaen sekä maa- että merituulivoimahankkeet ovat saaneet merkittävästi puoltavia lausuntoja, tiettyjä maa- ja merialueita lukuun ottamatta. Puolustusvoimien Pääesikunnan operatiivisen osaston jakamien tilastojen mukaan vuosina 2011–2023 (30.11.23 asti) yli 26 400 tuulivoimalaa sai Puolustusvoimilta myönteisen lausunnon yhteensä noin 36 500 voimalasta, puoltavien päätöksien osuuden ollessa siten noin 72 % (Taulukko 3-2).

Taulukko 3-2: Puolustusvoimien Pääesikunnan operatiivisen osaston antamat lausunnot vuosina 2011–2023 (30.11.2023 asti)

Vuosi	Puolletut (kpl)	Kielteiset (kpl)	Puolletut (%)
2011	324	64	84 %
2012	1 297	94	93 %
2013	1 577	196	89 %
2014	1 944	278	87 %
2015	1 362	82	94 %
2016	386	148	72 %

Vuosi	Puolletut (kpl)	Kielteiset (kpl)	Puolletut (%)
2017	167	69	71 %
2018	191	15	93 %
2019	1 092	212	84 %
2020	2 460	429	85 %
2021	3 797	542	88 %
2022	6 274	4 246	60 %
2023 (30.11.2023 asti)	5 543	3 736	60 %
Yhteensä	26 414	10 111	72 %

Myönteisen päätöksen saaneista voimaloista noin 5 500 (49 hanketta) on koskenut merituulivoimaloita, kun vastaavana ajanjaksona noin 1 800 merituulivoimalaa (22 hanketta) on saanut kielteisen lausunnon (Taulukko 3-3). Puoltavia lausuntoja on Puolustusvoimien mukaan annettu vain merituulivoimalle, jota on suunniteltu Perämerelle, Ahvenanmaan pohjoispuoleiselle alueelle. Ahvenanmaan pohjoispuolella vain muutama hanke on saanut kielteisen lausunnon, joiden syynä on ollut niiden suunniteltu sijainti merivoimien harjoitusalueiden ja Lohtajan alueen yhteyteen.

Potentiaalisimmat alueet tuulivoimalle sijaitsevat Puolustusvoimien Pääesikunnan operatiivisen osaston puoltamien lausuntojen perusteella Länsi- ja Pohjois-Suomessa, sekä Suomen merialueilla (Taulukko 3-3). Tämä johtuu muun muassa Etelä- ja Itä-Suomen aluevalvontarajoitteista, sähköverkon kapasiteetin rajoitteista Itä-Suomessa ja siitä, että tuulivoimalle on lähtökohtaisesti paremmat tuuliolosuhteet Länsi- ja Pohjois-Suomessa sekä merialueilla. Merituulivoimahankkeet ovat kuitenkin vielä suhteellisen pienessä roolissa tuulivoimaa kokonaisuutena tarkasteltaessa hankemäärien suhteen, vaikka merituulivoimahankkeet ovatkin keskimääräiseltä voimalamäärältään merkittävästi maatuulivoimahankkeita laajempia.

Taulukko 3-3: Puolustusvoimien Pääesikunnan operatiivisen osaston puoltamat hankkeet ja voimat alueittain vuosina 2011–2023 (30.11.2023 asti)

Alue	Puolletut hankkeet (kpl)	Puolletut voimat (kpl)	Kielteiset hankkeet (kpl)	Kielteiset voimat (kpl)	Puolletut voimat (%)
Lappi	112	2 481	121	3 652	40 %
Pohjois-Suomi (Pohjois-Pohjanmaa ja Kainuu)	355	7 290	105	2 363	76 %
Länsi-Suomi	557	9 154	37	727	93 %
Itä-Suomi	91	1 432	76	1 045	58 %
Etelä-Suomi	72	581	54	521	53 %
Merialueet	49	5 476	22	1 803	75 %
Yhteensä	1 236	26 414	415	10 111	72 %

Lausunnossaan Puolustusvoimat joko puoltaa tai on puoltamatta tuulivoimahanketta avaamatta lausunnon taustalla olevia tarkempia maanpuolustuksellisia ja salassa pidettäviä syitä. Hankekehittäjien haastatteluiden perusteella tiedon salassapidon perusteet ymmärretään, mutta salassapito voi kuitenkin luoda tilanteita, joissa hankekehittäjä ei ymmärrä hankkeen kieltävän päätöksen syitä, ja sitä voisiko hankesuunnitelmaa jollain tavalla muokkaamalla (mm. pienempi määrä tuulivoimaloita tai voimaloiden siirtäminen eri paikkaan) olla mahdollista saada hankkeelle puoltava lausunto. Kieltävästä lausunnosta puuttuvat perustelut luovat siten vaikutelman lausuntoprosessin yksipuoleisuudesta joidenkin hankekehittäjien mielestä.

Vaikka lausuntoprosessi voidaan kokea haastavaksi joidenkin hankkeiden kohdalla, on prosessi kuitenkin yleisesti hankekehittäjien näkemysten mukaan koettu reiluksi ja ymmärrettäväksi aluevalvonnan suorituskyvyn edellytysten turvaamiseksi. Lisäksi edellä esitellyt tilastot puollettujen hankkeiden lukumäärästä tukevat näkemystä siitä, että lausuntoprosessi on pääosin toimiva. Puolustusvoimat on myös lausuntoprosessin yhteydessä jo jonkin aikaa soveltanut ns. minimihanke-menettelyä erityisesti maatuulivoiman osalta, jossa se on käynyt keskusteluja hankekehittäjien kanssa ja indikoinut kielteisen lausunnon kohdalla, onko hanketta muokkaamalla (esim. tuulivoimaloiden erilaisella sijoittamisella tai pienemmällä määrällä) ylipäänsä mahdollista saada myönteinen lausunto vai onko se täysin

poissuljettua. Keskustelujen avaaminen kuitenkin edellyttää aktiivisuutta, yhteydenottoa ja muutosehdotuksia hankekehittäjien toimesta, sillä Puolustusvoimat ei voi osoittaa toimijoille vaihtoehtoisia hankesuunnitelmia. On myös huomioitava, että Puolustusvoimat ei voi taata keskustelua kaikista kielteisen lausunnon saaneista hankkeista, mikäli se ei ole maanpuolustuksellisten syitten takia mahdollista.

Haastatteluissa eri osapuolien välillä on nostettu esiin joitakin lausuntoprosessiin liittyviä mahdollisia kehitysehdotuksia. Yhtenä kehitysehdotuksena nostettiin esiin mahdollisuus siitä, voisivatko hankekehittäjät toimittaa lausuntoprosessiin vaihtoehtoisia hankesuunnitelmia samalle hankealueelle, mutta esimerkiksi erilaisilla voimamäärillä ja sijoitteluilla. Puolustusvoimat voisi siten osoittaa lausuntoprosessiin toimitettujen vaihtoehtojen joukosta aluevalvonnan tarpeita parhaiten palvelevan vaihtoehdon. Tämänkaltaisen menettely voisi parantaa myönteisen lausunnon saamisen mahdollisuuksia, mutta käänköpuolena ilman lisäresursseja lausuntoprosessi venyisi nykyistä pidemmäksi lausuttavien hankkeiden määrän kasvaessa.

Toinen haastatteluissa esille noussut kehitysehdotus oli muutospyyntöjen (uuden lausunnon vaatimus, mikäli tuulivoimaloiden korkeus kasvaa yli 10 metriä, voimaloiden määrä kasvaa tai sijoittelu poikkeaa enemmän kuin 100 metriä puolletun lausunnon tiedoista) priorisointi jo aiemmin puolletuille hankkeille, sillä on tavallista, että tuulivoimaloiden määrät, korkeudet ja sijainnit tarkentuvat hankesuunnittelun edistyessä, vaati siten uutta lausuntoa. Tämänkaltaisen menettelyn nähtiin voivan nopeuttaa niiden hankkeiden toteuttamista, jotka ovat jo pidemmällä hankekehityksen suhteen ja siten todennäköisemmin toteutumassa. Kehitysehdotuksen haasteena on kuitenkin se, että Puolustusvoimat ei lausuvana viranomaisena voi kohdella hankkeita eriarvoisesti priorisoimalla niitä keskenään.

3.2.1.2 Aluevalvontajärjestelmä

Puolustusvoimat (ja Rajavartiolaitos) valvovat Suomen alueellista koskemattomuutta monitasoisella aluevalvontajärjestelmällä, joka muodostuu erilaisista tutka- ja sensorijärjestelmistä sekä aistinvaraisista menetelmistä partioimalla Suomen maa- ja merialueiden sekä ilmatilan rajoja. Suomessa tutkavalvonta nojaa vahvasti ensiotutkateknologiaan, jossa tutka havaitsee kohteen siitä heijastuneesta signaalista. Ensiötutkavalvontaa täydennetään muilla järjestelmillä, havainnoilla ja tiedoilla, kuten toisiotutkalla, joka puolestaan vastaanottaa signaalin perustuen kohteen transponderin lähettämiin tietoihin. Eri valvontamuotojen yhdistelmillä, mm. tarvittaessa valvontalentojen avulla voidaan lisäksi laajentaa ajallisesti tai paikallisesti valvottavaa aluetta. Merituulivoimalat- ja puistot voivat luoda kielteisiä vaikutuksia näiden valvontajärjestelmien toimintaan, aiheuttaen mm. katvealueita, välkettä, harhamaaleja, kyllästymistä vastaanottimissa ja kantaman lyhenemistä

tutkille sekä häiritsemällä tutka- ja sensorijärjestelmistä saatavien havaintojen kattavuutta. Lisäksi merituulivoimapaistot voivat hankaloittaa huoltovarmuuden tai kriittisen meri-infrastruktuurin turvaamista varsinkin ruuhkaisilla merialueilla ja erityisesti talvella jääolosuhteissa. Puolustusvoimien valvontajärjestelmien sijainteja ja havainnointialueita ei maanpuolustuksellisten syiden vuoksi voida luovuttaa hankekehittäjille, mikä johtaa haasteisiin löytää yhteensopivia alueita sekä merituulivoimaloille että aluevalvonnan tarpeille.

Nykyisin aluevalvonnan järjestelmille aiheutuvia haittavaikutuksia pyritään selvittämään Teknologian tutkimuskeskus VTT:n sensorivaikutuksien haittavaikutuslaskennalla, jonka suorittamista Puolustusvoimat voi lausuntonsa yhteydessä tarvittaessa vaatia hankekehittäjältä (Puolustusvoimat, 2023). Puolustusvoimien Pääesikunnan operatiivisen osaston jakamien tilastojen mukaan sensorivaikutuksien haittavaikutuslaskentaan on päätyttyä vuosina 2011–2023 (30.11.2023 asti) noin kolmannes Puolustusvoimien lausumista hankkeista (Taulukko 3-4). Laskentaan päätyneet hankkeet ovat sijainneet erityisesti Itä-Suomen, Lapin ja Pohjois-Suomen alueilla, kun taas merituulivoimalta haittavaikutuslaskentaa on vaadittu tähän mennessä vain yhden hankkeen osalta. Haittavaikutusarviolla pyritään jo hankkeen aikaisessa vaiheessa arvioimaan sen vaikutuksia aluevalvonnan järjestämiselle, ja kyseinen menetelmä onkin haastateltujen hankekehittäjien mielestä koettu selkeäksi. Vaikutusarviota ei välttämättä kustannussyistä kuitenkaan päädytä jokaisessa hankkeessa tekemään, vaikka laskennan kustannus on hankekehityksen mittakaavassa haastattelujen mukaan verrattain pieni. Tässä tapauksessa hankekehitys kyseisessä paikassa keskeytyy. Haittavaikutusarvion haasteena on se, ettei Puolustusvoimat voi tässäkään tapauksessa maanpuolustuksellisista syistä antaa hankekehittäjille lisätietoa, mikäli hanketta ei päädytä puoltamaan vaikutusarvion seurauksena.

Taulukko 3-4: Teknologian tutkimuskeskus VTT:n sensorivaikutuksien haittavaikutuslaskentaan päätyneet hankkeet ja voimalat vuosina 2011–2023 (30.11.2023 asti)

Alue	Laskentaan päätyneet hankkeet (kpl)	Laskentaan päätyneet voimalat (kpl)	Laskentaan päätyneet hankkeet (%)
Lappi	115	4 024	49 %
Pohjois-Suomi (Pohjois-Pohjanmaa ja Kainuu)	174	4 527	38 %
Länsi-Suomi	104	2 058	18 %
Itä-Suomi	122	1 853	73 %
Etelä-Suomi	42	488	33 %
Merialueet	1	34	1 %
Yhteensä	558	12 984	34 %

Hankekehittäjien haastatteluissa yhdeksi kehitysehdotukseksi esitettiin korvaavia investointeja merituulivoiman takia heikentyvän aluevalvontajärjestelmän suorituskyvyn ylläpitämiseksi. Korvaavien investointien kautta hankekehittäjät esimerkiksi tukisivat taloudellisesti aluevalvonnan teknologioiden kehittämistä merialueilla tai investointeja tuulivoimaloihin sijoitettaviin järjestelmiin. Kehitysehdotuksen haasteeksi nousee aluevalvonnan järjestelmäkokonaisuus, sillä Puolustusvoimat ei halua indikoida millaisia teknologioita aluevalvonnan järjestämisessä käytetään. Puolustusvoimat ei myöskään halua suoraan hyödyntää toisaalla käytettyjä teknologioita, mikäli niiden ei todeta vastaavan Suomen yksilöllisiin ja monia muita maita vaativampiin tarpeisiin (mm. geopolitiittinen sijainti, talviolosuhteiden lisävaatimukset, jne.). Tuulivoimaloihin sijoitettavien valvontajärjestelmien toteuttaminen on lisäksi hankalaa käytännössä kahdesta eri syystä: 1) Tuulivoimaloiden huojuminen saattaa häiritä tutka- ja sensorijärjestelmien toimivuutta sekä vääristää niiden mittaustuloksia. 2) Käytössä on linjaus, jonka mukaan Puolustusvoimien valvontajärjestelmän osia ei sijoiteta osaksi siviili-infrastruktuuria, jonka käyttöä Puolustusvoimien on haastavaa valvoa. Lisäksi on keskeistä huomioida, että maanpuolustustarkoitukseen käytetyt järjestelmät ovat lähtökohtaisesti hyvin merkittävästi kalliimpia verrattuna siviilitarkoitukseen käytettyihin teknologioihin. Näin ollen aluevalvonnan suorituskyvyn heikkenemistä korvaavat mahdolliset järjestelmäinvestoinnit, mikäli niitä ylipäänsä olisi Suomen olosuhteisiin tarjolla, olisivat taloudellisesti merkittävä haaste merituulivoiman hankekehitykselle, joka vasta tavoittelee markkinaehtoisuuden saavuttamista.

Toinen haastatteluissa ehdotettu yhteensovittamisen ratkaisu on tuulivoiman kompensatioalueiden lisääminen. Nykyisellään kompensatiomekanismia on hyödynnetty Suomessa Perämeren alueella (Kuva 3-8). Tuulivoiman kompensatioalueiden tarkoituksena on mahdollistaa tuulivoimaloiden rakentaminen siten, että aluevalvonta ja sotilasilmailu alueella eivät häiriinny. Voimalat, jotka sijaitsevat tuulivoima-alueella ovat velvollisia maksamaan kompensatiomaksun, jolla paikataan voimaloiden haittavaikutuksia aluevalvonnan tutka- ja sensorijärjestelmille (Energiavirasto, 2023). On tärkeää huomioida, että Puolustusvoimat eivät voi mahdollistaa merituulivoiman rakentamista osallistumalla kompensatian kustannuksiin, sillä tämä siirtäisi resursseja pois Puolustusvoimien lakisääteisten tehtävien suorittamisesta. Lisäksi nykyistä kompensatiomallia ei voida suoraan hyödyntää kaikkialla, sillä laki tuulivoiman kompensatioalueista (490/2013) koskee vain yhtä aluetta Perämerellä. Perämeren kompensatioalue ei ole myöskään osoittautunut niin vetovoimaiseksi kuin oletettiin, sillä kompensatio on todennäköisesti kallis ratkaisu merituulivoimalle, joka ei ole vielä markkinaehtoisesti kannattavaa. Kohonneiden kustannusten lisäksi on keskeistä huomioida, että aluevalvonta siirtyy menettelyssä kompensatioalueen ulkopuolelle. Aluevalvonnan siirtyminen voi siten vaikuttaa kertautuen myös muihin tuulivoimahankkeisiin, mikäli ne sijaitsevat kompensatioalueen läheisyydessä.

Kuva 3-8: Perämeren tuulivoima-alue, jossa aluevalvontaa suoritetaan kompensatioalueen ulkopuolella



Uusia teknisiä ratkaisuja tutka- ja sensorijärjestelmien osalta ja niiden sijoittamiseksi osaksi merituulivoimaloita, tai uusien kompensatioalueiden hyödyntämistä jatkossa ei voida täysin poissulkea tulevaisuuden ratkaisuvaihtoehdoista. Puolustusvoimien mukaan aluevalvontakyvyn kehittämisen mahdollisuuksia kartoitetaan jatkuvasti, mutta lähivuosien nopeaa ratkaisua nykyisellä sotilasteknologialla ei ole näköpiirissä. Siten yhteensovittamisen lähiaikojen ratkaisuiden tulee pohjautua muihin kuin teknologisiin kehityskohtiin.

3.2.1.3 Merituulivoimahankkeiden sijoittelu

Suomen geopoliittinen sijainti ja monia muita maita vaativammat kriteerit aluevalvonnan suorituskyvylle tuovat rajoituksensa merituulivoiman sijoitteluun Suomen merialueilla. Puolustusvoimien mukaan erityisen hankalia merialueita merituulivoiman rakentamisen ja aluevalvonnan yhteensovittamiselle ovat Ahvenanmaan eteläpuoli, Suomenlahti ja Puolustusvoimien käytössä olevat ampuma-alueet. Käytännössä Puolustusvoimat ei ole puoltanut lainkaan merituulivoimahankkeita näille alueille niiden kriittisyyden vuoksi. Kaikki edellisissä kappaleissa esitetyt tilastot merituulivoiman myönteisistä lausunnoista ovat sijoittuneet Ahvenanmaan pohjoispuoleiselle Perämeren alueelle, jonne merituulivoimaa voimaapuolustuksen näkökulmasta paljon helpommin sijoittaa.

Haastatteluiden perusteella on tärkeää luoda selkeä yhteinen näkemys siitä, mille merialueille merituulivoiman sijoittaminen on todennäköisesti rajoitettua aluevalvonnan tarpeiden vuoksi, jotta hankekehittäjät eivät turhaan käytä resurssejaan näille alueille sijoittuvien hankkeiden suunnitteluun. Positiivista on, että hankekehittäjillä on jo yleisesti hyvin tiedossa edellä mainitut merialueet, joille merituulivoiman rakentaminen on todennäköisesti rajoitettua, ja hankekehitys onkin keskittynyt pääasiassa alueille, joilla puoltavan lausunnon saaminen on todennäköisempää. Hankekehittäjät myös yleisesti ymmärtävät hyvin aluevalvonnan asettamat rajoitteet hankkeiden sijoittelulle, vaikkakin näihin haasteisiin toivotaan ratkaisuja tulevaisuudessa. Tulevaisuuden ratkaisumallien tarvetta edes ajaa erityisesti se, että näillä näkymin parhaimmat merituulivoiman sähköverkkoliitäntäkapasiteetit sijaitsevat merialueilla, joille on nykyisin hankalinta sijoittaa merituulivoimaa. Tämä koskee käytännössä Etelä-Suomen rannikkoalueita, joilla olisi parhaat mahdollisuudet liittää verkkoon suuria määriä merituulivoimaa (Fingrid, Kantaverkon kehittämissuunnitelma, 2023).

3.2.1.4 Merituulivoimahankkeiden hallinnointi

Tuulivoimahankkeiden eri vaiheissa tapahtuu tyypillisesti omistajamuutoksia ja yhdellä hankkeella voikin olla useita omistajia sen elinkaaren aikana. Koska hankkeet saattavat sijoittua kriittisen aluevalvontainfrastruktuurin läheisyyteen, on maanpuolustuksellisten syiden kannalta hyvä pystyä seuraamaan hankkeiden omistajatahoja valtiollisella tasolla. On kuitenkin tärkeä huomata, että Puolustusvoimien toiminta, mukaan lukien aluevalvonta, suunnitellaan lähtökohtaisesti riippumattomaksi siviili-infrastruktuurin omistajuudesta. Haastattelujen perusteella jotkin hankekehittäjät ovat ilmoittaneet hankkeiden omistajamuutoksista oma-aloitteisesti Puolustusvoimille, mutta suuri osa omistajamuutoksista tai esimerkiksi uusista merkittävistä rahoittajista jää kuitenkin ilmoittamatta.

Joistakin ilmoitetuista omistajamuutoksista on tehty turvallisuusmenettely, mutta tähän ei kuitenkaan ole olemassa standardoitua käytäntöä. Myöskään prosessia tai vaatimusta omistajanvaihdoksista ilmoittamiselle ei ole, eikä omistajarakenne ole vaadittava dokumentti Puolustusvoimien lausuntoprosessissa. Omistajarakennetta tulisi kuitenkin käsitellä tarkemmin erityisesti siinä tapauksessa, mikäli tulevaisuudessa päädyttäisiin pohtimaan tuulivoimaloihin sijoitettavan valvontakyvyn käyttöä. Mahdollisiin omistajarakenteisiin ja niiden hyväksyttävyyteen tulisi ottaa kantaa poliittisessa päätöksenteossa, sillä haastattelujen perusteella Puolustusvoimat ei ota kantaa hankkeiden omistajuuteen.

Suomeen suunnitellaan merituulivoimaa myös ulkomaisten hankekehittäjien toimesta ja suunniteltavien merituulivoimahankkeiden yhteydessä työskentelee paljon kansainvälisiä työntekijöitä, jotka käsittelevät Puolustusvoimille kriittistä informaatiota, kuten merenpohjan mittaustietoja. Puolustusvoimilla on jo olemassa oleva ohjeistus kriittisen informaation luovuttamisesta ja turvallisuusselvityksien tekemisistä ulkomaalaisille työntekijöille, mutta hankekehittäjien haastattelujen perusteella tätä ohjeistusta tulisi entisestään selkeyttää ja aiheesta tulisi käydä enemmän yhteistä keskustelua hankekehittäjien kanssa. Osalle hankekehittäjistä on esimerkiksi epäselvää, milloin turvallisuusselvitys tulee tehdä työntekijälle ja millaiset tiedon luovuttamisrajoitteet ovat käytössä.

Yleisesti hallinnolliset haasteet aluevalvonnan ja merituulivoiman yhteensovittamisen osalta korostavat jatkuvan vuoropuhelun ylläpitämisen merkitystä hankekehittäjien ja Puolustusvoimien välillä, jotta yhteensovittamisen eri osa-alueiden haasteisiin voidaan jatkossakin tarttua.

3.2.1.5 Yhteensovittaminen kansainvälisesti

Suomen geopoliittinen sijainti ja monia muita maita vaativammat kriteerit aluevalvonnan suorituskyvylle erottavat merituulivoiman ja aluevalvonnan yhteensovittamiseen sovellettavissa olevat kansainväliset ratkaisut muista merituulivoimaa suunnittelevista ja rakentavista maista. Vaikka ratkaisumallien hyödyntäminen ainaakaan suoraviivaisesti muista maista ei ole todennäköistä, Suomen Puolustusvoimat kuitenkin jatkuvasti kartoittaa ja on avoin uusille mahdollisille kansainvälisille innovaatioille ja ratkaisuille, joita voitaisiin hyödyntää Suomen erityispiirteet ja salassa pidettävä tieto huomioiden. Kansainväliset esimerkit voivat tuoda esiin uusia innovaatioita ja ratkaisuja, joita Suomessa ei ole vielä välttämättä otettu suunnittelussa huomioon.

Esimerkiksi Suomen tuore NATO-jäsenyys ja puolustusyhteistyön lisääntyminen voi luoda uusia yhteistyömahdollisuuksia ja tarjota mahdollisuuksia uusien teknologioiden hyödyntämiselle aluevalvonnan ja merituulivoiman yhteensovittamisen suhteen. Yhtenä ratkaisuna viimeaikaisessa Itäisen Suomen tuulivoimarakentamisen tehostaminen -raportissa on esitetty myös, että NATO-maat tekisivät yhteisiä hankintoja parantaakseen ilmavalvontaa esimerkiksi Pohjoismaiden kesken hankkimalla yhteisiä valvontakoneita (Räty, 2023). On kuitenkin tärkeä huomioida, että NATO-jäsenyys ei vähennä Suomen oman aluevalvonnan tarpeellisuutta, sillä jokainen NATO-maa on itse vastuussa oman puolustus- ja aluevalvontakykynsä ylläpitämisestä.

Euroopan puolustusvirasto (European Defence Agency, EDA) on lanseerannut alkuvuonna 2023 projektin, jonka tarkoituksena on etsiä ratkaisuita tuulivoiman ja puolustustoiminnan yhteissovittamiseksi EU:n jäsenmaiden (myös Suomi osallisena) ja siviilitoimijoiden kesken (European Defence Agency, 2023). Tutkimustyöllä, mallinuksilla sekä asiantuntijoiden yhteistyöllä pyritään löytämään ratkaisumalleja, joita voitaisiin hyödyntää Euroopan maissa. Potentiaalisten ratkaisujen yhteydessä puhutaan erityisesti tilannekohtaisista teknisistä ratkaisuksista, jotka koostuvat useista edesauttavista teknologioista, yhden kaikkiin tilanteisiin sopivan teknologian etsimisen sijaan.

Tutkavaikutuksia ja merituulivoiman rakentamista on tutkittu paljon myös esimerkiksi Isossa-Britanniassa (UK Government, 2021), jossa on asetettu korkeat merituulivoiman tuotantotavoitteet ja samalla havaittu, että tavoitemäärä tulee häiritsemään maan aluevalvontaa. Ison-Britannian tavoitteiden saavuttamiseksi on perustettu alan toimijoista koostuva työryhmä, johon kuuluu edustajia ministeriöistä, valtionhallinnosta, valtion maa- ja meriomaisuutta hallinnoivasta Crown Estate -yhtiöstä, tuulivoimateollisuudesta ja valvonta- ja tutkateknologiaa valmistavista yrityksistä. Ison-Britannian malliin kuuluu puolustusvoimien järjestämiä ja

tuulivoimayhtiöiden rahoittamia pilotteja, joihin on kutsuttu valvonta- ja tutka-tekniologiaa kehittäviä yhtiöitä, tarkoituksena etsiä uusia ratkaisuita aluevalvontaan alueille, jonne rakennetaan merituulivoimaa. Työryhmän ja pilottien tuloksena Ison-Britannian merituulivoiman tuotantotasojen tavoitteet ovat nousseet yli 20 gigawattia. Yhteensovittamista edistävää työryhmää on ehdotettu perustettavaksi myös esimerkiksi Ruotsissa tehdyssä puolustustutkimuslaitoksen selvityksessä (FOI, 2022). Suomessa uuden hallitusohjelman mukaisesti tullaan perustamaan aluevalvonnan ja tuulivoimarakentamisen yhteensovittamista edistävä korkean tason yhteistyöryhmä. Eri haastatellut osapuolet ovat yhtä mieltä siitä, että yhteistyön ja vuoropuhelun jatkuva kehittämien on elinehto yhteensovittamisen parantamiseksi edelleen.

3.2.2 Yhteenvedo ja johtopäätökset

Merituulivoiman hankekehittäjät yleisesti ottaen suhtautuvat ymmärtäväisesti aluevalvonnan asettamiin vaatimuksiin Suomen merialueilla, ja tunnustavat Suomen yksilölliset ja monia muita maita merkittävästi suuremmat vaatimukset aluevalvonnan järjestämiselle. Vaikka yhteensovittamiselle nähdään omat haasteensa, ja eri osapuolien välillä on haastattelujen perusteella jonkin verran eroavia näkemyksiä ja/tai puuttuvaa tietoa nykyisistä käytänteistä, ei aluevalvonnan asettamia rajoitteita kuitenkaan koeta suurimmaksi ongelmaksi merituulivoiman hankekehitykselle. Myös tilastot tukevat tätä havaintoa, sillä Puolustusvoimien osalta on annettu puoltavia lausuntoja lähes 5 500 voimalan edestä. Aluevalvontaan liittyvät haasteet näyttävätkin olevan tällä hetkellä enemmän taustalla, ja hankekehittäjien huomio keskittyy enemmän taloudellisiin ja luvitukseen liittyviin asioihin. Tästä huolimatta aluevalvontaan liittyviä kysymyksiä on hyvä pyrkiä etupainotteisesti ratkomaan myös merituulivoiman osalta. Haastattelujen perusteella syntyi vahva kuva siitä, että Puolustusvoimat ja hankekehittäjät haluavat yhdessä kehittää toimintatapojaan (esim. jonkin aikaa käytössä ollut minimihankemenettely) maanpuolustuksellisten rajoitteiden puitteissa merituulivoiman hankekehityksen sujuvoittamiseksi myös jatkossa.

Puolustusvoimien aluevalvonnan ja merituulivoiman yhteensovittaminen tulee jatkossakin vaatimaan Suomelle yksilöllisiä ratkaisuja. Yhtä hopealuotia havaittuihin haasteisiin ei ole olemassa, vaan yhteensovittamisen kehittäminen on monen osa-alueen summa ja eri osapuolien välisen jatkuvan vuoropuhelun tulosta. Esimerkiksi merituulivoimaloiden aiheuttamat tutkavaikutukset, voimaloiden sijoittelu ja tuulivoiman lausuntoprosessi ovat havaittuja osa-alueita, joita voidaan yhteistyön avulla viedä eteenpäin. Alla (Taulukko 3-5) on esitelty edellisissä kappaleissa esiin tuodut yhteensovittamisen osa-alueet sekä niiden onnistumiset, haasteet ja tulevaisuuden

kehitysehdotukset. Keskeistä on lisätä ymmärrystä hankekehittäjien ja Puolustusvoimien välillä ja pohjustaa yhteistä keskustelua siitä, mihin ja miten erinäisiin haasteisiin voitaisiin tarttua.

Taulukko 3-5: Yhteenveto merituulivoiman ja Puolustusvoimien aluevalvonnan yhteensovittamisen onnistumisista, haasteista ja kehitysehdoista osa-alueittain

Yhteensovittamisen osa-alue	Onnistumiset, haasteet ja kehitysehdotukset
Lausuntoprosessi	<p>Onnistumiset</p> <p>Haastatellut hankekehittäjät pitävät lausuntoprosessia yleisesti toimivana ja reiluna aluevalvonnan tarpeet huomioon ottaen.</p> <p>Puolustusvoimat on jo jonkin aikaa soveltanut ns. minimihankemenettelyä erityisesti maatuulivoiman osalta, jossa se on käynyt keskustelua hankekehittäjien kanssa ja indikoinut kielteisen lausunnon osalta, onko hanketta muokkaamalla ylipäänsä mahdollista saada myönteinen lausunto vai onko se täysin poissuljettua. Tämä kuitenkin edellyttää yhteydenottoa, aktiivisuutta ja muutosehdotuksia hankekehittäjän toimesta, sillä Puolustusvoimat ei voi osoittaa vaihtoehtoisia hankesuunnitelmia.</p> <p>Haasteet</p> <p>Osa hankekehittäjistä kokee lausuntoprosessin yksipuoliseksi keskusteluksi kielteisen lausunnon sekä muutoshakemusten kohdalla, koska Puolustusvoimat ei perustele päätöstään.</p> <p>Kehitysehdotukset</p> <p>Hankekehittäjät voisivat toimittaa lausuntoprosessiin vaihtoehtoisia hankesuunnitelmia, joista osoitettaisiin Puolustusvoimien puolesta sopivin. Tämä voisi parantaa myönteisen lausunnon saamisen mahdollisuuksia. Kääntöpuolena lausuntoprosessi venyisi aiempaa pidemmäksi tai siihen tarvitsee varata enemmän resursseja.</p> <p>Jo kertaalleen puollettujen hankkeiden muutospyyntö (mm. sijoittelun muutoksen vuoksi) voitaisiin priorisoida. Haasteena on kuitenkin se, että Puolustusvoimat ei lausuvana viranomaisena voi kohdella hankkeita eriarvoisesti.</p>

Yhteensovittamisen osa-alue

Onnistumiset, haasteet ja kehitysehdotukset

Tutkavaikutukset

Onnistumiset

Teknologian tutkimuskeskus VTT:n sensorivaikutuksien haittavaikutuslaskenta koetaan selkeäksi tavaksi selvittää hankkeiden tutkavaikutuksia.

Haasteet

Merituulivoimalat- ja puistot voivat luoda kielteisiä tutkavaikutuksia. Puolustusvoimien tutkien sijainteja ja havainnointialueita ei kuitenkaan voida luovuttaa hankekehittäjille.

Tutkainvestoinnit osaksi merituulivoimahankkeita ovat kallis ratkaisu hankekehittäjille (maanpuolustustarkoitukseen käytetyt järjestelmät ovat lähtökohtaisesti hyvin merkittävästi kalliimpia verrattuna siviilitarkoitukseen käytettyihin teknologioihin, jotka eivät sovellu aluevalvonnan tarpeisiin).

Moni lausunto edellyttää VTT:n sensorivaikutuksien haittavaikutuslaskentaa, mutta tätä ei välttämättä kustannussyistä päädytä hankekehityksessä tekemään. Tällöin hankekehitys kyseisessä paikassa keskeytyy.

Kehitysehdotukset

Uusia teknisiä ratkaisuja tutka- ja sensorijärjestelmien osalta ja niiden sijoittamiseksi osaksi merituulivoimaloita ei voi poissulkea tulevaisuuden ratkaisuvaihtoehdoista. Tutkainvestoinnit ovat kuitenkin kallis ratkaisu, ja nykyisellään linjaus on, ettei valvontajärjestelmän osia voida sijoittaa tuulivoimaloihin.

Valvontakyvyn kehittämisen mahdollisuuksia tulevaisuudessa kartoitetaan jatkuvasti Puolustusvoimien toimesta. Lähivuosien nopeaa ratkaisua nykyisellä sotilasteknologialla ei kuitenkaan ole näköpiirissä, ja lisäksi myös Suomen talviolosuhteet asettavat lisävaatimuksia järjestelmille.

Yhteensovittamisen osa-alue

Onnistumiset, haasteet ja kehitysehdotukset

Kompensaatioalueet

Onnistumiset

Kompensaatioalueet auttavat minimoimaan haitallisia tutkavaikutuksia, sillä aluevalvonta siirretään pois kompensatioalueelta. Kompensaatiota on hyödynnetty Perämeren alueella.

Haasteet

Kompensaatiota ei voida hyödyntää kaikkialla, sillä nykyinen laki koskee vain yhtä aluetta Perämerellä. Lisäksi Perämeren kompensatioalue ei ole lisäkustannusten vuoksi osoittautunut niin vetovoimaiseksi kuin oletettiin. Kompensatio on kallis ratkaisu hankekehittäjille, etenkin kun merituulivoima ei ole vielä markkinaehtoisesti kannattavaa.

Kohonneiden kustannusten lisäksi aluevalvonnan siirtyminen kompensatioalueen ulkopuolelle voi vaikuttaa kertautuen kielteisesti muihin hankkeisiin, mikäli ne sijaitsevat kompensatioalueen läheisyydessä.

Tuulivoimaloiden sijoittelu

Onnistumiset

Hankekehittäjillä on yleisesti tiedossa alueet, jonne merituulivoimaa voidaan aluevalvonnan suhteen pääsääntöisesti rakentaa.

Hankekehittäjät tiedostavat myös alueet, joille aluevalvonnan tarpeet todennäköisesti asettavat rajoitteita. Näitä alueita ovat mm. Ahvenanmaan eteläpuoli, Suomenlahti, sekä tietyt ampuma-alueet.

Haasteet

Merituulivoimalat voivat haitata aluevalvonnan toimintakykyä tai olla kriittisen infrastruktuurin tiellä (mm. huoltovarmuus).

Hankekehittäjät ovat käytössä olevasta minimihankemenettelystä huolimatta ilmaisseet epätietoisuuden siitä, voisiko hankkeen kehittää pienemmällä määrällä voimaloita tai siirtämällä niitä.

Parhaat liitännämahdollisuudet sähköverkkoon sijaitsevat juuri aluevalvonnan tarpeiden rajoittamilla alueilla (mm. Suomenlahti).

Yhteensovittamisen osa-alue

Onnistumiset, haasteet ja kehitysehdotukset

Hankkeiden omistajarakenteen muutokset

Onnistumiset

Jotkin hankekehittäjät ovat ilmoittaneet hankkeiden omistajamuutoksista oma-aloitteisesti Puolustusvoimille.

Puolustusvoimat suunnittelee oman toimintansa lähtökohtaisesti riippumattomaksi siviili-infrastruktuurin omistajuudesta.

Haasteet

Suuri osa omistajamuutoksista tai esimerkiksi uusista merkittävistä rahoittajista jää ilmoittamatta Puolustusvoimille.

Omistajarakenteisiin voidaan vaikuttaa poliittisessa päätöksenteossa. Puolustusvoimat ei ota kantaa hankkeiden omistajuuteen tai siihen liittyviin kysymyksiin.

Kehitysehdotukset

Prosessia tai vaatimusta omistajanvaihdoksista ilmoittamiselle ei ole, eikä omistajarakenne ole vaadittava dokumentti lausuntoprosessissa. Omistajarakennetta tulisi käsitellä siinä tapauksessa, mikäli tulevaisuudessa pohdittaisiin tuulivoimaloihin sijoitettavaa valvontakykyä.

Turvallisuusselvitykset ja tiedon luovuttamisrajoitteet kansainvälisille toimijoille

Onnistumiset

Olemassa oleva ohjeistus kriittisen informaation luovuttamisesta ja turvallisuusselvityksien tekemisistä ulkomaalaisille työntekijöille. Lisäksi Puolustusvoimat järjestää tarvittaessa tietoturvakoulutusta hankekehittäjille.

Haasteet

Turvallisuusselvitys ulkomaalaisille työntekijöille koetaan hankekehittäjien puolesta epäselväksi. Hankekehittäjille on epäselvää, millaiset tiedon luovutusrajoitteet ulkomaalaisille työntekijöille on käytössä esimerkiksi merenpohjan tietojen hyödyntämisen osalta.

Kehitysehdotukset

Luodaan entistä selkeämmät turvallisuusselvityksen vaatimukset ulkomaalaisille hankekehittäjille ja/tai työntekijöille.

Yhteensovittamisen osa-alue

Onnistumiset, haasteet ja kehitysehdotukset

Kansainväliset tutkimukset ja ratkaisut yhteensovittamiselle

Onnistumiset

Kansainväliset esimerkit voivat tuoda esiin ratkaisuita, joita Suomessa ei ole vielä välttämättä otettu huomioon suunnittelussa.

Suomessa uuden hallitusohjelman mukaisesti tullaan perustamaan aluevalvonnan ja tuulivoimarakentamisen yhteensovittamista edistävä korkean tason yhteistyöryhmä.

Haasteet

Salassa pidettävä tieto ja Suomen yksilölliset tarpeet aluevalvonnan suhteen kuitenkin rajoittavat ulkoisen tiedon ja ratkaisujen hyödyntämistä, sillä ne on aina sovitettava Suomen kontekstiin ja testattava Suomen olosuhteissa.

Kehitysehdotukset

Pidetään jatkuvaa keskustelua yllä mm. NATO-jäsenyyden ja EU EDA hankkeen tiimoilta. Suomen NATO-jäsenyys ei vähennä oman aluevalvonnan tarvetta, mutta voi tarjota lisääntyviä yhteistyön mahdollisuuksia tulevaisuudessa mm. Pohjoismaiden kesken.

Pysytään jatkossakin ajan tasalla uusista innovaatioista ja ratkaisuista, joita kansainvälisesti luodaan ja otetaan käyttöön.

3.3 Merituulivoimahankkeiden vaikutukset vedenalaiseen luontoon, kalastoon ja kalastukseen

Merituulivoimahankkeet voivat aiheuttaa haitallisia vaikutuksia vedenalaiseen luontoon, kalastoon ja kalastukseen sekä merituulivoimahankkeiden rakentamisen ja käytön aikana, että hankkeiden elinkaaren päättyessä muun muassa pohjan muokkaamisen ja samentumisen, melun, rakenteiden, tuulikentän muutosten, sähkömagneettisen säteilyn, sekä varjon välke-efektin kautta. Pohjoisen Itämeren alueen ja erityisesti Suomen osalta keskeisen Pohjanlahden hankekehityksen ollessa vielä alkuvaiheessa, on olennaista huomioida, että vaikutuksien mekanismeista ja laajuudesta ei ole olemassa tarpeeksi Suomen merialueiden ominaispiirteet huomioivaa

tutkimustietoa, saati käytännön kokemuksia. Maailmalla merituulivoiman vaikutuksia meriluonnolle on jo ehditty tutkia, mutta tutkimukset eivät välttämättä ole suoraan verrannollisia Suomen meriluonnon ominaispiirteiden suhteen.

Tämä selvityksen osio pyrkii tuottamaan lisätietoa merituulivoiman kehittämistyöhön kokoamalla yhteen merellisen luonnon asiantuntijoiden haastattelujen ja Suomen meriluonnon ominaispiirteisiin soveltuvan viimeaikaisimman tutkimustiedon perusteella tunnistetut merituulivoiman vedenalaiseen luontoon, kalastoon ja kalastukseen kohdistamat vaikutukset. Vaikutuksien lisäksi keskitytään esittelemään potentiaalisia vaikutuksien kartoitus- ja vaikutusarvioinnin menetelmiä edellä mainittuun tiedonpuutteeseen tarttumiseksi, sekä tuomaan esiin toimenpiteitä vedenalaiseen luontoon, kalastoon ja kalastukseen kohdistuvien haitallisten vaikutusten vähentämiseksi tai ehkäisemiseksi.

3.3.1 Tunnistetut keskeiset vaikutukset vedenalaiseen luontoon, kalastoon ja kalastukseen

3.3.1.1 Keskeiset rakentamisen aikaiset vaikutukset

Merituulivoimahankkeiden vaikutukset vedenalaiseen luontoon, kalastoon ja kalastukseen voidaan jakaa karkeasti puistojen ja niiden oheisrakenteiden rakentamisen aikaisiin, käytön aikaisiin, sekä elinkaaren päätöksen aikaisiin vaikutuksiin. Joidenkin vaikutuksien, kuten esimerkiksi melun osalta vaikutuksia syntyy kaikkien elinkaaren vaiheiden aikana, mutta vaikutuksien merkitys voi olennaisesti muuttua eri vaiheissa.

Haastateltujen meriluonnon asiantuntijoiden mukaan hankkeiden rakentamisvaiheen vaikutukset ovat todennäköisesti usein kaikista merkittävimpiä, mutta vaikutukset ovat kuitenkin pääosin vain väliaikaisia. Hankkeiden rakennusvaiheessa ylimääräistä aktiviteettia merellä on paljon, mutta häiriöiden määrä meriluonnolle ja kalastolle riippuu vahvasti siitä, mitä menetelmiä rakentamisessa käytetään. Lisäksi hankkeiden väliset yhteisvaikutukset rakentamisen aikana (mm. räjäytysten suhteen) tuovat potentiaalisen lisähaasteen, sillä vaikutuksia syntyy tällöin samanaikaisesti useissa paikoissa, ja on epäselvää miten eri vaikutukset voivat tällöin keräytyä. Keskeisimmät hankkeiden rakentamisen aikaiset vaikutukset liittyvät pohjan muokkaamiseen ja siitä aiheutuvaan veden samentumiseen, sekä pinnan päälliseen ja vedenalaiseen meluun.

Pohjan muokkaaminen ja veden samentuminen

Merituulivoimaloiden perustusten rakentamisen ja merikaapeleiden ja/tai putkien asentamisen aikaisia vaikutuksia vedenalaiseseen luontoon ja kalastoon voidaan verrata ruoppaushankkeen vaikutuksiin. Pohjan kaivaminen, peittäminen ja tasointus, merikaapeleiden tai putkien asennus sekä ruoppausmassojen läjitys saa aikaan kiintoaineen vapautumista, aiheuttaen siten veden samentumista hankealueella ja sen ympäristössä. Kiintoaineen leviäminen voi ulottua jopa satojen metrien päähän ruopattavasta alueesta (LaSalle, 1990; Boyd;Limpenny;Rees;Cooper;& Campbell, 2003; Orviku, ym., 2008). Rakennustyöt sekä massojen läjittäminen hävittävät merenpohjan eliöstöä, habitaattia ja suojapaikkoja rakennusalueilla, joilla puolestaan on edelleen vaikutusta pohjaeliöstöä syövään kalastoon. Pohjaeläimistön arvioidaan kuitenkin palautuvan alueille verrattain nopeasti, joten ravintoverkkoon kohdistuva vaikutus on tältä osin arvioitu tilapäiseksi. Kaapelien ja putkien osalta erityisenä huolena on, että arvokkaita luontoarvoja häviää niiden alta, sillä kaapeleita ja putkia joudutaan vetämään myös voimaloiden sijoituspaikkoja matalampien, ja luonnoltaan monipuolisempien merialueiden läpi. Tiedot Itämeren luontotyypeistä ovat kuitenkin puutteellisia esimerkiksi riuttojen ja hiekkasärkkien osalta, koska tiedot niiden sijainneista perustuvat pitkälti mallinnuksiin (Kaskela & Rinne, 2018). Siten ei ole olemassa tarkkaa tietoa niiden varsinaisista sijainneista ja esiintymisen laajuudesta.

Rakennustöistä aiheutuva veden samentuminen vaikuttaa käytännössä kaikkiin lajeihin, jotka ovat valosta riippuvaisia. Kiintoaineen lisääntyminen vedessä vähentää valon määrää vaikeuttaen makrolevien ja vesikasvien yhteyttämistä. Kiintoaineen laskeutuminen pohjaan peittää alleen kovia kivipintoja, jolloin levien itiöiden kiinnittyminen vaikeutuu. Lisäksi kiintoainetta tukahduttaa elävät kasvustot laskeutuessa niiden päälle. Sameus voi heikentää muun muassa näön avulla saalistavien kalojen saalistustehokkuutta ja aiheuttaa todennäköisesti myös kalojen karkottumista alueelta (Vehanen;Hario;Kunnasranta;& Auvinen, 2010). Kalojen karkottuminen veden samentumisen seurauksena on kuitenkin nykytiedon valossa yleensä vain väliaikaista.

Kalojen kutu voi epäonnistua, jos rakennustöitä suoritetaan kalojen kutuaikaan. Sedimentoituva hienoaines voi haitata riutoille ja haurupohjille kutevien kalalajien kuten silakan, muikun ja siian mädin kehittymistä, tai mäti voi jäädä kokonaan kiintoaineen alle ja tukahtua. Lisäksi vastakuoriutuneet kalanpoikaset ovat herkkiä kohonneelle kiintoainepitoisuudelle, ja samentuma voi heikentää myös kalanpoikasten saalistuskyvykkyyttä, tai pahimmillaan aiheuttaa myös kalanpoikasten kuolleisuutta. Pahimmassa tapauksessa kutualueita menetetään pysyvästi, mutta tällä hetkellä luontotyyppien häviämisen merkitystä ei ymmärretä, sillä aiemmin mainitusti ei ole olemassa riittävästi tietoa eri luontotyyppien esiintymisestä ja

niiden kokonaismäärästä. Asiantuntijoiden mukaan talousvyöhykkeellä tuskin on huomattavissa määrin merkittäviä kutualueita, sillä ne keskittyvät yleisesti rannikko-alueille, mutta kaapeli- ja putkikäytäviä joudutaan kuitenkin viemään myös aluevesien läpi.

Samentumisen lisäksi merituulivoimapuistojen rakentamisella voi olla vaikutusta myös haitta-aineiden vapautumiseen, jotka ovat aiemmin olleet stabiileja merenpohjassa. Merialueiden pohjien stabilisoituminen voi kestää pitkään, jolloin rakentamisella voi olla luonnossa pitkiäkin vaikutuksia hetkittäisen samentumisen lisäksi. On huomioitava, että merivirrat voivat kuljettaa haitta-aineita mahdollisesti hyvin kauaksi.

Veteen sekoittuvaan kiintoaineeseen on sitoutuneena ravinteita, jotka leviävät läheiseen vesiympäristöön partikkelien mukana. Sedimentin huokosvedessä on runsaasti liukoisia, planktonleville suoraan käyttökelpoisessa muodossa olevia ravinteita (Lehtoranta, 2003), joiden vapautuminen vesipatsaaseen ruoppauksen yhteydessä voi vaikuttaa kasviplanktontuotantoon. Oleellista planktontuotannon kannalta on, vapautuuko ravinteita tuottavaan vesikerrokseen, eli pinnanläheiseen veteen, jossa on riittävästi valoa ja tapahtuuko vapautuminen kasvukauden aikana, jolloin ylipäättään valaistusolosuhteet mahdollistavat kasviplanktontuotannon. Löyhistä vesi- ja orgaanispitoisista sedimenteistä vapautuu enemmän huokosveden ravinteita kuin karkeista materiaaleista tai tiivistä paakkuina pysyvistä saviaineksesta (Lindfors & Kiirikki, 2012).

Melu

Merituulivoimahankkeiden rakentamisen aiheuttamasta melusta Suomen meriluonnon ominaispiirteiden suhteen tiedetään varsin vähän, vaikka vaikutuksien oletetaan nykytiedon valossa olevan suhteellisen rajattuja. Melun aiheuttamat vaikutukset riippuvat merkittävästi käytetystä perustamismenetelmästä, joka valitaan pohjan syvyyden ja laadun mukaan. Mikäli perustustyyppinä on gravitaatio-perustus, on se meluvaikutuksiltaan kaikkein vähäisin, sillä merkittävin melua aiheuttava toiminto on pohjan ruoppaaminen, josta ei aiheudu merkittävää melua. Meluvaikutuksiltaan suurin on sen sijaan paaluperustus (monopile), jossa paalu juntautaan pohjaan (Tougaard; Hermanssen; & Madsen, 2020). Gravitaatio-perustusta on käytetty Suomessa muun muassa Tahkoluodon olemassa olevassa merituulivoimapuistossa ja sitä tullaan käyttämään myös Tahkoluodon laajennushankkeessa. Suomessa syvemmille merialueille ja jääolosuhteisiin (pl. Tahkoluodon olemassa oleva merituulivoimapuisto) ei ole ennen rakennettu merituulivoimaa ja lisäksi voimalakoot ovat kasvaneet jatkuvasti, vaatien siten myös massiiviset perustukset. Suomessa on mahdollista myös hyödyntää muita perustamistapoja (mm.

paaluperustus ja mahdollisesti kelluva perustus). Tyypillisesti voimalakohtainen perustamistapa valitaan melko myöhäisessä vaiheessa suunnittelua, kun tarkemmat merenpohjan tutkimukset on tehty (mm. kairaukset).

Toisaalla tehtyjen tutkimuksien mukaan merituulivoimapuistojen rakentamisvaihe aiheuttaa suurimmat meluvaikutukset (Tsouvalas, 2020; Mooney; Andersson; & Stanley, 2020; Han & Choi, 2022). Rakennustöiden aikainen melu voi aiheuttaa kaloille fysiologista stressiä, kuolleisuutta, fyysisiä vammoja tai vaikuttaa niiden käyttäytymiseen. Esimerkiksi paalutustyöstä aiheutuvan hetkellisen äänenpaineen on arvioitu voivan hetkellisesti vaurioittaa uimarakollisten kalojen kuten silakan ja kilohailin kykyä aistia ääniä (Engell-Sørensen, 2002; Vehanen; Hario; Kunnasranta; & Auvinen, 2010).

Räjähdyksistä voi puolestaan hetkellisesti aiheutua kaloille vaarallisen voimakasta melua. Kovien äänien on todettu voivan irrottaa tai tappaa kalojen äänen aistimiseen käyttämiä soluja kalan kylkiviiva-aistissa. Esimerkiksi paalutusäänen kuulumisalueeksi vedenalaisessa ympäristössä on arvioitu jopa 80 km äänilähteestä, mutta äänenpaineen on kuitenkin todettu vaimenevan nopeasti. Junttausoperaatioille on kuitenkin mitattu 190 dB:n hetkellisiä maksimiarvoja 400 metrin päässä työskentelestä. (Vehanen; Hario; Kunnasranta; & Auvinen, 2010) Kalastoon kohdistuvat meluvaikutukset jäävät kuitenkin todennäköisesti rakentamisen osalta tilapäisiksi ja kalat todennäköisesti karkottuvat alueelta jo aiemmin ennen louhintatöitä alueella lisääntyvän toiminnan vuoksi.

Merinisäkkäiden osalta Suomessa esiintyy kahta hyljelajia, harmaahylkeitä eli halleja sekä itämerennorppia. Kolmas merinisäkkäslaji, joka esiintyy Suomen rannikolla, on pyöriäinen. Merituulivoimapuistojen vaikutuksista merinisäkkäisiin on tehty tutkimuksia eteläisellä Itämerellä ja havaittu niiden sopeutuvan tuuli-voimaloiden rakenteisiin, mutta toisaalta häiriintyvän rakennustöistä ja lisääntyneestä ihmistoiminnasta (Dietz; Teilmann; & Henriksen, 2000; Dietz; Teilmann; Henriksen; & Laidre, 2003; Tougaard; Ebbesen; Tougaard; Jensen; & Teilmann, 2004). Melun arvellaan olevan merkittävin häiriö merinisäkkäille, jotka käyttävät kuuloa ja ääniä monipuolisesti saalistamiseen, suunnistamiseen ja kommunikointiin (Madsen; Wahlberg; Tougaard; Lucke; & Tyack, 2006; Nehls; Betke; Eckelmann; & Ros, 2007; Richardson; Greene; Malme; & Thomson, 1995). Haittavaikutukset voivat olla äänilähteen houkuttava tai karkottava vaikutus, äänien sekoittuminen, merinisäkkäiden omien äänien peittyminen tai pysyvät kuulovauriot (Vehanen; Hario; Kunnasranta; & Auvinen, 2010). Rakentamisen aikaisella melulla, kuten paalutuksella, on havaittu olevan suurempi vaikutus merinisäkkäisiin kuin toiminnan aikaisella melulla (Madsen; Wahlberg; Tougaard; Lucke; & Tyack, 2006; Tsouvalas, 2020; Mooney; Andersson; & Stanley, 2020; Han & Choi, 2022). Lisäksi on huomioitava,

että edellä esitetyt vaikutukset kaloihin heijastuvat myös merinisäkkäisiin, jotta käyttävät kaloja ravintonaan. Kriittisimmiksi nähdään vaikutukset, jotka kohdistuvat merinisäkkäiden elinkierron kannalta tärkeisiin alueisiin ja ajanjaksoihin (mm. lisääntymisalueet ja karvanvaihtoluodot) (Vehanen;Hario;Kunnasranta;& Auvinen, 2010).

3.3.1.2 Keskeiset käytön aikaiset vaikutukset

Keskeisimmät merituulivoimapuistojen käytön aikaiset meriluontoon kohdistuvat vaikutukset liittyvät rakenteisiin (voimalat, kaapelit ja putket), tuulikentän muutoksiin, meluun, varjon välkkeeseen, sekä sähkömagneettisiin kenttiin. Lisäksi vaikutuksia voi kohdistua myös kalojen vaellusreitteihin sekä kalastukseen elinkeinona.

Rakenteet

Merituulivoima lisää merellisiin elinympäristöihin fyysisiä rakenteita voimaloiden, sekä kaapeli- ja/tai putkiyhteyksien kautta. Elinympäristön muuttuminen ja kehittyminen hankealueella riippuu merkittävästi paikallisista ympäristöolosuhteista. Voimaloiden lähialueilla pohjaeläimistö voi esimerkiksi muuttua voimaloiden eroosiosuojauksen myötä pehmeän pohjan lajistosta kovan pohjan lajistoksi voimalan perustuksen elinkaaren ajaksi. Muokattavien pohjien pinta-ala on voimalakohtaisesti kuitenkin pääsääntöisesti verrattain pieni suhteessa hankealueiden kokoon, joten pohjaeläinvaikutuksen näkyminen kalojen ravinnonhankinnassa voi jäädä vähäiseksi. Pohjaeläimistön palautuminen hankkeissa tehtävän ruoppauksen tai pohjanmuokkauksen jälkeen voi kestää arviolta 1–3 vuotta (Vehanen;Hario;Kunnasranta;& Auvinen, 2010). Vesikasvillisuuden palautuminen puolestaan voi kestää tätä kauemmin, sillä ne eivät kykene liikkumaan kuten eläimet ja lisäksi niiden itiöiden leviämistäisyys on huomattavasti lyhyempi kuin pohjaeläinten toukkien leviämistäisyys (Berkström;Wennerstöm;& Bergström, 2022).

Parhaimmillaan perustukset voivat luovat edellytyksiä eliöstön monimuotoisuuden kasvamiselle toimimalla keinotekoisina riuttoina luoden uusia elinympäristöjä eläin- ja kasvilajeille. Pohjaeläinten onkin toisaalla havaittu asuttavan tuulivoimaloiden perustuksia pian rakennusvaiheen jälkeen (Krone, ym., 2017). Levien lisääntyminen perustuksilla puolestaan houkuttaa kaloja ja erityisesti kalanpoikasia, ja mahdollisesti lisääntynyt kasvillisuus voi toimia kutualustana useille lajeille. Kalatiheydet tuulivoimalan perustusten läheisyydessä ovat kansainvälisten tutkimusten mukaan olleet suurempia kuin muualla, mutta kalatiheyden sekä lajimäärän on havaittu lisääntyvän vain rakenteiden välittömässä läheisyydessä (Hoffmann;Astrup;Larsen;& Munch-Petersen, 2000; Hvidt;Leonhard;Klaustrup;& Pedersen, 2006; Wilhelmsson & Malm, 2008; Langhamer;Wilhelmsson;& Engström, 2009).

Tämän ns. riuttaefektin vaikutuksen pohjoisella Itämerellä oletetaan kuitenkin olevan haastateltujen meriluonnon asiantuntijoiden mukaan pieni, sillä alueella ei nähdä olevan merkittävässä määrin lajeja, jotka tästä hyötyisivät. Esimerkiksi vuonna 2019 tehdyssä kartoituksessa Tahkoluodon merituulivoimapuistossa havaittiin, että tuulivoimaloiden perustusten lajisto oli niukkaa (KVVY Tutkimus Oy, 2020). Keinotekoisille pinnoille monivuotisten levien palautuminen voi kuitenkin kestää jopa yli kymmenen vuotta eikä keinotekoiset pinnat ole yhtä suotuisia niille kuin luonnolliset kivipinnat (Qvarfordt;Kautsky;& Malm, 2006; Wilhelmsson & Malm, 2008). Syitä keinotekoisien rakenteiden epäsuotuisuudelle voi olla erilaisten makrolevien suosimien luonnollisille kivipinnoille tyypillisten mikrorakenteiden, kuten halkeamien, painaumien ja kohoamien puuttuminen, liian jyrkkä pinta tai epäsuotuisa pintamateriaali (Chapman, 2003; Harlin & Lindbergh, 1977).

Tuulikentän muutokset

Ympäristövaikutusten arviointimenettelyssä (YVA) on usein arvioitu tuulivoimalan rakenteiden vaikutusta meren virtauskenttään, sillä meressä olevat rakenteet lisäävät turbulenssia alueilla, joilla on esimerkiksi vuorovesivirtauksia. (NASA, 2023; Vanhellefont & Ruddick, 2014; Christiansen;Carpenter;Daewel;Suzuki;& Schrum, 2023). Itämerellä nämä vaikutukset jäävät todennäköisesti pieniksi, koska päivittäin toistuvia kovia virtauksia ei ole. Tietyissä tuulitilanteissa vaikutuksia voi ilmentyä, mutta silloin kun Itämerellä on kovia virtauksia niin myös tuulen nopeus on sen verran suuri, että aaltojen aiheuttama turbulenssi saattaa sekoittaa vettä enemmän kuin perustuksen aiheuttama turbulenssi. Rakenteiden aiheuttamaa turbulenssia tärkeämpiä Itämerellä ovat asiantuntijankemeyksen mukaan tuulen muutokset eli pintatuulen heikkeneminen, meren turbulenssin heikkeneminen ja tuulen muutosten ajama veden [kumpuamis-/painumis-dipoli](#) puiston ympärillä, joka vaikuttaa paljon laajemmalla alueella kuin rakenteiden aiheuttama turbulenssi meressä (Daewel;Akhtar;& Christiansen, 2022; Broström, 2018; Floeter;Pohlmann;Harmer;& Möllmann, 2022). Virtausten muutokset puolestaan voivat vaikuttaa monimutkaisten prosessien kautta koko vesiekosysteemiin, kuten perustuotantoon ja meriveden lämpötilaan (Nummelin, 2023). Tällä hetkellä aiheesta on hyvin vähän tutkimustietoa, eikä Itämereltä juuri lainkaan. Muiden merialueiden tutkimusta aiheesta ei suoraan voi hyödyntää Itämerellä, sillä se on kerrostuneisuuden, vuorovesien ja sedimenttien kannalta erilainen alue verrattuna muihin merialueisiin.

Melu

Tuulivoimalan käytönaikainen melu ylittää tyypillisesti vedenalaisen taustamelun, ja Itämerellä tehtyjen mittausten mukaan tuulivoimalan käyntiäänänen vedenalaisen kuuluvuussäteen kaloille on arvioitu ulottuvan kilometrien etäisyydelle

tuulivoimalasta (Wahlberg & Westerberg, 2005). Käyntiäänien ei ole kuitenkaan osoitettu häiritsevän kaloja kuin melutasoilla, jotka vallitsevat aivan tuulivoimalan välittömässä läheisyydessä muutaman metrin säteellä (Nedwell & Howell, 2004; Thomsen; Lüdemann; Kafemann; & Piper, 2006; Vehanen; Hario; Kunnasranta; & Auvinen, 2010). On kuitenkin huomioitava, että kalojen kuuloelinten monimuotoisuus on erittäin suuri, aiheuttaen suuren vaihtelun kuulossa eri kalalajien välillä. Kuulon perusteella kalat voidaan karkeasti jakaa kahteen pääryhmään, joita ovat kuulemiseen erikoistuneet lajit (mm. silakka ja kilohaili) sekä generalistit, jotka eivät ole erityisen herkkiä äänelle (mm. turska, lohi ja useimmat Suomen vesillä esiintyvät kalalajit). No source specified.. Lisäksi on olemassa myös useita huono-kuuloisia kalalajeja, kuten kampela.

Edellä mainituista lajeista esimerkiksi silakka voi kuulla tuulivoimalasta lähtevää vedenalaista ääntä 4–5 km päähän, kun taas lohen osalta etäisyys voi olla noin 1 km luokkaa (Thomsen; Lüdemann; Kafemann; & Piper, 2006). Tutkimuksessa käytetyn 1.5 MW:n turbiinin sijaan etäisyydet voivat kuitenkin olla suurempia, kun puhutaan suuremmista tuulivoimalayksiköistä tai niiden yhteisvaikutuksista. Tällä vaikutusalueella stressi ja käyttäytymismuutokset ovat mahdollisia, ja esimerkiksi kalastajien havaintojen mukaan piikkikampelat välttävät kovalla tuulella Vinebyn tuulivoimapuistoa Tanskassa (Engell-Sørensen, 2002; Vehanen; Hario; Kunnasranta; & Auvinen, 2010). Toisaalta on olemassa viitteitä, että kalat sopeutuvat tuulivoimaloiden aiheuttamaan vedenalaiseseen ääneen (Thomsen; Lüdemann; Kafemann; & Piper, 2006). Vedenalaisella melulla voi olla myös vaikutusta kalojen kutemiseen, kun äänisignaalien lähettäminen ja kutukumppanin paikallistaminen estyy melun vaikutuksesta. Kalojen pyrkimys kudulle on kuitenkin yleisesti ottaen voimakas, joten vähäisellä käytönaikaisella melulla ei todennäköisesti ole vaikutusta kudun onnistumiseen.

Varjon välke

Tuulivoimalan lampojen aiheuttaman varjon vilkkumisen vaikutuksesta kaloihin ei ole juurikaan olemassa olevaa tutkimustietoa (Dodd & Briers, 2021), mutta nykytiedon valossa vaikutuksen arvellaan jäävän vähäiseksi (Öhman M. , 2023). Kaloilla ylilentävän saalistavan linnun aiheuttama varjostus aiheuttaa pakoreaktion ja tuulivoimalan valo-varjoefekti voi aiheuttaa vastaavan reaktion, jos kala tulkitsee ilmiön merkiksi saalistusuhasta. Reaktiona uhkaan kala voi muuttaa käyttäytymistään (esim. liikkua vähemmän), vaihtaa elinympäristöään (hakeutua pois ilmiön alueelta) ja/tai muuttaa ravinnonkäyttöönsä (esim. keskeyttää ruokailun) (Vehanen; Hario; Kunnasranta; & Auvinen, 2010). Tätä kautta ilmiö voi siten esimerkiksi heikentää kalan kasvua. Useiden kalalajien, kuten sillin ja kampelan, poikasilla havaittu valo-varjoefekti liittyy juuri saalistajien välttämiseen, ja poikasten on havaittu liikkuvan pois päin varjon aiheuttajasta, esimerkiksi syvempään veteen.

Varjon vilkkuminen on kuitenkin vain ajoittaista, ja sen voimakkuus riippuu sääolosuhteista. Esimerkiksi aallokko heikentää valojen ja varjojen vilkkumista merenpinnan rikkoutuessa. Kalat saattavat myös tottua säännölliseen valon ja varjon vaihteluun, jolloin ne eivät tulkitse vaihtelua saalistusuhaksi. Jääpeitteisenä aikana ilmiöllä ei ole vaikutusta kaloille tai muille vesieliöille.

Sähkömagneettiset kentät

Sähkönsiirron aiheuttamaa sähkömagneettista kenttää on pidetty mahdollisena kaloihin kohdistuvana merituulivoiman käytönaikaisena vaikutuksena. Tuulivoimaloiden toiminta-aikana sähkönsiirtoon käytetyt merikaapelit tuottavat sähkömagneettista säteilyä ympäristöönsä (Taormina B. , ym., 2018; Hutchison;Secor;& Gill, 2020). Merituulivoimapuiston sisäiset kytkennät ja yhteys sähköverkkoon voidaan toteuttaa joko vaihto- tai tasavirtakaapeleilla, joista tasavirtakaapelilla on pienempi sähkömagneettinen kenttä (Vehanen;Hario;-Kunnasranta;& Auvinen, 2010). Kentän voimakkuus riippuu myös sähkövirran tehosta ja kaapelissa käytetyistä materiaaleista ja rakenteesta (Vehanen;Hario;-Kunnasranta;& Auvinen, 2010; CMACS, 2003). Sähkömagneettinen kenttä ulottuu useiden metrien päähän merenpohjaan kaivetusta merikaapelista ja sen intensiteetti vähenee etäisyyden kasvaessa (Hutchison;Secor;& Gill, 2020). Sedimenttikerros kaapelien päällä vaimentaa, mutta ei täysin estä säteilyn pääsyä vesipatsaaseen (CMACS, 2003). Esimerkiksi Tahkoluodon laajennusosan hankkeen yhteydessä kaapelit suunnitellaan laskettavaksi pääsääntöisesti meren pohjalle matalikot välttämällä, mutta kaapelit voidaan myös tarvittaessa (mm. matalassa vedessä, väyliä alitettaessa ja ahtojääalueilla) sijoittaa kaapeliojaan ja/tai peittää kivimurskeella (Suomen Hyötytuuli, 2021).

Merikaapeleiden aiheuttaman sähkömagneettisen säteilyn on havaittu vaikuttavan sellaisten lajien liikkeisiin ja käytöksen muuttumiseen, jotka vaeltavat, suunnistavat, laiduntavat tai saalistavat sähköisten tai magneettisten kenttien avulla (Hutchison;-Gill;Sigray;He;& King, 2020; Gill & Desender, 2020). Herkkyys tuntee sähkömagneettista säteilyä vaihtelee kuitenkin lajeittain. Itämeren lajeista ankeriaan tiedetään aistivan tasavirtakaapeleiden tuottamia sähkömagneettikenttiä, mutta ei tiedetä kuinka ne vaikuttavat ankeriaan käyttäytymiseen (Westerberg, 2000; Bergström, ym., 2012). Useilla lohikaloilla on myös kyky aistia magneettikenttiä (Hanson;-Karlsson;& Westerberg, 1984; Walker, 1984; Diebel;Proksch;Green;Neilson;& Walker, 2000), mutta arvellaan, että ne hyödyntävät magneettikenttien lisäksi myös muita aisteja (Døving & Stabell, 2003).

Liikuntakykyisille eläimille vaste säteilylle on todennäköisesti houkuttaminen tai karkottaminen riippuen säteilyn voimakkuudesta, sekä fysiologiset muutokset. Vaikutuksia fysiologiaan, kasvuun ja kehitykseen voi todennäköisemmin

esiintyä sessiileillä (paikallaan olevilla) eläimillä, jotka elävät kaapeleiden läheisyydessä, kuin liikuntakykyisillä eläimillä, jotka voivat vältellä alueita (Richards;Raoult;-Powter;& Gaston, 2018; Siegenthaler;Niemantsverdriet;Laterveer;& Heitkönig, 2016). Sähkömagneettisen säteilyn vaikutuksia on tutkittu laboratoriossa ja yksittäisten kaapeleiden lähistöllä, mutta yksikään tutkimus ei ole huomionnut usean kaapelin vaikutuksia eläimiin (Gill & Desender, 2020). Sähkömagneettisen säteilyn vaikutuksista biologisesti relevantilla mittakaavalla on vielä hyvin vähän tietoa (Hutchison;Gill;Sigray;He;& King, 2020), ja tieto kenttien vaikutuksista ja vaikutusten voimakkuudesta lajeihin on osaltaan ristiriitaista (Cresci, ym., 2022).

Vaikutukset kalojen vaellusreitteihin

Meriluonnon asiantuntijoiden haastatteluiden perusteella merituulivoimahankkeiden vaikutukset vaelluskaloihin ovat merkittävimpiä puistojen käytön aikana niiden rakentamisvaiheen sijaan. Vaelluskalat käyttävät Pohjanlahtea vaelluskäytävänä, ja niiden elämänkaareen kuuluu vaiheita makeassa vedessä, sekä meressä. Itämeren keskeiset vaelluskalalajit, joiden lisääntyminen tapahtuu makeassa vedessä ja joiden syönnösalueet ovat merellä, ovat lohi, meritaimen ja vaellussiika. Nahkiainen puolestaan lisääntyy merellä ja vaelttaa poikasena jokiin.

Perämereltä on lähtöisin yli 90 % luonnonlohista ja noin 70 % istukkaista, joten lohien kannalta Perämeri on erittäin tärkeää aluetta. Lohien kutuvaellusta edeltävä syönnösvaellus tapahtuu avomerellä, ja kutuvaellus puolestaan pohjoisen suuntaan pääosin Suomen rannikkoa pitkin. Lohien vaelluspoikaset liikkuvat Suomen rannikkoa pitkin etelään touko-kesäkuussa ja Merenkurkun jälkeen Ruotsin rannikkoa pitkin heinä-elokuussa. (Ikonen, 2006) Loppusyksystä vaellus jatkuu syönnösalueille ja talven aikana eteläiselle Itämerelle saakka. Siten vaellusreitit Perämeren jokien ja eteläisen syönnösalueen välillä ovat tärkeitä.

Perämeri on myös meritaimenen syönnösvaellukselle tärkeä. Meritaimenen vaellus on suppeampaa kuin lohella ja suuntautuu rannikon myötäisesti ja harvoin Merenkurkkua etelämmäksi (Kallio-Nyberg;Veneranta;Saloniemi;Jutila;& Pakarinen, 2017). Perämeren vaellussiikakannoilla syönnösvaellusalue kattaa koko Pohjanlahden ja Perämeri toimii sekä vaellusreitteinä että syönnösalueena (Leinonen;Kallio-Nyberg;-Koljonen;Venetranta;& Jokikokko, 2020). Perämerellä vaellussiika on tärkeä saalislaji kaupalliselle ja vapaa-ajankalastukselle. Nahkiaisien vaellusreiteistä ei ole olemassa tietoa. Ankerias on äärimmäisen uhanalainen, mutta sen vaelluksesta ei ole paljon tietoa. Vuonna 2019 merkittiin ja vapautettiin ensimmäisen kerran akustisella lähetimellä merkityt ankeriaat, ja saatiin tietää, että ne vaelsivat Kymijoelta Tanskan salmille (Huusko, 2023).

Tieto vaelluskalojen reiteistä perustuu tällä hetkellä lähes kokonaan merkki-palautuksiin ja saalisnäytteiden analysointiin, joiden kautta tietoa saadaan siten vain niiltä alueilta, joilla kalastetaan. Koska tarkempaa tietoa kalojen vaellus-reiteistä on tällä hetkellä hyvin vähän, ja merituulivoimapuistoja ei Tahkoluodon lisäksi pohjoisella Itämerellä ole, on merituulivoiman vaikutuksia kalojen vaellukseen haastavaa arvioida. On mahdollista, että merituulivoimahankkeet voivat vaikuttaa vaelluskalojen käyttäytymiseen ja niiden reittien muutoksiin, mikäli kalat päätyvät kiertämään hankealueita. Lisäksi esimerkiksi ravintolajien määrä tai lajisto vaelluskalojen syönnösalueilla voi muuttua hankkeiden seurauksena, ja vaikuttaa siten syönnösvaellukseen. Myös vaelluspoikasiin kohdistuvat vaikutukset ovat merkittävä kysymysmerkki, sillä pieneltä vaikuttavat vaikutukset esimerkiksi poikas-vaiheen kuolleisuudessa voivat kertautua myöhemmässä vaiheessa. Vaelluskalojen suhteen tulisi yleisesti huomioida tuulivoimarakentamisen yhteisvaikutukset, sillä mikäli tulevaisuudessa Pohjanlahdella on merkittäviä määriä uusia häiriötekijöitä, ei ole tietoa, voivatko hankkeet häiritä kalojen vaellusta laajemmin kuin ennakoidaan. Asiantuntijahaastatteluiden perusteella vaelluskaloihin kohdistuvien vaikutuksien on todettu olevan yksi keskeisimpiä asioita, joita kalaston osalta merituulivoiman hankekehityksen yhteydessä tulisi jatkossa selvittää.

Vaikutukset kalastukseen

Merituulivoimahankkeiden kalastoon kohdistamat mahdolliset vaikutukset heijastuvat myös kalastuksen toimintaedellytyksiin ja voivat siten heikentää elinkeinon harjoittamisen mahdollisuuksia tai kannattavuutta nykytilanteeseen verrattuna. Vastaavalla tavalla kalastoon kohdistuvien vaikutuksien tiedon puute heijastuu siihen, että kalastukseen mahdollisesti aiheutuvien haittojen laajuudesta tarvittaisiin siten myös lisää tutkimustietoa.

Hankkeiden rakentamisvaihe saattaa aiheuttaa haittaa kalastukselle väliaikaisesti pohjanmuokkauksesta johtuvasta veden samentumisesta ja melusta johtuen esimerkiksi kalojen karkottumisen myötä, vähentäen siten kalansaaliita. Lisäksi rakentamisen aikana joudutaan todennäköisesti asettamaan liikkumisrajoituksia hankealueelle, mikä osaltaan haittaa niin kaupallista, kuin vapaa-ajan kalastustakin. Rakennusajan olosuhteiden nähdään kuitenkin tasaantuvan puistojen käytön aikana, viimeistään muutaman vuoden kuluttua rakennustöiden päättymisestä.

Vaikutukset kalastukseen talousvyöhykkeellä kohdistuvat erityisesti trooli-kalastukseen ja aluevesillä puolestaan rannikkokalastukseen. Rannikon alueet ovat yleisesti meriluonnon ja kalaston osalta monimuotoisempia ja matalikot ovat usein kaloille tärkeitä kutupaikkoja, mutta myös avomerellä on arvokkaita alueita kalastukselle. Kalastuksen osalta huolena on, että merituulivoimahankkeiden ylittäessä

merkittävästi merialuesuunnitelmaan merkittyjen energiatuotantoalueiden pinta-alan, merituulivoiman rakentaminen vie huomattavasti laajempia alueita erityisesti troolikalastukselta. Kutistuvat troolausalueet ja pidemmät matkat kalaparvien etsimiseen puolestaan lisäävät kalastamisen kustannuksia. Hankealueiden tuomien rajoitusten lisäksi myös hankkeiden kaapeli- ja putkireititykset rannikolle voivat häiritä kalastusta, joka voi yhä useammin ristettyä kaapelien ja putkien kanssa jatkossa.

Luonnonvarakeskus on hiljattain tehnyt selvityksen, jossa tarkasteltiin Suomen troolilaivaston kalastusalueita Itämerellä, sekä kysyttiin haasteltavilta myös merituulivoiman rakentamisen vaikutuksista troolaukseen (Luonnonvarakeskus, 2023). Selvityksessä haastateltujen kalastusyriyten edustajien mukaan suurilla trooleilla ei voitaisi pyytää silakkaa (tärkein saalislaji) merituulivoima-alueiden sisällä, sillä suurten troolien vetäminen edellyttää runsaasti tilaa (jopa 1 km:n pituisen troolin kanssa käännöksiin tarvitaan 2–3 km:n levyinen tila, lisäksi mahdolliset konevat tai vaikeat sääolot lisäävät tilantarvetta) ja erityisesti troolien tai niiden painojen mahdollinen osuminen peittämättömiin kaapeleihin nähtiin suurena riskinä. Toisaalta muikun troolauksessa Perämerellä käytettävät alukset ja troolit ovat selvityksen perusteella huomattavasti pienempiä ja ainakin periaatteessa troolaaminen voisi näillä siten onnistua myös tuulivoima-alueiden sisällä. Tässäkin tapauksessa riskinä kuitenkin nähtiin mahdollinen osuminen kaapeleihin.

Lisäksi asiantuntijahaastatteluissa kalastuksen osalta on tuotu esiin huoli siitä, että energiantuotantoa priorisoidaan sen merkittävien positiivisten taloudellisten ja yhteiskunnallisten vaikutuksien vuoksi muun merellä tapahtuvan toiminnan kuten kalastuksen kustannuksella.

3.3.1.3 Vaikutukset hankkeiden elinkaaren päässä

Merituulivoimahankkeiden toiminta-aika on lyhyt suhteessa ympäröivään meriluonnon ekosysteemiin ja sen muutokseen verrattuna, sillä merituulivoimaloiden käyttöikä on arviolta keskimäärin noin 30 vuotta. Asiantuntijahaastatteluiden perusteella tällä hetkellä ei vielä ole olemassa hyvää kuvaa, tai juurikaan käytyä keskustelua, saati viranomaisvaatimuksia siitä, mitä voimalarakenteille, kaapeleille ja putkille tapahtuu niiden käyttöään täytyttyä. Kuitenkin mikäli rakenteita puretaan pohjaa myöten ja pyritään ennallistamaan vedenalaista luontoa, voidaan purkutöistä syntyvien vaikutuksien olettaa olevan vastaavanlaisia hankkeiden rakentamisen aikaisten vaikutuksien kanssa, joskin ajallisesti todennäköisesti rajatumpia. Osittaisen purkamisen tapauksessa vaikutusten oletetaan puolestaan olevan vähäisempiä. Osittaisessa purkamisessa voidaan esimerkiksi gravitaatioperustan kiviverhoilu jättää merenpohjaan, jolloin se voi jatkaa toimintaa vedenalaisena riuttana.

3.3.1.4 Yleiset haasteet yhteensovittamiselle

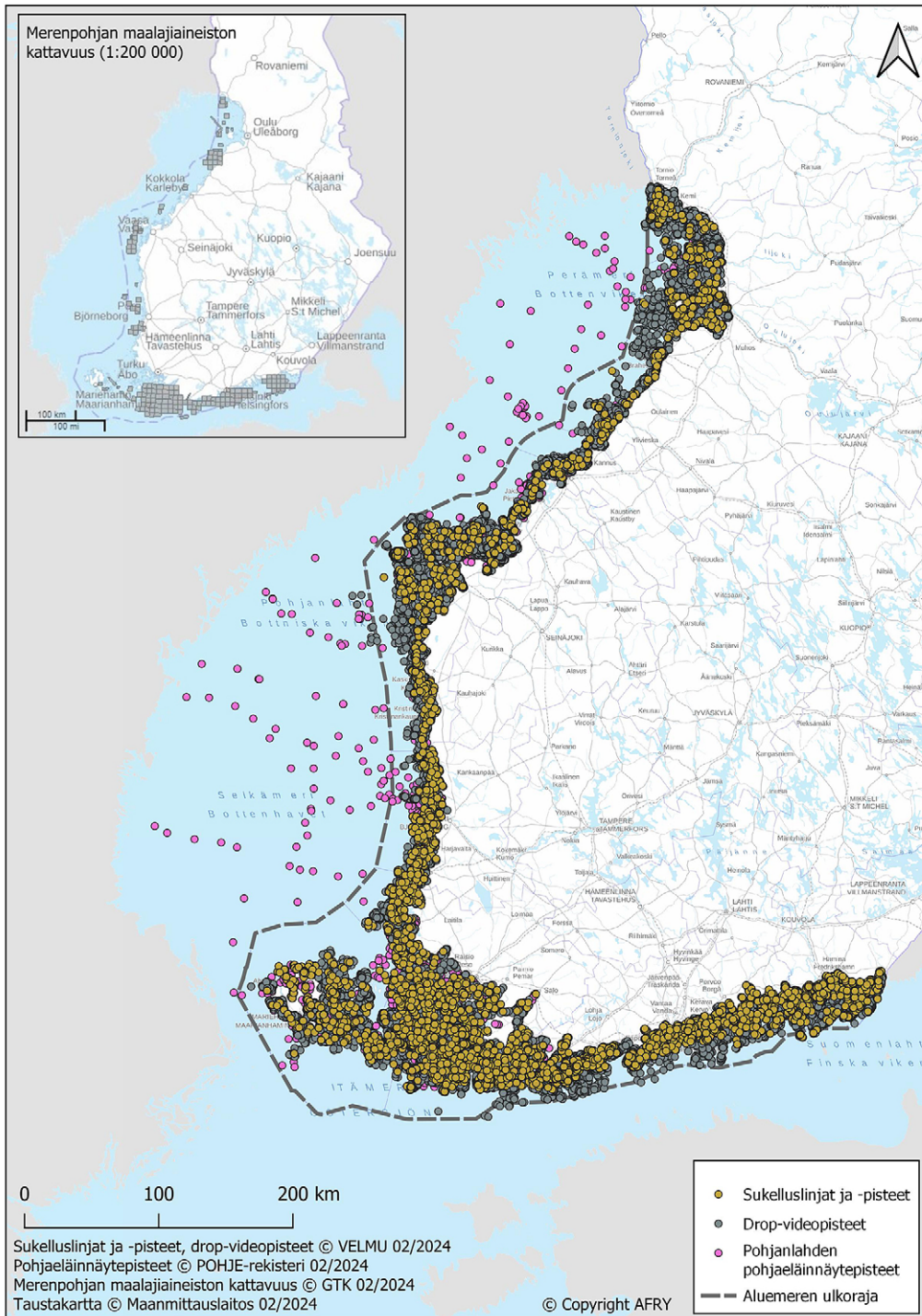
Tarvittavan tiedon puute

Merituulivoimahankkeiden aiheuttamat vaikutukset vedenalaiseen luontoon, kalastoon ja kalastukseen voivat olla hyvin tapauskohtaisia eri lajien ja luontotyyppien välillä. Vaikutukset voivat olla äärimmillään tuhoavia, aiheuttaa vain pientä haittaa, tai joissain tapauksissa olla mahdollisesti positiivisiakin. Edellä esiteltyjen tunnistettujen keskeisten vaikutuksien osalta onkin yleisesti huomioitava, että niiden toteutuminen on mahdollista ja niitä rajoittavat muuan muassa tutkimustuloksien vähyyks ja osin myös ristiriitaisuus. Lisäksi hankkeiden mahdolliset vaikutukset riippuvat vahvasti hankkeen sijainnista ja laajuudesta. Tutkimusten ja selvitysten perusteella haitallisia vaikutuksia voidaan tehokkaimmin vähentää sijoittelun avulla (Ympäristöministeriö, Linnustovaikutusten arviointi, 2016; Ympäristöministeriö, Tuulivoimarakentamisen suunnittelu, 2016). Maailmalla tutkittujen vaikutuksien suhteen on kuitenkin tärkeä ymmärtää, että ne eivät ole suoraan verrannollisia Suomen merialueiden ominaispiirteisiin, sillä Suomen merialueet eroavat alueista, jossa merituulivoimaa on jo hyödynnetty (mm. syvyyden, lajiston, suolapitoisuuden ja jääolosuhteiden osalta).

Haastateltujen meriluonnon asiantuntijoiden mukaan keskeinen haaste merituulivoiman ja kaikkien tässä työn osassa käsiteltyjen kolmen osa-alueen, vedenalaisen luonnon, kalaston ja kalastuksen, yhteensovittamisen osalta on olemassa olevan, Suomen meriluonnon ominaispiirteisiin soveltuvan tutkimustiedon vähyyks. Asiantuntijoiden mukaan Suomessa on tutkittu vedenalaista luontoa systemaattisesti vain parinkymmenen vuoden ajan, mikä on lyhyt aika todentaa erinäisten toimintojen vaikutuksia meriluonnolle. Systemaattisesti kerätyn tiedon on todettu olevan verrattain vähäistä, tarkoittaen, että puuttuvan tiedon osalta on turvauduttava laajasti mallinnettuun tietoon.

Vaikutusarvioinneissa tarvittavaa tietoa on yleisesti sitä vähemmän saatavilla mitä kauempana rannikosta sijaitsevaa aluetta merellä tarkastellaan. Siten tiedon vähyyks korostuu erityisesti Suomen talousvyöhykkeellä. Lisäksi aluevesiltäkään kerätty tieto ei vielä ole tarpeeksi kattavaa, ja jotkin aineistot ovat myös vanhentuneita. Asiantuntijoiden näkemystä tiedon vähäisyydestä erityisesti talousvyöhykkeellä tukee Vedenalaisen meriluonnon monimuotoisuuden inventointiohjelmaan, VELMUun, kerätty tieto vedenalaisten luontotyyppien, lajien ja niiden muodostamien yhteisöjen esiintymisestä Suomen merialueilla (Ympäristö.fi, 2023). VELMUun on kerätty havaintoja yli 170 000 havaintopisteeltä, mutta vain hyvin pieni osa näistä sijaitsee Suomen talousvyöhykkeellä (Kuva 3-9). On silti huomioitava, että on olemassa myös muita meriluonnon tiedon lähteitä, vaikka VELMU ei talousvyöhykkeen alueella olekaan ensisijainen tiedon tarjoaja. Alla esitellysti esimerkiksi POHJE-rekisteriin on kerätty tietoja pohjaeläinnäytepisteiltä, joita sijaitsee myös Suomen talousvyöhykkeen alueella Pohjanlahdella.

Kuva 3-9: VELMU-ohjelmassa kerätyt sukellus-, drop-video- ja ROV-inventointipisteet, POHJE-rekisterin pohjaeläinnäytepisteet ja GTK:n merenpohjan maalajijaineiston kattavuus (VELMU, 2023)



Yleisesti ottaen merituulivoiman haitallisten vaikutuksien oletetaan olevan vähäisempiä syvemmille merialueille hankkeita rakennettaessa, sillä Suomen rannikolla. On silti huomioitava, että vaikka talousvyöhykkeellä ollaan keskimäärin syvemmällä kuin aluevesillä, on näilläkin alueilla olemassa matalikkoja, ja muita meriluonnon kannalta tärkeitä alueita tai lajiesiintymiä, joista ei välttämättä nykytilanteessa tiedetä tarpeeksi.

Joiltain osin tiedon kerääminen on myös nykyisellään rajoitettua, sillä Suomen Puolustusvoimat rajoittaa merenpohja-aineiston **systemaattista keräämistä ja käsittelyä** erilaisin suojaustasoin, joissa on määritelty kuinka tietoa saa käsitellä ja luovuttaa. Puolustusvoimien lupavaatimus koskee kuitenkin vain Suomen aluevesiä, eli lupaa ei tarvita talousvyöhykkeellä toimittaessa.

Merituulivoimahankkeiden vaikutukset vedenalaiseen luontoon, kalastoon ja kalastukseen voivat myös mahdollisesti kertautua merkittävässä määrin (esimerkiksi pohjan muokkaamisen aiheuttama ravinnon häviäminen vaikuttaa kalastoon, ja kertautuu edelleen kalastukseen, tai vaelluskalojen kulku häiriintyy useiden hankkeiden seurauksena), aiheuttaen siten tarpeen hankkeiden kumulatiivisten ja yhteisvaikutuksien arvioinnille. Merituulivoiman tuodessa suuren muutoksen merialueiden nykyisiin toimintoihin verrattuna, on mahdollista, että huomiotta jää esimerkiksi jokin avainlaji, joka voisi aiheuttaa toisaalle kertautuvia vaikutuksia.

Tiedon keruuseen käytettävissä olevien resurssien vähyys

Tutkimustiedon yleisen vähyden lisäksi meriluonnon asiantuntijat toivat haastatteluissa esiin tiedonkeruuseen ja kartoitukseen vaadittavien resurssien puutteen. Mikäli tiedonkeruuseen ei panosteta riittävästi ja riittävän ajoissa, tietoa ei välttämättä ehditä kerätä tarpeeksi hankekehityksen edetessä nopealla tahdilla. Tämä luo riskin siitä, että meriluonnon kannalta olennaisia seikkoja jää huomioimatta, ja haitalliset vaikutukset havaitaan jälkikäteen vasta puistojen ollessa käytössä. Resurssien, sekä rahallisten että osaamisen, puutteen nähdään vaikeuttavan tiedonkeruuta ja kartoittamista kautta linjan, sillä resurssipuutteita tuotiin esille muun muassa ympäristöministeriön, maakuntaliittojen, ELY-keskusten kuin konsulttien osalta.

Yhteisvaikutuksien arviointi ja vastuunjaon puute

Merituulivoimapuistojen ympäristövaikutuksien arviointiprosessissa (YVA) on lain mukaisesti huomioitava jo toiminnassa olevien ja/tai hyväksytyjen hankkeiden vaikutukset (Finlex, 2017). Haasteena kuitenkin on, kuinka paljon mahdollisesti hyvin laajalle leviäviä vaikutuksia voidaan edellyttää selvitettäväksi yksittäisessä

hankkeessa, kuinka vaikutukset arvioidaan suhteessa toisiin hankkeisiin oman valtion sisällä sekä kansainvälisten rajojen yli, mitä tietoa hankkeiden välillä voidaan jakaa, ja mikä ylipäätään olisi riittävä taso yhteisvaikutusten arvioinnille. Lisäksi on epäselvää, miten ja kenen toimesta meriluonnon vaikutusten tiedonkeruu ja hankealueita ympäröivien alueiden kartoittaminen tulisi koordinoida ja miten tämä voitaisiin toteuttaa oikeudenmukaisesti esimerkiksi pohjoisen Itämeren alueen laajuisesti. Myös tiedonkeruun rahoittaminen tulisi toteuttaa tasapuolisesti. Yhteisvaikutusten arviointia vaikeuttaa myös hankkeiden laajamittaisuus sekä eriaikaisuus. Vaikutuksista tulisi kyetä erottamaan myös muut meriluonnon tilaan vaikuttavat tekijät, kuten ilmastonmuutos.

3.3.2 Potentiaaliset vaikutusten kartoittamisen ja arvioinnin menetelmät paremman tiedon tuottamiseksi päätöksenteon tueksi

3.3.2.1 Vedenalaisen luonnon potentiaaliset vaikutusten kartoittamisen ja arvioinnin menetelmät

Haastateltujen meriluonnon asiantuntijoiden mukaan merituulivoiman vedenalaisen luontoon kohdistamien vaikutusten kartoittamisessa ja arvioinnissa tulisi jatkossa kasvattaa kerättäviä näytepistemääriä, hyödyntää laajemmin erilaisia mittalaitteita, velvoitetarkkailua, kaukokartoitusta ja akustisia menetelmiä, sekä käyttää ja yhdistää eri menetelmiä kohdennetusti tarpeen mukaan. On huomioitava, että vedenalaisen luonnon kartoittamista ja menetelmien käyttöä saattavat Suomen aluevesillä rajoittaa Puolustusvoimien maanpuolustukselliset tarpeet pohja-aineiston hyödyntämisen suhteen. Tietyiltä osin alla esiteltyt menetelmät ovat jo nykyisellään käytössä, mutta niiden käytön lisääminen tai käyttötapojen laajentaminen olisi suositeltavaa.

- Meriluonnosta kerättävien näytepistemäärien (mm. pohjaeläimet, makrofytyt) suhteen asiantuntijat ovat todenneet nykyisellään hyödynnettävien, sekä julkisesti saatavilla olevien että hankkeiden YVA-menettelyn yhteydessä kerättyjen näytepisteiden olevan vähäisiä. Lisäksi julkisesti saatavilla olevien näytepisteiden vähyys korostuu yleisesti mitä kauempana merellä sijaitsevia alueita (talousvyöhyke) tarkastellaan. Toisaalta näytepistemääriä on saatu viime aikoina kasvatettua, mutta tästä huolimatta näytteitä ei edelleenkaan kerätä riittävästi. Haastattelujen perusteella esimerkiksi Metsähallitus on analysoinut näytepisteiden vähimmäisrajaa, mutta käytännössä määrittelyn on kuitenkin todettu olevan hankalaa, koska hankealueet eroavat toisistaan. Nykyinen VELMU-ohjeistus on pääasiassa suunniteltu matalampien, lähempänä rannikkoa olevien alueiden

kartoitukseen eikä välttämättä näin ollen soveltu syviin avomeren merituulivoimahankkeisiin. Viranomaiselta saatavan ennako-ohjauksen avulla tulisi voida määrittää mikä on näytepistemäärän suhteen tarvittava taso, sekä pyrkiä antamaan jonkinlainen vaihteluväli niiden riittävyydelle tarkasteltavan alueen mukaan.

- Haastatellut asiantuntijat ovat ehdottaneet erilaisten mittalaitteiden käyttöä merituulivoimapuistoissa niiden rakentamisen ja toimintavaiheen aikana. Viranomaisvoimi voisi esimerkiksi määrittää kiintoainekuormalle sallitun enimmäismäärän ja veden samentumista voisi seurata työmaalle asennettavilla mittalaitteilla ja tarvittaessa keskeyttää samentumista aiheuttavat työt. Mittalaitteiden käyttö hankkeissa voisi olla viranomaisvaatimus.
- Kaukokartoitus on nykyisellään vakituksessa luokittelukäytössä klorofyllin osalta. Teknologian kehittyessä kaukokartoitusmenetelmiä nähdään otettavan yhä enemmän käyttöön erityisesti monimuotoisilla, matalilla merialueilla, mutta käyttöönotto edellyttää eri kaukokartoitusmenetelmien ja niiden soveltuvuuden tutkimusta. Itämeri on suhteellisen samea, mikä saattaa rajoittaa kaukokartoitusmenetelmien soveltuvuutta.
- Merenpohjan geologian tutkimisessa käytettyjä akustisia menetelmiä voidaan hyödyntää sedimenttien ja tiettyjen luontotyyppien kartoittamisessa. Geologisten pohjatutkimusten perusteella voidaan edelleen kohdistaa tarkempia tutkimuksia halutuille alueille.
- Edellä esitettyjä eri menetelmiä voidaan myös käyttää ja yhdistää kohdennetusti tarpeen mukaan, huomioiden, että kaikki menetelmät eivät sovi kaikkialle. Muun muassa monet tarkkailumenetelmät on tehty rannikkovesiä varten, mutta syvemmillä alueilla kaukana rannikosta ne eivät ehkä toimikaan, minkä tulisi heijastua arvioinneissa käytettäviin ja viranomaisvaatimiin menetelmiin. Esimerkiksi sameuden kaukokartoituksen osalta droneilla kuvattua dataa voidaan yhdistää satelliittidatan kanssa. Toinen esimerkki menetelmien yhdistämisestä on pohjanäytteenottojen suorittaminen kartoittamalla ensin laajempaa aluetta akustisesti (kartoitus pohjan pehmeydestä) ja luomalla pohjakartta, ja vasta tämän jälkeen suunnitteleamalla tarkennettu näytteenotto ja käytetty menetelmä. Myös eri paikkatietoaineistojen ja maastosta kerättyjen havaintojen synteetisomainen tarkastelu olisi mahdollista laajemmin hyödyntää.
- Lisäksi haastatteluissa on ehdotettu ennakkoon ja puistojen toiminnan aikana tehtävän velvoitetarkkailun lisäämistä. Velvoitetarkkailuun liittyen näytteenottoon pohjautuvat menetelmät tulisi toteuttaa niin, että rinnakkaisnäytteitä ei otettaisi toistuvasti samalta asemalta, vaan näytteenotto tulisi hajauttaa luotettavuuden ja laajuuden parantamiseksi.

3.3.2.2 Kalaston potentiaaliset kartoitus- ja vaikutusarvioinnin menetelmät

Meriluonnon asiantuntijoiden haastatteluiden perusteella merituulivoiman kalastoon kohdistuvien vaikutuksien kartoittamisessa ja arvioinnissa tulisi jatkossa hyödyntää ns. hybridimenetelmiä, luoda seurantalinjastoja vaelluskalojen seurantaan varten, hyödyntää laajemmin akustisia menetelmiä, sekä arvioida eDNA:n potentiaalia jatkossa muita menetelmiä täydentävänä menetelmänä. Tietyiltä osin alla esitellyt menetelmät ovat jo nykyisellään käytössä, mutta niiden käytön lisääminen tai käyttötapojen laajentaminen olisi suositeltavaa.

- Hybridimenetelmillä tarkoitetaan eri menetelmien käyttöä ja yhdistämistä kohdennetusti tarpeen mukaan. Mahdollisiin keskenään yhdistettäviin menetelmiin kuuluvat muun muassa nykyisin käytössä olevat kyselyt kaupallisille kalastajille, hankealueiden kaikuluotaukset, verkko- ja koekalastukset, sekä habitaattikartoitukset sukelluksien ja drop-videoinnin avulla. On kuitenkin huomioitava, että monilla edellä mainituilla menetelmillä voidaan suorittaa vain suhteellisen pienimuotoista ja tarkentavaa kartoitusta merituulivoiman hankealueiden laajuuteen verrattuna. Tämän vuoksi muita menetelmiä hyödyntämällä (mm. akustinen pohjakartoitus) tulisikin ensin kohdistaa tarkemmat selvitykset oikeille alueille.
- Tietoa vaelluskalojen liikkeistä voidaan kerätä perustamalla seurantalinjastoja, joissa asetettaisiin mittalaitteet keskeisten kulkukohtien, kuten Pohjanlahden Merenkurkun yli, ja erikseen keskeisiin jokiin jokikutuisten vaelluskalojen seuraamiseksi.
- Akustisilla menetelmillä voidaan jatkossa kerätä kalastotietoa kalojen liikkeiden (ml. vaellus) ja käyttäytymisen muutoksista ja eri habitaattien hyödyntämisestä merituulivoimaa rakennettaessa ja sen käytön aikana. Akustisten menetelmien kehitys on asiantuntijoiden mukaan jo pitkällä, ja tarvittavan verkoston rakentaminen onkin lähinnä resurssikysymys. Merituulivoimapuistojen lisäksi vastaanottimia tarvittaisiin myös muualle merialueille.
- Eliöiden ympäristöönsä vapauttamaan DNA:han perustuva eDNA (environmental DNA) on uusi kartoitusarvioinnin menetelmä, jota toisaalla on jo hyödynnetty (mm. Ruotsissa verkkokalastuksen rinnalla). Menetelmälle nähdään tulevaisuudessa potentiaalia muita menetelmiä täydentävänä, mutta ei niitä korvaavana menetelmänä, sillä eDNA:han liittyy paljon epävarmuustekijöitä. Vaikka DNA kertoo lajin havainnosta, on havainnon paikkaan sitominen haastavaa, sillä DNA voi olla kulkeutunut virtausten mukana toisaalta havaintoalueelle. Lisäksi DNA-havainnon avulla ei voida eritellä tunnistetun lajin lukumäärää tai biomassaa, tai esimerkiksi päätellä onko havaittu laji liikkeessä vai paikallaan merialueella (mm. kutemassa).

3.3.2.3 Kalastuksen potentiaaliset vaikutusten kartoittamisen ja arvioinnin menetelmät

Meriluonnon asiantuntijoiden haastatteluiden perusteella merituulivoiman kalastukseen kohdistamien vaikutuksien kartoittamisessa ja arvioinnissa tulisi jatkossakin hyödyntää jo käytössä olevia menetelmiä. Näitä ovat ammattikalastajien haastattelut, kyselyt, ja viranomaistietojen, kuten saalisilmoitusten ja saaliin purkupaikkatietojen hyödyntäminen kartoittamisen tukena. Näillä menetelmillä voidaan kerätä tietoa muun muassa kalastuksen määrästä sekä kalastuspaikoista, ja näiden muutoksista. Haasteena on, että kaiken kerätyn tiedon ei nähdä olevan helposti saatavilla ja tietoa on eri muodossa eri paikoissa. Lisäksi kartoitukset keskeisillä alueilla aloitetaan verrattain myöhään suhteessa hankkeiden kehitysvaiheeseen. Viimeaikaisena kehityskohtana Luonnonvarakeskuksen teettämä selvitys Suomen troolilaivaston kalastusalueista Itämerellä kuitenkin kokoaa kalastustietoa yhteen (Luonnonvarakeskus, 2023). Lisäksi kalastuksen kartoittamisen on kuitenkin todettu olevan helpompaa vedenalaisen luonnon ja kalaston kartoittamiseen verrattuna, sillä seuranta on jo nyky menetelmien kautta järjestettävissä. Koska kalastukselle aiheutuvat mahdolliset vaikutukset riippuvat myös merkittävästi merituulivoiman aiheuttamista vaikutuksista kalastoon, on kalaston kartoitus- ja vaikutusarvioinnin menetelmien kehittäminen yllä esitetystä keskeistä myös kalastukselle kertautuvien vaikutusten ymmärtämiseksi.

3.3.2.4 Vaikutusten kartoittamisen ja arvioinnin menetelmien kehittäminen yleisesti

Edellä esiteltyjen vedenalaiselle luonnolle, kalastolle ja kalastukselle keskeisten kartoitus- ja vaikutusarvioinnin menetelmien lisäksi meriluonnon asiantuntijat nostivat haastatteluissa esiin näitä kaikkia yhteisesti koskevia kehityskohtia, jotka liittyvät muun muassa tiedon keräämisen lisäämiseen ja jakamiseen, tiedonkeruun vastuisiin ja resurssikysymyksiin, sekä kansainväliseen yhteistyöhön.

Tiedon keräämisen lisääminen

Merituulivoimahankkeiden mittakaava on ennennäkemättömän suuri, sillä hankealueet ovat jopa yli 2 000 neliökilometrin laajuisia. Siten muiden merellisten toimintojen ja meriluonnon yhteensovittamisen kannalta tulee panostus kartoituksiin olla merkittävästi nykyistä laajempaa, sekä maantieteelliseltä laajuudeltaan että ajallisesti. Asiantuntijoiden mukaan kartoitus- ja vaikutusarviointialueiden tulisi kattaa myös hankkeita ympäröivät alueet nykyistä laajemmin, jotta voidaan tunnistaa, ovatko mahdollisesti havaitut muutokset myös laajemmalla mittakaavalla merkityksellisiä. On tärkeä huomioida, että on lajiriippuvaista, kuinka laajan alueen kartoittaminen on kullekin lajille riittävää, sillä lajien paikallisuus vaihtelee.

Hankkeiden elinkaaren aikaisten vaikutusten seuranta vaatii laajan ajanjakson, joten seuranta tulisi systemaattisesti aloittaa jo etupainotteisesti ennen hankkeiden rakentamisen alkamista, ja sitä tulisi jatkaa edelleen hankkeiden rakentamisen aikana ja puistojen ollessa käytössä, sekä lopulta niiden elinkaaren päättyessä. Hankkeiden elinkaaren tietyin väliajoin kattavien vaikutusten arvioinnin lisäksi tietoa tulisi kerätä myös ympärivuotisesti.

Koska potentiaalisesti tarkasteltavien lajien kirjo on suuri ja kaikkien lajien seuraminen ei ole käytännössä mahdollista, tulisi asiantuntijahaastatteluiden perusteella selvittää ja valita merituulivoiman vaikutusten seurantaan sopivat indikaattorilajit. Indikaattorilajien tunnistamiseksi nähdään tarve aloittaa nopealla aikataululla uusi tutkimushanke, jossa indikaattoreita voitaisiin rakentaa esimerkiksi nykyisin käytössä olevan VELMU-menetelmän ympärille. Esimerkiksi rakkohauru on laji, joka jo nykyisellään toimii seurattavana indikaattorilajina VELMUssa (rehevöitymisen suhteen), jolloin voitaisiin tutkia, soveltuisiko esimerkiksi tämä laji merituulivoiman vaikutusten seurantaan mahdollisten muiden määriteltävien lajien ohella.

Kartoittamisessa ja vaikutusten arvioinnissa voidaan nykyisellään käytössä olevien menetelmien lisäksi soveltuvilta osin hyödyntää aiemmin kuvattuja potentiaalisesti hyödyllisiä menetelmiä, joita ei välttämättä ole käytetty vielä laajalti, tai jopa lainkaan. Lisäksi on tarve selvittää mitä mahdollisuuksia jatkossa esimerkiksi uusilla mallinnusmenetelmillä ja riskiarvioinneilla voisi olla vaikutusarvioinnin tukena.

Tiedon jakaminen eri toimijoiden välillä

Merituulivoiman meriluontoon kohdistamien mahdollisesti kumuloituvien sekä laajojen yhteisvaikutusten arviointi edellyttää yhteistyötä eri toimijoiden kesken. Nykyinen asetelma, jossa kilpailevista ja päällekkäisistä merituulivoimahankkeista kerätään tietoa, jota ei jaeta muille hankekehittäjille tai viranomaisille, on kokonaisuutena haitallinen ja resurssien käytön suhteen tehoton tapa vaikutusten arvioimiseksi. Toisaalta on myös kohtuutonta vaatia yhtä hanketta selvittämään koko Pohjanlahden tai laajemmin Itämerelle kohdistuvia mahdollisia vaikutuksia, joten hankkeiden ja muiden toimijoiden välistä yhteistyötä tulee selvästi edistää.

Haastateltujen asiantuntijoiden mukaan yhteisvaikutusten selvittämiseen tähtäävää työtä tulisi toteuttaa nykyistä laajemmin yhteistyössä eri tutkimuslaitoksien (mm. Luonnonvarakeskus, Suomen ympäristökeskus, Ilmatieteenlaitos, ja Geologian tutkimuskeskus) kanssa. Olemassa olevan tiedon vähyyden vuoksi kaikista lähteistä saatavan tiedon ja sen yhdistämisen koetaan olevan arvokasta, joten tutkimuslaitoksien lisäksi myös valtion/viranomaisten sekä hankekehittäjien keräämää tietoa

tulisi mahdollisimman laajasti hyödyntää. Tämän edellyttämiseksi on tärkeää ylläpitää jatkuvaa vuoropuhelua keskeisten sidosryhmien kanssa hankkeiden kehityksen alusta alkaen.

Aineistojen laajemman hyödyntämisen ja aiempaan tietoon vertaamisen mahdollistamiseksi kerätyn tiedon tulisi myös olla mahdollisimman yhdenmukaista eri toimijoiden välillä. Esimerkiksi yhteisvaikutuksien arviointiin voidaan ottaa esimerkkiä merialuesuunnitelmaan tehdystä työstä, sekä sitä laajentamalla. Haastattelujen perusteella ylipäänsä on myös olemassa paljon tietoa, jonka digitalisoiminen ja saattaminen esimerkiksi karttapalveluihin olisi tiedon tehokkaan jakamisen kannalta olennaista.

Tiedon avoimuuden lisäämisen suhteen edeltävissä hankkeissa kerätty tieto tulee jollain tavalla saattaa myös muiden toimijoiden käytettäväksi, sillä laaja-alainen kirjoittaminen ja yhteisvaikutuksien huomiointi on muutoin vaikeaa. Yhtenä ratkaisuvaihtoehtona hankekehittäjien keräämän tiedon jakamisen suhteen haastatteluissa nousi esille, että viranomaiset voisivat koordinoida päällekkäisiä hankkeita siten, että voitaisiin sopia raamit sille, kenen vastuulla on selvittää mikäkin asia, ja miten selvityksien kustannukset voisivat jakautua. Haasteena on kuitenkin muun muassa hankekehityksen eriaikaisuus. Lisäksi haastatteluissa ehdotettiin, että mikäli kerättyä tietoa ei voida hankekehittäjien välillä oikeudenmukaisesti jakaa, tulisi aineistoja silti voida saattaa ainakin viranomaisten hyödynnettäväksi nykyistä paremmin, esimerkiksi edellyttämällä aineistojen syöttäminen ympäristön tilatiedon järjestelmiin. Tarvittaessa aineistot voitaisiin myös rajoittaa vain viranomaiskäyttöä varten hyödynnettäväksi.

Tiedonkeruun vastuut ja resurssit

Yhteisvaikutuksien arviointi edellyttää laajaa yhteistyötä ja koordinointi eri toimijoiden välillä on arvioinnin onnistumisen ja tehokkuuden kannalta keskeistä. Yhteisvaikutuksien arviointiin ei kuitenkaan tällä hetkellä ole olemassa määriteltyä kokonaisvastuullista tahoja, jolloin kokonaiskuva ei ole selkeä.

Kerättävän tiedon tarpeen ja mittakaavan ollessa suuri, tulee voimavaroja kirjoittamiselle yhdistää eri toimijoiden välillä, sekä päättää tiedonkeruuta koordinoivasta tahosta. Asiantuntija haastatteluiden perusteella valtion, täydennettynä viranomaisilla ja asiantuntijaorganisaatioilla, rooli tiedon keräämisessä nähdään olennaiseksi, jotta kerätty tieto olisi mahdollisimman yhdenmukaista ja myös avoimesti kaikkien toimijoiden hyödynnettävissä. Valtion, viranomaisten ja asiantuntijaorganisaatioiden roolina voisikin olla tarvittavan ns. pohjatiedon kerääminen. Lisäksi näiden tahojen roolina voisi olla tiedon keräämisen koordinointi ja

ohjeistaminen, jotta käsitys kokonaisuudesta ja kattavuudesta on mahdollista säilyttää. Yhtenä ratkaisuna pohjatiedon keräämiselle haastatteluissa ehdotettiin valtion, viranomaisten ja keskeisten asiantuntijaorganisaatioiden toteuttamaa suuremman mittakaavan kartoitusprojektia, joka tulisi toteuttaa mahdollisimman pian ennen hankkeiden laajamittaisen rakentamisen alkamista. Valtiovetoisesti kerättävän pohjatiedon lisäksi tätä täydentävä ja tarkempi tiedonkeruu tulisi toteuttaa ja rahoittaa merituulivoimahankkeiden kautta.

Haastatteluiden perusteella yhteisvaikutuksien kartoittamisen rahoituksen suhteen tulisi yhdistää sekä hankekehittäjiä että julkisten tahojen rahoitus. On kuitenkin epäselvää, mikä taho voisi rahoittaa yhteisvaikutuksiin liittyvän tiedonkeruun, mikäli hankkeilla ei ole vielä tarvittavia lupia. Toisaalta esimerkiksi viimeaikaisessa Velmu-seminaarissa on tuotu esille mahdollisuus hankekehittäjiä halukkuudesta pääasiallisesti rahoittaa esimerkiksi vaelluskalojen tutkimusta, mikä on keskeinen merituulivoiman yhteisvaikutuksiin kuuluva tutkimuskohde. Rahallisten resurssien lisäksi tulisi kiinnittää huomiota myös osaamiseen, sillä haastateltujen asiantuntijoiden mukaan tällä hetkellä ei ole saatavilla riittävästi päteviä osaajia vaikutusten arvioimiseksi.

Kansainvälisen yhteistyön hyödyntäminen ja kehittäminen

Suomen rajojen sisällä tehtävien kartoitus- ja vaikutusarvioinnin kehittämistoimien lisäksi tulee huomioida myös kansainvälinen näkökulma, sillä vaikutukset vedenalaiseen luontoon, kalastoon ja kalastukseen voivat vaikuttaa myös rajat ylittävästi ja jopa Itämeren laajuisesti esimerkiksi vaelluskalojen osalta. Suomen sisäisten vastuukysymyksiä tapaamalla maiden välisellä taholla ei kuitenkaan ole tästä kokonaisvastuuta, jolloin kokonaiskuvan muodostaminen usean maan suunnitelmassa merituulivoimaa on haastavaa.

Keskeisten valtioiden välinen koordinaatio kansainvälisen yhteistyöelimen kautta on olennaisessa asemassa yhteisvaikutusten arvioinnille. Esimerkiksi HELCOM:in (The Baltic Marine Environment Protection Commission, Helsinki Commission) kaltaisesta toiminnasta voitaisiin ottaa mallia tämänkaltaisen elimen luomisessa. Elimen kautta voitaisiin koota tietoa hankesuunnitelmista, kartoitus- ja vaikutusarvointiin käytetyistä menetelmistä ja jo havaituista vaikutuksista sekä vaikutuksien pienentämisen tai estämisen keinoista.

Esimerkkinä HELCOM:in kansainvälinen koordinaatio-/työryhmä tuottaa meriluontoon liittyvää tietoa Itämeren laajuisesti ja karttapohjaisesti. Tavoitteena on myös merituulivoima-alueiden lisääminen kartalle, ja siten jollain tapaa arvioida, miten ne voisivat vaikuttaa meriluontoon. Konkreettisenä esimerkkinä

toteutuneesta maiden välisestä yhteistyöstä on muun muassa pikkuvalassopimus ASCOBANS (Agreement on the Conservation of Small Cetaceans of the Baltic, North East Atlantic, Irish and North Seas), jonka suhteen valmistellaan ohjeistusta merituulivoiman kehittämisen osalta.

3.3.3 Toimenpiteitä vedenalaiseen luontoon, kalastoon ja kalastukseen kohdistuvien haitallisten vaikutuksien vähentämiseksi

3.3.3.1 Hankkeiden sijoitteluun liittyvät ehkäisevät toimet

Merituulivoimahankkeiden huolellinen sijoittelu on tehokkain tapa ehkäistä ja vähentää niiden vedenalaiseen luontoon, kalastoon ja kalastukseen mahdollisesti kohdistamia haitallisia vaikutuksia.

Merituulivoimapuistojen sijoittamista suoraan kaikkein haavoittuvimmille, koskemattomille ja matalimmille alueille tulisi välttää. Näitä ns. no go -alueita voisivat olla muun muassa riutat ja lisääntymis-/kutualueet, luonnonsuojelualueet ja muut arvokkaat luontoalueet, sekä meriluonnon monimuotoisuuden ja kalastuksen keskittymät. Sijoittelua voitaisiin suunnata alueille, joilla on jo aiempaa infrastruktuuria, esimerkiksi läheisen teollisuuden osalta. Vältettävien alueiden määrittäminen voidaan kuitenkin tehdä vasta edellisessä luvussa käsiteltyjen tutkimustiedon kartuttamisen ja kartoitus- ja vaikutusarvioinnin menetelmien kehittämisen seurauksena, sillä puutteellisen tiedon ja vaikutuksien ymmärtämisen valossa näiden alueiden määrittäminen on haastavaa. Yleisesti mitä tarkempaa rajausta vältettävistä alueista halutaan tehdä, sitä tarkempaa tietoa tarvitaan.

Pääsääntöisesti aluevesiä syvemmälle ja kauempana rannikkoalueista sijaitsevalle talousvyöhykkeelle hankkeet sijoittamalla haitallisten vaikutuksien oletetaan nykytiedon valossa olevan pienempiä. Vaikutusten arvioinnissa on kuitenkin tärkeä huomioida, että talousvyöhykkeeltä kertynyt tieto meriluonnosta ja sille mahdollisesti aiheutuvista vaikutuksista on merkittävästi vähäisempää aluevesiin verrattuna.

Voimaloiden lisäksi hankkeisiin liittyvien kaapelointien ja/tai putkiyhteyksien, sekä niiden rantautumispisteiden sijoittelu on merituulivoiman aiheuttamien mahdollisten vaikutuksien kannalta keskeisessä roolissa, sillä näitä yhteyksiä joudutaan viemään mantereelle myös matalampien rannikon merialueiden läpi. Haastateltujen asiantuntijoiden mukaan luontoarvojen kannalta kaapelien ja/tai putkien sijoittelu kannattaisi toteuttaa mahdollisimman keskitetysti rannikkoalueiden läpi.

Kaapelien sähkömagneettisten kenttien mahdollisten vaikutuksien vähentämiseksi toisaalla tehdyissä tutkimuksissa kaapelit on suositeltu haudattavan vähintään metrin syvyydelle pohjasta tai käytettävän kaapeleiden peittämiseen sellaisia materiaaleja, jotka vaimentavat sähkömagneettista säteilyä tehokkaasti, jotta haittavaikutukset voidaan minimoida (Soukissian, ym., 2023). Lisäksi kaapelit voidaan valita ominaisuuksiltaan ja teknisiltä ratkaisuiltaan sellaisiksi, että niiden aiheuttama sähkömagneettinen kenttä olisi mahdollisimman heikko (Öhman; Sigray; & Westerberg, 2007). Kaapelien syvemmälle hautaaminen heikentää niiden vesipatsaaseen aiheuttamaa sähkömagneettista kenttää, mutta kääntöpuolena syvemmälle haudatessa joudutaan muokkaamaan enemmän merenpohjaa. Toisaalta kaapelien sijoittaminen pohjan pinnalle luo alueelle fyysisiä esteitä, jotka edelleen voivat vaikuttavat alusten ankkurointiin ja kalastusmahdollisuuksiin (mm. pyydyksiin ja trooliin tarttumisen riski) alueella.

3.3.3.2 Rakennustöiden aikaiset vaikutuksien vähentämisen toimet

Koska kaikkien haitallisten vaikutuksien syntymistä merituulivoimahankkeita rakentaessa ei kuitenkaan voida välttää, tulee niiden merkittävyyttä pyrkiä erinäisten ratkaisujen avulla minimoimaan. Esimerkiksi erilaiset suojautumismenetelmät, kuten meluhallintaan käytettävät kuplaverhot, tai kiintoaineen ja siten veden samentumisen leviämisen estoon käytettävä suojaverhot ovat haastateltujen meriluonnon asiantuntijoiden esiin tuomia potentiaalisia menetelmiä. Lisäksi erilaiset tekniset suunnitteluratkaisut ja -valinnat voimaloiden rakenteissa, kuten vaihdelaatikoissa, generaattoreissa ja erityisesti turbiinien lavoissa (mm. lapojen etu- ja takareunan sekä kärjen profiilit, kuten takareunan sahalaitainen muotoilu) voivat osaltaan vähentää niiden aiheuttamia meluhaittoja (Deshmukh; Bhattacharya; Jain; & Paul, 2019).

Erilaisilla perustustavoilla on erilaisia vaikutuksia meriluontoon. Muun muassa paaluperustus aiheuttaa rakentamisaikana merkittävimmät meluvaikutukset, kun taas gravitaatioperustuksissa meluvaikutukset ovat vähäisemmät, mutta sameuden leviäminen yleensä suurempaa kuin paaluperustuksessa. Näin ollen perustustavan valinnalla voitaisiin vähentää tiettyjä haitallisia vaikutuksia, mutta on tärkeää ottaa huomioon, että perustustapa valitaan pääosin teknistaloudellisten perusteiden pohjalta, eikä pelkästään vaikutusperusteisesti. Voimalakohtainen perustustapa voidaan lukita suunnittelun melko myöhäisessä vaiheessa, kun merenpohjan kairaukset on tehty. Merenpohjan kairaaminen on hyvin kustannusintensiivistä, jonka vuoksi se tyypillisesti sijoittuu hankkeen suunnitteluelinkaaren loppuvaiheeseen, jolloin investointivarmuus on riittävä. Usein vesilupaa haettaessa ei vielä ole niin tarkkoja tietoja merenpohjan rakenteesta, että voitaisiin valita jokaiselle

voimalapaikalle sopiva perustustapa. Näin ollen hankkeiden sujuvan luvittamisen näkökulmasta on tärkeää, että vesilupaa haettaessa perustustapojen valinnan suhteen sallitaan riittävä liikkumavara.

Meriluonnon kannalta keskeisten alueiden lähelle sijoitettavien voimaloiden rakennustöitä voidaan myös koordinoitusti aikatauluttaa niin, että rakennustyöt suoritetaan näiden paikkojen kannalta pienimpiä haitallisia vaikutuksia tuottavaan aikaan. Vaikutuksia aiheuttavia työvaiheita voidaan kohdentaa yksittäisten voimalapaikkojen rakentamisen ja esimerkiksi pohjanmuokkaamista ja samentumista aiheuttavien ruoppausten/läjitusten osalta, välttäen esimerkiksi alueen kalaston kutuaikaa. Yksittäisten hankkeiden osalta rakennustöitä on hyvä myös koordinaida maantieteellisesti laajemmin, sillä esimerkiksi vaelluskalojen suhteen usean Pohjanlahdelle samanaikaisesti rakennettavan tuulivoimapuiston vaikutukset voisivat pahimmillaan kertautua. Tässä tulee kuitenkin huomioida se, että suurten merituulivoimapuistojen rakentaminen on hidasta ja rakentamisolosuhteet haastavia, joten tiukat vuodenaikalliset rajoitukset tulisi kohdistaa mahdollisimman tarkasti pyrkien vuoropuheluun hankekehittäjien kanssa.

3.3.3.3 Toiminta hankkeiden elinkaaren päättyessä

Asiantuntijahaastatteluiden perusteella tällä hetkellä ei vielä ole olemassa hyvää kuvaa, tai juurikaan käytyä keskustelua, saati viranomaisvaatimuksia siitä, mitä voimalarakenteille, kaapeleille ja putkille tapahtuu niiden käyttöään täytyttyä. Tätä varten tulisi jo kuitenkin ennakoiden luoda selkeät pelisäännöt, jotta hankkeiden purkamisen voidaan varmasti toteuttaa. Haastatteluissa esiin tullut ratkaisuehdotus olisi esimerkiksi vakuusmaksujen periminen puiston käytön aikana. Tämä voisi samalla myös lisätä hankkeiden sosiaalista hyväksyttävyyttä.

3.3.3.4 Elinkeinotoiminnan haitallisten vaikutusten minimointi

Merituulivoimahankkeiden vaatima tila merialueilla edellyttää haastateltujen asiantuntijoiden mukaan myös siitä mahdollisesti muulle elinkeinotoiminnalle aiheutuvien vaikutusten, kuten kalastuksen huomioimista. Keskeistä on jatkuvan vuoropuhelun ylläpitäminen alueen kalastajien ja heidän edustajiensa kanssa.

Merituulivoimapuistot voivat myös mahdollistaa muita toimintoja niiden alueilla, esimerkiksi ns. MariPark-konseptia hyödyntämällä. Tällöin muun muassa kalastukselle, kalankasvatukselle ja levänviljelylle voitaisiin luoda edellytykset jatkaa toimintaa alueiden sisällä. On kuitenkin epäselvää, voisiko merituulivoimapuistojen keskellä jatkossa kalastaa ja millä menetelmin. Voimaloiden todellinen sijoittelu ja niiden väliset etäisyydet ovat keskeisessä roolissa muiden toimintojen mahdollistamisen kannalta.

Mikäli tärkeiden kalastusalueiden käyttäminen jatkossa vaikeutuu tai estyy merituulivoimahankkeiden seurauksena ja saaliita menetetään, on haastatteluissa esitetty jo nykyisellään käytössä olevan mekanismin jatkamista, jolla kalastuksesta saatavien tuottojen vähenemistä kompensoidaan kalastuskorvauksien kautta, vaikka ensisijaisesti tavoitteena onkin säilyttää elinkeinon harjoittamisen mahdollisuus. Lisäksi voitaisiin harkita mahdollisuutta kalastuksen kehittämiseen tähtääviin rahastoihin hankekehittäjien toimesta, jollaisia esimerkiksi Euroopassa on jo otettu käyttöön. Näitä varoja voitaisiin ohjata esimerkiksi kalaston lisääntymisalueiden kunnostukseen. Lisäksi myös muut hanketoimijoiden kompensoivat luontoteot, kuten suojelualueiden perustaminen, voisivat olla jatkossa mahdollinen osa yhteensovittamisen kokonaisratkaisua.

3.3.4 Yhteenveto ja johtopäätökset

3.3.4.1 Tunnistetut keskeiset vaikutukset vedenalaiseen luontoon, kalastoon ja kalastukseen

Merituulivoimahankkeiden vaikutukset vedenalaiseen luontoon, kalastoon ja kalastukseen voidaan jakaa karkeasti puistojen rakentamisen aikaisiin, käytön aikaisiin, sekä elinkaaren päätöksen aikaisiin vaikutuksiin. Jotkin vaikutukset, kuten melu, tulee kuitenkin huomioida hankkeen koko elinkaaren aikana.

- Hankkeiden rakentamisvaiheen vaikutukset meriluontoon ovat usein kaikista merkittävimpiä, mutta vaikutukset ovat kuitenkin nykytiedon valossa pääosin vain väliaikaisia, joskin suurten merituulivoimapuistojen kohdalla vaikutukset voivat kestää useita vuosia. Keskeisimmät hankkeiden rakentamisen aikaiset vaikutukset liittyvät pohjan muokkaamiseen ja samentumiseen sekä pinnan päälliseen ja vedenalaiseen meluun.
- Keskeisimmät merituulivoimapuistojen käytön aikaiset vaikutukset liittyvät rakenteisiin, tuulikentän muutoksiin, meluun, varjon välkkeeseen, sekä merikaapeliin aiheuttamiin sähkömagneettisiin kenttiin. Hankkeet voivat myös erinäisten vaikutusten kautta heijastua kalojen vaellusreitteihin sekä kalastoon kohdistuvien vaikutusten kautta edelleen kalastukseen.
- Hankkeiden elinkaaren päässä aiheutuvien vaikutusten osalta ei ole olemassa hyvää kuvaa, saati viranomaisvaatimuksia siitä, mitä voimalarakenteille, kaapeleille ja putkille tapahtuu niiden käyttöön päätyttyä. Purkamisen vaikutusten voidaan kuitenkin olettaa olevan verrannollisia rakentamisen aikaisiin vaikutuksiin, joskin todennäköisesti ajallisesti rajatumpia.

Hankkeiden vaikutukset vedenalaiseen luontoon, kalastoon ja kalastukseen voivat olla hyvin tapauskohtaisia, hankkeen sijainnista ja laajuudesta riippuvaisia, sekä niiden toteutuminen mahdollista. Esitellyt, pääosin toisaalla tutkitut vaikutukset eivät välttämättä ole suoraan verrannollisia Suomen merialueille sovitettavaksi. Keskeinen vaikutusarvioinnin rajoite ja haaste yhteensovittamisen osalta onkin Suomen merialueille soveltuvan tutkimustiedon vähyys, joka korostuu erityisesti talousvyöhykkeellä, joskin haitallisten vaikutuksien oletetaan jäävän siellä aluevesiä vähäisemmiksi.

Vaikutuksien arviointi vähäisellä tiedolla heijastuu arviointituloksien epävarmuuksiin ja riskiin siitä, että merituulivoimaa rakennetaan ilman sen aiheuttamien kaikkien olennaisten vaikutuksien huomioimista. Nykyisellään laajempaa tiedonkeruuta ja kartoitusta varten ei ole olemassa tarvittavaa määrää resursseja. Lisäksi on epäselvää, miten ja kenen toimesta tiedonkeruu ja kartoittaminen tulisi koordinoita sekä tasapuolisesti rahoittaa. Kumulatiivisista- ja hankkeiden yhteisvaikutuksista meriluontoon on olemassa tietoa vielä yksittäisiä vaikutuksia vähemmän. Lisäksi näiden vaikutuksien arviointia hankaloittaa asetelma, jossa vaikutuksien arviointia tehdään hanke kerrallaan, eikä tietoa kilpailevien hankkeiden välillä jaeta.

3.3.4.2 Potentiaaliset vaikutusten kartoittamisen ja arvioinnin menetelmät paremman tiedon tuottamiseksi päätösten pohjalle

Merituulivoiman vedenalaiseen luontoon kohdistamien vaikutuksien kartoittamisessa ja arvioinnissa voitaisiin jatkossa harkita:

- Sekä julkisesti että YVA-menettelyn yhteydessä kerättävien näytepistemäärien kasvattamista erityisesti talousvyöhykkeellä, sekä näytepisteiden riittävän tason määrittämisestä viranomaisten toimesta;
- Erialaisten mittalaitteiden laajempaa hyödyntämistä rakentamisen ja toimintavaiheen aikana, ja niiden käytön asettamista viranomaisvaatimukseksi;
- Kaukokartoitusten hyödyntämisen laajentamista, edellyttäen eri kaukokartoitusmenetelmien ja niiden soveltuvuuden tutkimusta;
- Merenpohjan geologian tutkimisessa käytettyjen akustisten menetelmien hyödyntämistä sedimenttien ja tiettyjen luontotyyppien kartoittamisessa;
- Hybridimenetelmien eli eri menetelmien käyttämistä ja yhdistämistä kohdennetusti tarpeen mukaan; sekä
- Ennakkoon ja puistojen toiminnan aikana tehtävän velvoitetarkkailun lisäämistä, sekä velvoitetarkkailun näytteenottojen hajauttamista.

Merituulivoiman kalastovaikutuksien kartoittamisessa ja arvioinnissa voitaisiin jatkossa harkita:

- Hybridimenetelmien hyödyntämistä sekä laajempaan kartoitukseen soveltuvien menetelmien käyttöä tarkempien selvityksien kohdentamiseksi;
- Seurantalinjastojen perustamista vaelluskalojen kartoitusta varten;
- Akustisten menetelmien käyttöä muun muassa kalojen liikkeiden, käyttäytymisen muutoksien ja habitaattien hyödyntämisen kartoittamisessa; sekä
- Eliöiden ympäristöönsä vapauttamaan DNA:han perustuvan eDNA:n potentiaalia jatkossa muita menetelmiä täydentävänä menetelmänä.

Merituulivoiman kalastukselle aiheuttamien vaikutuksien kartoittamisessa ja arvioinnissa tulisi jatkossakin hyödyntää jo käytössä olevia menetelmiä, kuten ammattikalastajien haastatteluja, kyselyjä, ja viranomaistietojen, kuten saalisilmoitusten ja purkupaikkatietojen hyödyntämistä kartoittamisen tukena. Vastaavasti tietyiltä osin myös yllä esitellyt menetelmät vedenalaisen luonnon ja kalaston osalta ovat jo käytössä, mutta niiden käytön lisääminen tai käyttötapojen laajentaminen olisi suositeltavaa.

Edellä esiteltyjen kartoitus- ja vaikutusarvioinnin menetelmien lisäksi tulisi panostaa näitä yhteisesti koskeviin seuraaviin kehityskohtiin:

- Kartoitettavien alueiden tulisi kattaa hankkeita ympäröivät alueet nykyistä laajemmin havaittujen muutoksien mahdollisesti hankealueita merkittävästi laajempien vaikutuksien huomioimiseksi. Lisäksi hankkeiden vaikutuksien seuranta tulisi systemaattisesti aloittaa ennen rakentamista, ja sitä tulisi jatkaa edelleen rakentamisen aikana ja puistojen ollessa käytössä, sekä lopulta niiden elinkaaren päättyessä. Tietoa tulisi kerätä myös ympärivuotisesti. Lisäksi tulisi pikimmiten selvittää ja valita merituulivoiman vaikutuksien seurantaan parhaiten soveltuvat indikaattorilajit.
- Mahdollisesti laajojen ja kumuloituvien yhteisvaikutuksien arviointi edellyttää yhteistyötä eri toimijoiden kesken, myös kansainvälisesti. Yhteisvaikutuksien selvittämiseen tähtäävää työtä tulisi toteuttaa laajemmin yhteistyössä eri tutkimuslaitosten kanssa, sekä hyödyntämällä myös valtion/viranomaisten sekä hankekehittäjien keräämää tietoa mahdollisimman laajasti. Lisäksi hankkeissa kerätty tieto tulisi saattaa laajempaan käyttöön. Ratkaisuina voisivat olla viranomaisten koordinointi päällekkäisten hankkeiden kanssa,

ja raamien sopiminen tiedonkeruun vastuiden ja kustannuksien jakautumisesta, tai aineistojen saattaminen viranomaisten hyödynnettäväksi, tarvittaessa rajoittamalla aineistot vain viranomaiskäyttöön.

- Yhteisvaikutuksien arviointi edellyttää päätöstä tiedonkeruuta koordinoivasta tahosta. Esimerkiksi valtion, täydennettynä viranomaisilla ja asiantuntijaorganisaatioilla, rooli tarvittavan pohjatiedon keräämisessä nähdään olennaiseksi. Lisäksi näiden tahojen roolina voisi olla tiedon keräämisen koordinointi ja ohjeistaminen. Valtiovetoisesti kerättävää pohjatietoa täydentävä ja tarkentava tiedonkeruu tulisi toteuttaa merituulivoimahankkeiden kautta, hyödyntäen siten eri tahojen rahoitusta ja muita resursseja. Koska vaikutukset voivat olla valtioiden rajat ylittäviä, tarvitaan myös maiden välille edellä mainittuun tapaan kokonaisvastuullinen taho.

3.3.4.3 Toimenpiteitä vedenalaiseen luontoon, kalastoon ja kalastukseen kohdistuvien haitallisten vaikutuksien vähentämiseksi

Merituulivoimahankkeiden huolellinen sijoittelu on tehokkain tapa ehkäistä ja vähentää niiden aiheuttamia haitallisia vaikutuksia. Puistojen sijoittamista kaikkein haavoittuvimmille alueille, kuten riutoille ja lisääntymis-/kutualueille, luonnonsuojelualueille ja muille arvokkaille luontoalueille, sekä meriluonnon monimuotoisuuden ja kalastuksen keskittymiin tulisi välttää. Lisäksi kaapelointien ja putkiyhteyksien, sekä niiden rantautumispisteiden mahdollisimman keskitetty sijoittelu on tärkeää, sillä näitä yhteyksiä joudutaan viemään mantereelle myös matalampien rannikon merialueiden läpi.

Haitallisten vaikutuksien merkittävyyttä voidaan pyrkiä myös minimoimaan. Esimerkiksi suojautumismenetelmät, kuten meluhallinnan kuplaverhot, tai veden samentumisen leviämisen estoon käytettävät suojaverhot ovat potentiaalisia menetelmiä. Myös perustustavan valinnalla voitaisiin vähentää tiettyjä haitallisia vaikutuksia, mutta on huomioitava, että perustustapa valitaan pääosin teknis-taloudellisten perusteiden pohjalta. Voimaloiden rakennustöitä voitaisiin myös koordinoitusti aikatauluttaa niin, että työt suoritetaan pienimpiä haitallisia vaikutuksia tuottavaan aikaan. On kuitenkin huomioitava, että merituulivoimapuistojen rakentaminen on hidasta ja rakentamisolosuhteet haastavia, joten vuodenajalliset rajoitukset tulisi kohdistaa mahdollisimman tarkasti pyrkien vuoropuheluun hankekehittäjien kanssa.

Hankkeiden elinkaaren päätöstä varten tulisi jo ennakoiden luoda selkeät pelisäännöt, jotta hankkeiden purkaminen voidaan varmasti toteuttaa. Mahdollinen ratkaisuehdotus olisi esimerkiksi vakuusmaksujen periminen, joilla purkaminen voitaisiin varmasti rahoittaa. Tämä voisi samalla myös lisätä hankkeiden sosiaalista hyväksyttävyyttä.

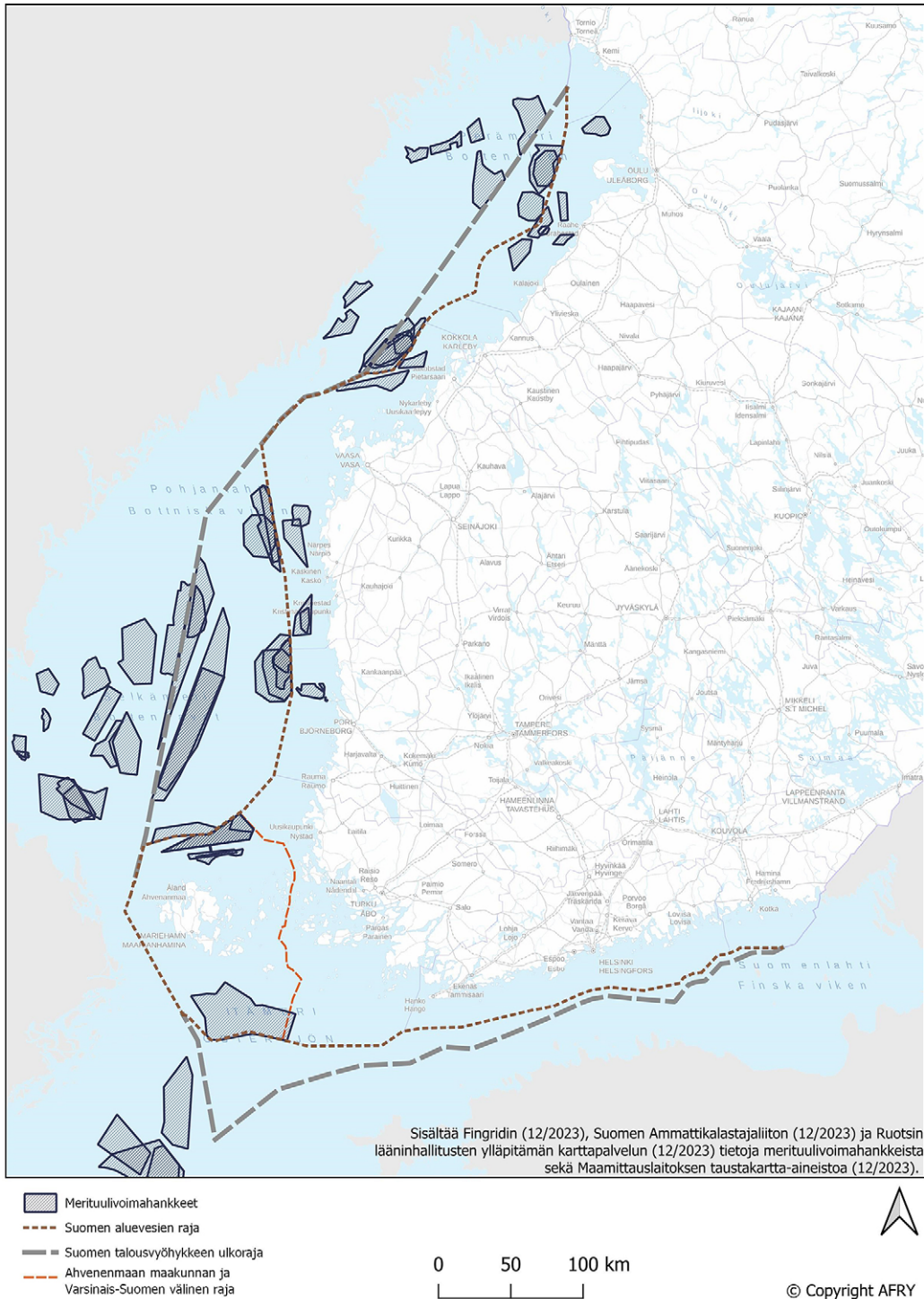
Merituulivoimapuistot voisivat myös mahdollistaa muita toimintoja niiden alueilla, esimerkiksi ns. MariPark-konseptia hyödyntämällä, luoden muun muassa kalastukselle edellytykset jatkaa toimintaa alueella. Mikäli tärkeiden kalastusalueiden (erit. troolausalueet) käyttäminen jatkossa vaikeutuu tai estyy, voitaisiin jatkaa jo käytössä olevaa kompensatiomekanismia kalastuskorvauksien kautta, vaikka ensisijaisesti tavoitteena onkin säilyttää elinkeinon harjoittamisen mahdollisuus. Lisäksi voitaisiin harkita mahdollisuutta kalastuksen kehittämiseen tähtääviin rahastoihin hankekehittäjien toimesta, jollaisia esimerkiksi Euroopassa on jo otettu käyttöön, ja ohjata näitä varoja esimerkiksi kalaston lisääntymisalueiden kunnostukseen.

4 Merituulivoimahankkeiden keskinäiset vaikutukset

Merituulivoimahankkeiden kehittäminen Suomen talousvesivyöhykkeelle on herättänyt laajaa kiinnostusta tuulivoiman kehittäjissä. Tutkimuslupia eri talousvyöhykkeellä sijaitseville alueille on myönnetty Valtioneuvostosta joulukuuhun 2023 mennessä 17. Valtioneuvosto on saanut joulukuuhun 2023 mennessä 12 hyödyntämislupahakemusta viideltä eri hankekehittäjältä. Kantaverkkoyhtiö Fingrid on ilmoittanut saaneensa merituulivoiman liittymiskyselyjä lähes 90 GW:n edestä (Fingrid, Fingrid.fi uutinen, 2023). Lähes kaikki suunnitellut tuulivoima-alueet sijaitsevat Perämerellä, Ahvenanmaan saaristosta pohjoiseen päin (Kuva 4-1).

Tutkimusalueiden keskimääräinen koko on 600 neliökilometriä, alueen koon vaihdellussa 165–1 395 neliökilometrin välillä. Kuten Kuva 4-1 nähdään, osa suunnitelluista merituulivoima-alueista on päällekkäisiä.

Kuva 4-1: Tiedossa olevien tuulivoimahankkeiden sijoittuminen Suomen alue- ja talousvesivyöhykkeelle sekä myös Ruotsin merialueille, tilanne joulukuussa 2023.



Taulukkoon 4-1 on kerätty tietoja hankkeista, joille on haettu joko tutkimus- tai hyödyntämislupa. Tietoja on täydennetty julkisesti saatavilla olevista lähteistä, kuten hankkeiden ympäristövaikutusten arviointiselostuksista ("YVA-selostuksista") (Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 252/2017) ja hankekehittäjien antamista julkisista tiedoista, sekä AFRYn omilla arvioilla.

Taulukko 4-1: Yhteenvedo suunnitelluista merituulivoimahankkeista talousvyöhykkeellä

Hanke	Kehittäjä	Sijainti	Nimellis-teho (MW)	Vuosituotanto (TWh)	Tutkimus-alue (km ²)
Halla	OX2	Hailuoto	2 400–4 000	12	572
Laine	OX2	Pietarsaari	2 250–3 750	11	450
Tyrsky	OX2	Närpiö	2 000	6	480
Reimari	Skyborn Renewables	Pietarsaari	3 600	19	405
SPV1	CIP	Pori	2 700 ¹	11 ¹	683
SPV2	CIP	Pori	5 400 ¹	21 ¹	1 338
Wellamo	Eolus Wind	Pori-Rauma	2 000	9	1 000
Navakka	Eolus Wind	Pori-Rauma	1 500	7	670
Bothnia	Ilmatar	Pori-Rauma	6 000	23 ¹	1 395
Vågskär	Ilmatar	Ahvenanmaan pohjoispuoli	1 960	8 ¹	367
Hauki	Nordi	Merikarvia	1 000 ¹	4 ¹	260
Loimu	Nordi	Kristiinankaupunki - Merikarvia	2 000 ¹	8 ¹	520
Kristiinankaupunki, itä	Orsted	Kristiinankaupunki	600 ¹	3 ¹	165
Kristiinankaupunki, itä	Orsted	Kristiinankaupunki	1 300 ¹	5 ¹	335
Kihu	Hyötytuuli	Hailuoto	2 400 ¹	9 ¹	600
Kiisla	Hyötytuuli	Raahe	1 000 ¹	4 ¹	260
Lunni	Hyötytuuli	Pietarsaari	2 200 ¹	8 ¹	540
Ruokki	Hyötytuuli	Pori	3 500 ¹	14 ¹	870
Tiira	Hyötytuuli	Merikarvia	1 900 ¹	8 ¹	480
Yhteensä	-	-	49 200 MW	190 TWh	-

¹ AFRYn arvio, joka on laskettu hankkeiden saatavilla olevien tietojen perusteella.

Merituulivoiman kehittämiseen talousvesivyöhykkeelle liittyy vielä paljon epävarmuuksia ja on todennäköistä, että kaikki tällä hetkellä suunnitellut hankkeet eivät tule toteutumaan. Vähintään hankekehityksestä jäävät pois päällekkäisistä hankkeista kaikki muut, paitsi ensimmäisenä toteutuva. Hankkeiden osittainenkin toteutuminen tarkoittaa Suomen sähköntuotantokapasiteetin merkittävää kasvua: jos kymmenesosa taulukossa 4-1 luetelluista hankkeista toteutuu suunnitelmien mukaisesti, tämä tarkoittaisi noin 30 %:n kasvua Suomen vuosittaiseen sähkön tuotantoon verrattuna vuoteen 2022.

Tämän osakokonaisuuden ensimmäinen tutkimuskysymys liittyy siihen, millaisia vaikutuksia merituulihankkeilla on toisten tuulivoimahankkeiden sähköntuotantoon, jos rakentuva hanke muuttaa ympärillä olevia tuuliolosuhteita. Luvussa 4.1 käsitellään keskinäisiä vaikutuksia ja miten hankkeiden vaikutusta toistensa tuotantoon voidaan huomioida.

Toinen tutkimuskysymys liittyy siihen, millä tavoin merituulivoimaloiden tuottama sähkö saadaan siirrettyä osaksi Suomen sähköjärjestelmää. Luvussa 4.2 käydään läpi, miten merituulivoimaa voidaan liittää Suomen sähköverkkoon ja pohditaan, millaisia muutoksia tulisi vielä tehdä, jotta merituulivoiman tuottaman sähkön käyttö olisi mahdollisimman sujuvaa ja tehokasta.

Taulukko 4-2: Merituulivoimahankkeiden keskinäisten vaikutusten osion tutkimuskysymykset

Tutkimuskysymykset

1. (Osa 4.1) Millä tavoin merituulivoimahankkeet vaikuttavat toistensa tuotantoon?
2. (Osa 4.2) Millä tavoin merituulivoimahankkeita on mahdollista liittää osaksi Suomen sähköjärjestelmää ja millä tavoin hankkeet vaikuttavat Suomen sähköjärjestelmään?

4.1 Hankkeiden keskinäiset vaikutukset

Tässä osiossa käsitellään miten tuulivoimapuistojen keskinäinen sijoittelu vaikuttaa tuulivoimapuistojen sähkön tuotantoon. Tärkein vaikutusten arvioinnissa käytävä mittari on jättövana. Jättövanaa käytetään arvioimaan tuulivoimapuiston yksittäisten turbiinien vaikutusta toisiinsa, sekä tuulivoimapuistoa ympäröivien muiden

puistojen vaikutusta puiston tuotantoon. Tuulivoimapuiston sisällä tapahtuva turbiinien välinen vaikutus toistensa tuotantoon huomioidaan hyvin ja on yksi kriteeri esimerkiksi puiston kokonaistaloudellisuuden arvioinnissa, sekä mm. turbiinien keskinäisen sijoittelun suunnittelussa puiston sisällä. Sen sijaan, tuulivoimapuistojen keskinäisten vaikutusten arviointi, erityisesti merituulivoiman osalta on jäänyt tutkimuksissa vähemmälle huomiolle. Kokonaisten puistojen keskinäisiä vaikutuksia koskevia tutkimuksia on verrattain vähän ja niiden tulokset ovat vaihtelevia. Tutkimukset ovat kuitenkin yksimielisiä siinä, että puistoilla on keskinäisiä vaikutuksia toistensa tuotantoon, jos ne sijaitsevat riittävän lähellä toisiaan.

Kun tarkastellaan Valtioneuvostolle jätettyjä talousvesille sijoituvia tutkimuslupa- ja hyödyntämislupahakemuksia ja ylempänä olevaa Kuva 4-1 huomataan, että puistot sijoittuvat toistensa lähelle tai päällekkäin, sekä aluevesialueen rajalle. Aluevesien osalta Metsähallitus vastaa merituulivoima-alueiden hallinnoinnista ja alueiden huutokaupasta hankekehittäjille. Metsähallitus on haastattelussa nostanut esille huolen talousvesille rakentuvien merituulivoimapuistojen vaikutuksesta aluevesillä olevien puistojen tuotantoon. Myös talousvesillä aihe tulee nousemaan keskusteluun, kun uusia merituulivoimapuistoja suunnitellaan toistensa lähelle.

Tuulivoimapuiston sisällä tuuliturbiineilla on vaikutusta toisiinsa sekä tuotannon että mekaanisen rasituksen kautta. Mitä lähempänä turbiinit ovat toisiaan, sitä suurempia ovat tuulta varjostava vaikutus sekä rasitusta aiheuttava turbulenssi. Nämä vaikutukset otetaan huomioon puiston suunnitteluvaiheessa.

4.1.1 Jättövanaan liittyvät tutkimukset

Jättövanoja koskevien tutkimusten yksi haaste on, että ne perustuvat pitkälti simulaatiotuloksiin, jotka on laskettu nykyisin käytössä oleville turbiineille, sekä tämänhetkisellem tuulimallille. Turbiinien koot kasvavat koko ajan, tuulivoimapuistojen muodot voivat vaihdella ja tuuliolosuhteet muuttua vaikeuttaen jättövanan vaikutusten arviointia.

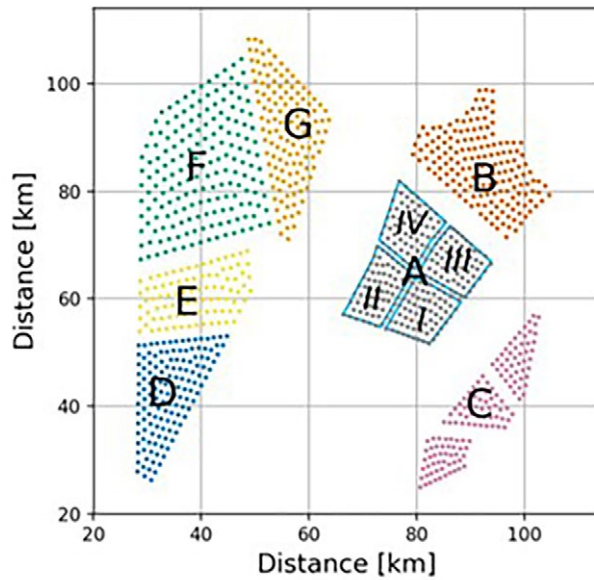
Jättövana (englanniksi wake effect) tarkoittaa tuulivoiman kontekstissa tuulivoimalan tuuleen aiheuttamaa tuulennopeuden laskua ja turbulenssin kasvua (González-Longatt, 2012). Tuotantomäärät laskevat tuulivoimaloilla, joihin vaikuttaa yhden tai useamman tuulivoimalan jättövana. Jättövana voi ulottua hyvinkin pitkälle matkalle ja se voi vaikuttaa tuulivoimapuistojen tuotantoon, alentaen tuulen suunnassa katsottuna tuulen alapuolella olevan tuulipuiston tuotantoa.

Ilmavirtauksen turbulenssi vaikuttaa olennaisesti jättövanaan ja sen pituuteen. Mitä turbulenttisempaa ilma on, sitä lyhyempi on jättövanan pituus. Mikäli ilmavirtaus on turbulenttista, sekoittuvat ilmamassat nopeammin ja näin tuuliturbiinin ilmaan aiheuttama jättövana pienenee. Mitä stabiilimpaa ilmavirtaus on, sitä pidemmälle jättövana vaikuttaa ilmamassojen heikon sekoittumisen takia (Cañadillas et al., 2020). Turbulenssia syntyy muun muassa pinnan karheudesta esimerkiksi maalla vaihtelevien maastonmuotojen takia. Avomerellä ei ole käytännössä pinnan karheutta, joka loisi turbulenssia. Tämän takia merellä ilmavirtaukset ovat stabiilimpia kuin maalla, mikä pidentää jättövanan vaikutuksia merellä. Maatuulivoiman kohdalla jättövanan vaikutukset ovat oleellisesti pienempiä. Myös tuulivoimapuistoalueen muoto vaikuttaa jättövanan vaikutukseen. AFRYn asiantuntijan mukaan, tuulivoimat rakennetaan usein ns. hilarakenteeseen, mikä kasvattaa jättövanan vaikutusta.

Pohjanmerellä tehtyjen tutkimusmittausten mukaan stabiilissa virtauksessa merituulivoimapuistojen aiheuttamat jättövanat voivat ylittää jopa 50 km päähän, kun taas neutraalissa tai turbulenttisessa virtauksessa alle 15 km päähän (Cañadillas et al., 2020). Kyseisessä tutkimuksessa jättövanan vaikutuksen katsotaan loppuneen, kun tuulen nopeus palautui 95 %:iin nopeudesta, verrattuna tuulen nopeuteen ilman tuulipuistojen aiheuttamaa nopeuden laskua. Toisessa tutkimuksessa (Stoelinga et al., 2022), jossa hyödynnettiin simuloituja arvoja Atlantilla New Yorkin edustalla, 10 %:n tai 1 m/s tuulen nopeuden alenemaa havaittiin vielä yli 100 kilometrin päässä merituulivoimapuistosta. Simuloitujen 16 päivän aikana, jolloin tuulen suunta mallinnettiin alueelle hallitsevasta tuulensuunnasta, tuotantomäärät laskivat 28,9 %:a suunnitellusta tuotannosta merituulivoimapuistossa, joka oli 13 kilometriä toisen merituulivoimapuiston takana ja sen jättövanan vaikutuksen alaisena. Pitkällä aikavälillä tuulen suunnan vaihdellessa tuotantohäviöt eivät kuitenkaan tule olemaan yhtä merkittäviä. Kyseisessä tutkimuksessa suurien turbiinien mainittiin aiheuttavan epätavallisen suuria jättövanoja varsinkin stabiileissa olosuhteissa. Julkaisussa ei kuitenkaan spesifioitu tuulivoimaloiden kapasiteettia projektin anonymiteetin säilyttämisen takia.

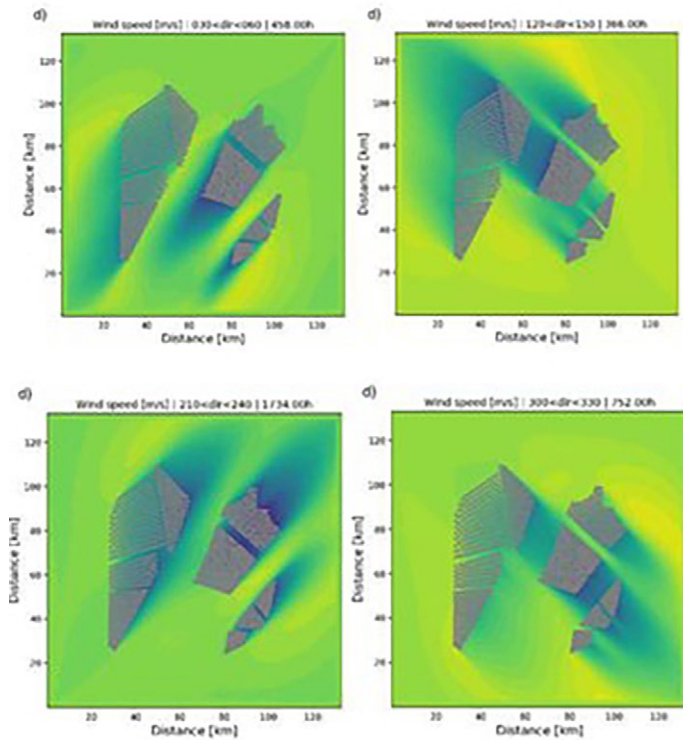
Hollannissa tehdyssä tutkimuksessa (Peter & Verzijlbergh, 2022) simuloitiin tuulivoimapuiston tuotantoa vuoden ajalta. Tutkimukseen oli valittu Hollannin talousvesille tulossa oleva huutokaupattava alue ja tutkimuksessa huomioitiin alueen ympärillä jo olevia tuulivoimalapuistoja. Tutkittavan tuulivoimapuiston nimellistehoksi on arvioitu 4 000 MW, ja sitä ympäröivien tuulivoimapuistojen teho vaihtelee noin 950 MW:n ja 2 500 MW:n välillä. Kuva 4-2 esittää tutkittavan puiston (alue A) ja ympäröivien puistojen sijainnit.

Kuva 4-2: Merituulivoimapuistojen sijainti Hollannissa tehdystä simulaatio-
tutkimuksessa (Peter & Verzijlbergh, 2022)



Tutkimuksen tulos oli yksiselitteinen: naapuripuistot vaikuttavat tutkittavan puiston tuotantoon. Vaikutuksen suuruus riippuu tuulen suunnasta ja tuulen nopeudesta. Merituulivoimapuiston vaikutuksia tuulen nopeuteen ja vaikutuksia eri tuulen suunnille on mallinnettu Kuva 4-3.

Kuva 4-3: Tuulivoimapuistojen jättövanojen vaikutus tuulen nopeuteen eri tuulensuunnille simuloituna. Tummempi sininen väri tarkoittaa suurempaa tuulen nopeuden laskua (Peter & Verzijlbergh, 2022)



Hollantilainen tutkimus osoitti, että vuositasolla jättövanan aiheuttama menetys tuotannossa voi olla noin 4 %. Toisaalta, kun tuulen nopeus ylitti 14 m/s, jättövanan vaikutukset olivat merkityksettömiä ja suurimmat vaikutukset, 10 % vähennys tuotantoon, havaittiin 6–12 m/s tuulen nopeuksilla. Samassa tutkimuksessa myös havaittiin, että joissain tapauksissa edessä oleva puiston vaikutus oli jopa päinvastainen: takana olevan puiston tuotanto oli suurempaa, kuin simulaatiossa, jossa edessä olevaa puistoa ei huomioitu. Tämän arvioitiin johtuvan siitä, että tuulen nopeus kasvaa esteen reunoilla. (Peter & Verzijlbergh, 2022)

Itämerellä hallitseva tuulen suunta on lounaistuuli. Lounaistuulella on myös suurimmat keskimääräiset nopeudet, mikä korostaa entisestään lounaistuulen tärkeyttä merituulivoimalle tuotantomäärien ollessa korkeimpia keskimäärin lounaistuulen aikana (Vortex, 2023). Merituulivoimapuistojen sijainti ja sijoittelu optimoidaan pitkälti lounaistuulen suuntaisesti. Tulevaisuudessa jättövanojen vaikutukset ovat merkittävimpiä nimenomaan tässä suunnassa Itämerellä varsinkin Ahvenanmaan pohjoispuolisilla merialueilla.

Nykyisten tutkimusten tulosten perusteella voidaan todeta vain, että puistoilla on vaikutusta toistensa tuotantoon. Tutkimusten tulokset kuitenkin eroavat toisistaan paljon, eikä niiden perusteella voida antaa suosituksia puistojen välisistä etäisyyksistä.

4.1.2 Jättövanan huomiointi sijoittelussa

Työssä haastatellut hankekehittäjät kertoivat arvioivansa muiden tuulipuistojen vaikutusta omaan tuotantoon osana hankkeen taloudellista selvitystä. Mikäli muut alueelle tulevat hankkeet ovat tiedossa, niiden vaikutukset merituulivoimapuiston tuotantoon otetaan huomioon. Haasteena on, että tällä hetkellä on suurta epävarmuutta puistojen tulevasta sijainnista ja koosta. Esimerkiksi Metsähallitus on nostanut esille huolen siitä, että talousvesivyöhykkeelle alueveden rajalle, lähelle Metsähallituksen suunnittelemaa tuulipuistoaluetta on kehitteillä uusia suuria merituulivoimapuistoja.

Tällä hetkellä ei ole täyttä varmuutta missä kohtaa hankekehitystä yksinoikeus alueeseen Suomen talusvyöhykkeellä myönnetään. Lokakuussa 2023 käynnistynyt lakihanke merituulivoiman pelisääntöjen selkeyttämiseksi talusvyöhykealueella (Työryhmä ja lakihanke sujuvoittamaan merituulivoimahankkeita, 2023) tulee selkeyttämään yksinoikeuden myöntämisen aikataulua ja perusteita. Hankekehittäjät ovat hakeneet ja saaneet tutkimuslupia alueisiin talusvyöhykkeellä, jotka ovat osittain tai kokonaan päällekkäin ja vierekkäin. Mikäli kehityksen kohteena olevat hankkeet, jotka ovat osittain päällekkäin tai vierekkäin toteutuisivat vierekkäisinä, jättövanalla on vaikutus päätuulen suunnasta katsottuna alempana olevalle puistolle. Jättövanan vaikutuksen minimoimisen ja siihen varautumisen näkökulmasta olisi hyvä, että tuulivoimapuistoille varatut alueet ja niiden koko olisivat tiedossa mahdollisimman varhain. Näin hankekehittäjät pystyvät mukautumaan ja mallintamaan ympäröivien merituulivoimapuistojen vaikutuksen tuotannolle. Mikäli tuotantomääräennusteet alenevat merkittävästi jättövanan vaikutuksen takia alkuperäisistä ennusteista, hankkeen taloudelliset edellytykset pienenevät.

Vaikka nykyinen tilanne talusvyöhykkeellä on epäselvä yksinoikeuden myöntämisen näkökulmasta, hankekehittäjät ovat aloittaneet hankkeiden esiselvitys- ja tutkimustöitä talusvyöhykkeellä. Käsityksemme mukaan hankekehittäjillä ja markkinalla ylipäättänsä kokonaisuudessaan on hyvä ymmärrys muiden merituulivoimapuistojen aiheuttamista riskeistä (mm. jättövanoista). Haastatteluissa hankekehittäjät olivat tyytyväisiä siihen, että hankekehitysalue on suhteellisen vapaasti valittavissa, eikä ohjausta esimerkiksi puistojen välisiin etäisyyksiin liittyen toivottu.

Näkemyksemme mukaan jättövanojen vaikutusten huomiointi tulisi olla jatkossakin hankekehittäjien tehtävä. Huomiointia helpottaisi, että tuulivoimapuistoalueet ovat hankekehittäjillä tiedossa hyvissä ajoin etukäteen. Tätä voidaan edistää myöntämällä yksinoikeus tuulivoima-alueille suhteellisen varhaisessa vaiheessa. Jos merituulivoimapuistoa suunnitellaan rakentuvaksi jo olemassa olevan puiston eteen, rakentuvan puiston hankekehittäjää voidaan velvoittaa arvioimaan jättövanan vaikutukset takana olevan puiston tuotantoon, esimerkiksi luvituksen yhteydessä. Luvituksen aikana takana olevan puiston omistajalle annettaisiin mahdollisuus lausua asiasta. Lopullinen asian ratkaisu jäisi kuitenkin viranomaisen tehtäväksi.

4.2 Vaikutus sähköjärjestelmään

Tässä luvussa tarkastellaan merituulivoiman vaikutuksia Suomen sähköjärjestelmään sääntelyn ja sähköverkkoon liitettävyyden näkökulmasta. Lisäksi luvussa esitetään vaihtoehtoja, joilla merituulivoiman tuottama energia voidaan kytkeä osaksi Suomen sähköjärjestelmää.

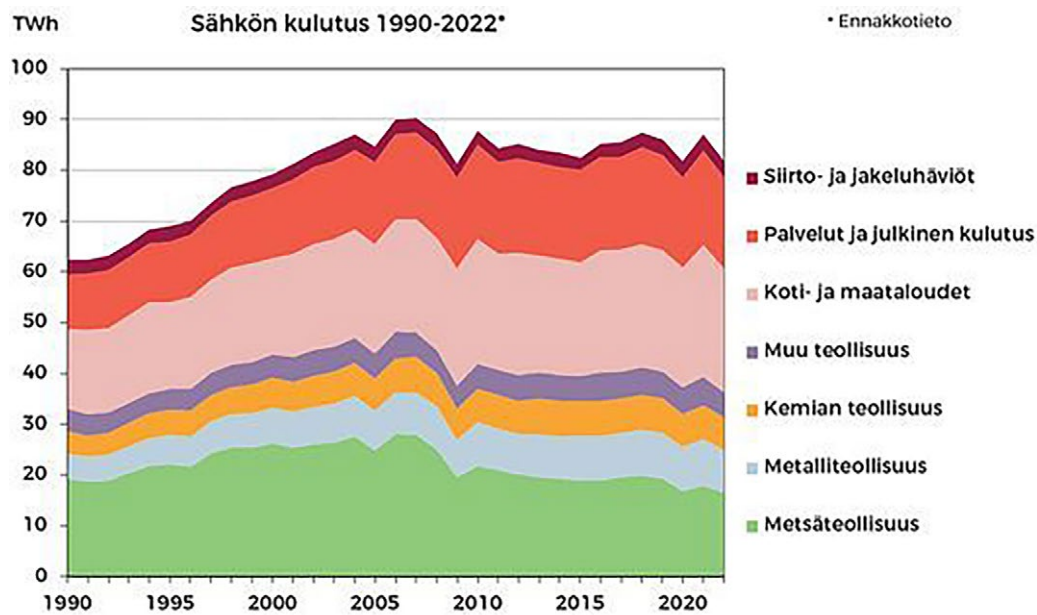
4.2.1 Suomen sähköjärjestelmä

Suomen sähköjärjestelmä koostuu sähkön tuottajista ja kuluttajista, sekä sähköverkosta: jakeluverkoista ja kantaverkosta. Sähköverkkojen tehtävä on toimittaa sähköenergiaa tuotannolta kulutukselle. Fingrid toimii sähköjärjestelmän järjestelmävastaavana ja vastaa Suomen sähköjärjestelmän teknisestä toimivuudesta ja käyttövarmuudesta. Osana järjestelmävastaavan tehtäviä, Fingrid vastaa koko ajan Suomen sähköjärjestelmän tuotannon ja kulutuksen hetkellisestä tasapainosta (Fingrid, Suomen sähköjärjestelmä, 2023).

Suomen vuotuinen sähkönkulutus on säilynyt koko 2000-luvun melko tasaisena, 80–90 TWh, kuten ilmenee Kuva 4-4. Jotta merituulta voidaan tulevaisuudessa liittää merkittäviä määriä Suomen sähköjärjestelmään, täytyy kulutuksen tai sähkön vientikapasiteetin lisääntyä. Toisaalta merituulivoiman rakentamista ohjaa kysynnän kehitys. Esimerkiksi teollisuuden sähköistyminen ja mahdollinen vedyntuotanto kuluttavat paljon sähköä, mihin merituulta voidaan hyödyntää isossa mittakaavassa. Tällä hetkellä kulutuksen kasvuun ja investointien aikatauluun liittyy epävarmuutta kohonneiden rakennuskustannusten ja korkotason vuoksi. Uskomme kuitenkin, että sähkökulutus tulee ottamaan askelmaisen hyppäyksen ylöspäin 2030-luvulla ja luo mahdollisuuksia merituulivoiman hyödyntämiseen Suomessa. Lisääntyvä uusiutuvan, sääriippuvaisen sähkön tuotanto tulee lisäämään energijärjestelmän jouston tarvetta. Joustojen avulla pienennetään sähkön kulutusta silloin

kun sääriippuvaa tuotantoa on niukasti tarjolla, esimerkiksi tuulettomina päivinä, ja tarvittaessa kasvatetaan kulutusta, kun tuotantoa on paljon. Tällaista joustavaa kulutusta voi olla esimerkiksi vedyn tuotanto yhdistettynä vedyn varastointiin, sekä kaukolämpöverkon sähkökattila yhdistettynä lämpövarastoon.

Kuva 4-4: Sähkön kulutus sektoreittain vuosina 1990–2022 (Motiva, 2023)



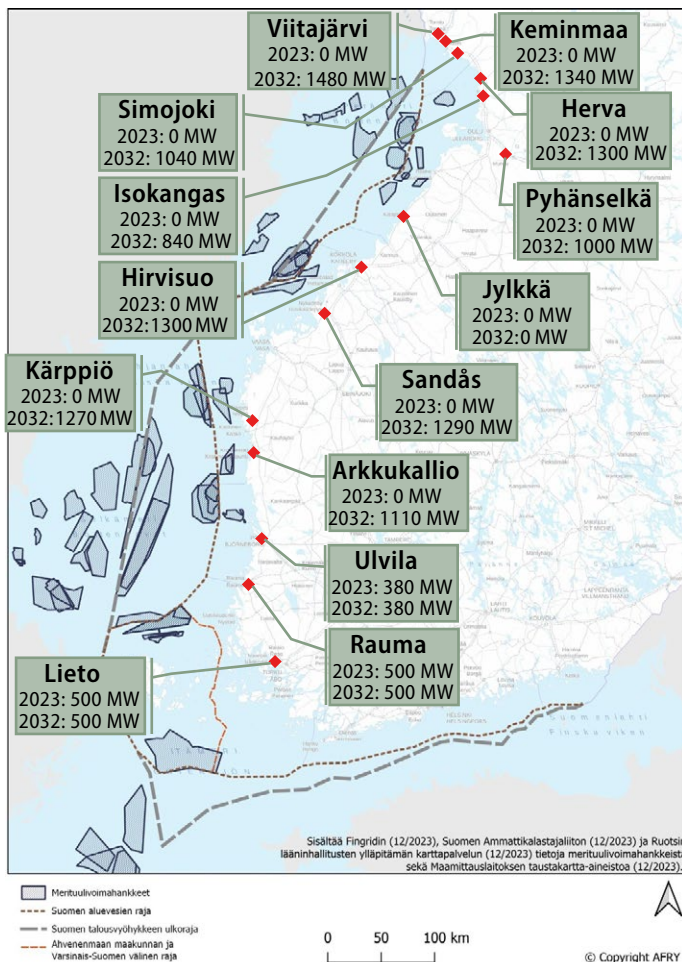
Merituulivoiman puolesta puhuvat Fingridille saapuneet merituulivoiman liityntäkyselyt, joita Fingrid on saanut lokakuuhun 2023 mennessä 90 000 megawatin verran (Fingrid, Fingrid.fi uutinen, 2023). Merituulivoiman osalta kyselyiden määrä on myös kaksinkertaistunut viimeisen puolentoista vuoden aikana (Fingrid, Fingrid lehti, 2023). Yhteensä Fingrid on marraskuun 2023 tilanteen mukaan saanut liityntäkyselyjä 340 000 megawatin edestä. (Heikkilä & Kärki, 2023) Näistä iso osa on maatuulivoimaa, jota rakennetaan pääosin Pohjanmaan rannikkoseudulle. Tämän maatuulivoiman liittämispisteet ovat osittain samoja, kuin merituulivoiman.

Fingridillä on Pohjanlahden rannikolla yhteensä 14 sähköasemaa. Marraskuussa 2023 vapaata liityntäkapasiteettia on vain kolmella sähköasemalla, Ulvilassa, Raumalla ja Liedossa, yhteensä 1 380 megawattia. Fingridin investointisuunnitelman mukaan rannikon sähköasemien liityntäkapasiteettia tullaan kasvattamaan vuoteen 2032 mennessä indikaatiivisesti kuvan 4-5 mukaisesti. Liityntäkapasiteetin kasvattamisella Fingrid vastaa kaiken rakentuvan tuotannon tarpeisiin, ja kapasiteettia ei ole erikseen varattu merituulivoiman tarpeisiin. Kuva 4-5 havainnollistaa rannikon 400 kilovoltin sähköasemien sijainnit sekä niiden

liityntäkapasiteetin vuonna 2023 ja alustavan, suunnitellun liityntäkapasiteetin vuonna 2032. Suunniteltu liityntäkapasiteetti pohjautuu ennusteeseen tiedossa olevista hankkeista. Käytännössä siinä vaiheessa, kun merituulivoima on valmis liitettäväksi, saattaa osa liittymiskapasiteetista olla jo käytetty muulle nopeammin rakentuvalle sähköntuotannolle.

Fingridin yleisten liittymisehtojen mukaisesti suurin sallittu askelmainen teho- muutos voimalaitoksen liittynässä on 1 300 MW. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että iso merituulivoimapaisto tulee jakaa erillisiksi voimalaitoskokonaisuuksiksi, jotka tulee liittää erillisillä liittynöillä. Ison merituulipuiston liittäminen kanta- verkkoon voi käyttää myös useamman sähköaseman liityntäkapasiteetin.

Kuva 4-5: Fingridin 400kV sähköasemien liityntäkapasiteetin mahdollinen muutos vuoteen 2032 mennessä (Verkkokiikari, Fingrid 2023)



4.2.2 Merituulivoiman liittämisen edellytykset Suomessa

Tässä osassa käsitellään ne lait, ohjeet, lupaprosessit ja muut reunaehdot, joilla ohjataan merituulivoimapuistojen liittämistä Suomen sähköjärjestelmään.

4.2.2.1 Liittymisjohto

Merituulivoima liitetään sähköjärjestelmään rakentamalla sähkön siirtojohto tuotantolaitoksen ja sähköverkon välille. Liittäminen voidaan toteuttaa rakentamalla liittymisjohto (1), erillinen linja (2) tai sähköverkko (3).

1. Liittymisjohdolla tarkoitetaan "yhtä sähkönkäyttöpaikkaa tai energiavarastoa taikka yhtä tai useampaa voimalaitosta varten rakennettua sähköjohtoa, jolla liittyjä tai liittyjät liitetään sähköverkkoon" (SML 588/2013, s. 3§ 5). Liittymisjohdon rakentaminen ei vaadi sähköverkkolupaa, eikä liittymisjohdolla liitettävää tuotantoa ole rajattu pelkästään pientuotantoon. Liittymisjohdon rakentaminen on siten käytännössä tällä hetkellä ainoa ratkaisu tuulivoiman liittämiseksi osaksi sähköverkkoa ja energiajärjestelmää.
2. Erillisellä linjalla tarkoitetaan "sähköjohtoa, joka liittää erillisen tuotantoyksikön erilliseen asiakkaaseen, ja sähköjohtoa, joka liittää tuottajan ja sähköntoimittajan niiden omiin tiloihin, tytäryrityksiin tai asiakkaisiin suoraa sähköntoimitusta varten" (SML 588/2013, 3§ 5a). Sähkömarkkinalaissa todetaan, että Energiaviraston myöntämää sähköverkkolupaa ei vaadita "erillisen linjan kautta tapahtuvalle sähkönjakelulle, jos jaeltava sähkö on tuotettu pienimuotoisessa sähköntuotannossa" (SML 588/2013, 4§, 2). Tätä on tulkittu niin, että Sähkömarkkinalaki määrittelee erillisen linjan koskemaan vain pienimuotoista tuotantoa. Merituulivoima ei ole pienimuotoista tuotantoa ja nykyinen linjaus ei sitä palvele. Työ- ja elinkeinoministeriö onkin kertonut syyskuussa 2023, että suurjännitteisten erillisten linjojen rakentamisen mahdollistava hallituksen esitys uudeksi sähkömarkkinalaiksi olisi suunnitteilla kevääksi 2025.
3. Sähköverkko voi olla jakeluverkkoa, tai suurjännitteistä jakeluverkkoa. Sähköverkko mahdollistaa useamman tuotanto- ja kulutuspaikan liittämisen toisiinsa. Sähköverkkotoiminta on luvanvaraista toimintaa ja edellyttää kattavaa organisaatiota, joka osallistuu verkon kehittämiseen, suunnitteluun, rakentamiseen ja käyttötoimintaan. Koemme, että sähköverkkotoiminnan käynnistäminen on turhan raskas prosessi pelkästään tuulivoimapuiston liittämiseksi ja siksi lähinnä teoreettinen vaihtoehto.

Määritelmänsä mukaisesti, liittymisjohdolla voidaan kytkeä verkkoon yksi tai useampi sähkön tuotantopaikka. Tämä tarkoittaa, että liittymisjohdolla ei voida kytkeä toisiinsa tuotantoa ja kulutusta, vaan liittymisjohto tulee aina kytkeä sähköverkkoon.

4.2.2.2 Liittymispiste ja verkonhaltijan velvollisuus liittää voimalaitos

Suomen talousvesille rakennettavien merituulivoimapuistojen liittymisjohdot tulee rakentaa liittymispisteeseen saakka ja tuottaja voi liittyä joko suurjännitteiseen jakeluverkkoon tai kantaverkkoon, riippuen tuotannon nimellistehosta. Kantaverkonhaltija Fingridin yleisten liittymisehtojen mukaan (Fingrid, Yleiset liittymisehdot, 2021) voimalaitokset, joiden nimellisteho on 250 MW tai enemmän, täytyy liittää ensisijaisesti 400 kilovoltin sähköverkkoon. Merituulivoiman osalta puhutaan käytännössä huomattavasti isommista tehoista, joten merituulivoima tulee liittymään käytännössä aina Fingridin 400 kilovoltin sähköverkkoon. Mahdolliset liittymispisteet sijaitsisivat siis kantaverkon sähköasemien yhteydessä.

Fingridillä kantaverkon haltijana on velvollisuus liittää sähköverkkoonsa tekniset vaatimukset täyttävät voimalaitokset (SML588/2013). Verkonhaltijan tulee myös pitää sähköverkko sellaisessa kunnossa, että uuden tuotannon ja kulutuksen liittäminen on mahdollista. Näin ollen Fingrid on vastuussa kantaverkon vahvistamisesta myös liittymispisteen takana, koko kantaverkossa. Usein ison tuotannon tai kulutuksen liittäminen vaatiikin investointeja myös muualle kuin pelkkään liityntäpisteeseen.

Liityntäkapasiteetin varaaminen kantaverkosta alkaa liityntäkyselyllä. Liityntäkyselyn jälkeen sovitaan liittymästä ja sen teknisistä reunaehdoista, joita käytetään liityntäjohdon ja liittymän suunnittelussa. Liittymäsopimus allekirjoitetaan liittymisjohdon suunnitteluvaiheessa, kun tuulivoimapuisto on saanut lainvoimaisen rakennusluvan. Liittymäsopimuksen allekirjoittamisen jälkeen hankekehittäjä rakentaa liittymisjohdon ja suunnittelee liittymän kytkennän. Nykyisten käytäntöjen mukaan kantaverkkoon tulee liittyä viimeistään kolmen vuoden päästä liittymäsopimuksen allekirjoittamisesta. Ennen voimalaitoksen kytkemistä verkkoon sähkön tuottaja ja kantaverkkohaltija allekirjoittavat kantaverkkosopimuksen.

Ajallisesti liittymispisteen valintaan ja varmuuteen liittymisen onnistumisesta liittyy haaste. Fingrid on haastattelussa arvioinut investoinnin liityntäkapasiteetin lisäämiseksi kestäväen noin seitsemän vuotta investointipäätöksestä käyttöönottoon. Hankekehittäjät tekevät oman investointipäätöksensä huomattavasti myöhemmin. Nykytilanteessa Fingrid joutuu kehittämään verkkoaan ilman lopullista varmuutta

tuotannon rakentumisesta, koska Fingridin investointiprosessi kestää seitsemän vuotta, mutta lopullinen liittymissopimus hankekehittäjän kanssa solmitaan vasta kolme vuotta ennen tuotannon liittämistä.

4.2.2.3 Liittymisjohdon lupamenettely

Tuotanto liitetään kantaverkon liittymispisteeseen liittymisjohdolla, joka on merituulivoiman tapauksessa merikaapelia ja mahdollisesti rannikolla veden rajan ja Fingridin sähköaseman väliseltä matkalta ilmajohtoa. Liittymisjohdot mitoitetaan siirrettävän kapasiteetin sähkötehotarpeen mukaan ja niiden sijoittelussa tulee huomioida kaapeleiden väliset suojaetäisyydet. Tuulivoimapuistolla voi olla useampi liittymisjohto, joilla on eri reitit.

Suurjännitteisen johdon rakentamiselle tulee hakea hankelupa Energiavirastolta. Vaatimus koskee myös liittymisjohtoja. Hankeluvassa ei oteta kantaa liittymisjohdon sijoittumiseen tai maankäyttöön. Hankelupa on voimassa viisi vuotta, jonka aikana johdon rakentaminen tulisi aloittaa. Hankelupa on liittymisjohdon muusta luvitusprosessista erillinen.

Talousvesivyöhykkeelle tulevan merituulivoimapuiston liittymisjohdon reitti kulkee kolmen eri alueen läpi: talousvesillä, aluevesillä ja mantereella. Rakentaminen kullekin alueelle vaatii oman lupaprosessin. Yhden liittymisjohdon tulee siis käydä rakentamisen osalta läpi kolme luvitusprosessia.

Talousvesivyöhykkeellä liittymisjohdolle haetaan ensin Valtioneuvoston tutkimuslupa ja samaan aikaan voidaan käynnistää ympäristövaikutusten arviointi osana tuulivoimapuiston ympäristövaikutusten arviointia. Tämän jälkeen liittymisjohdolle haetaan Valtioneuvostolta hyödyntämislupa ja rakennuslupa, joiden jälkeen on haettava vielä vesilupa. Talousvyöhykkeelle rakennettavien liittymisjohtojen vesiluvat myöntää Etelä-Suomen aluehallintoviranomainen (AVI), riippumatta siitä, missä kohtaa talousvesialuetta puisto tulee sijaitsemaan.

Aluevesillä liittymisjohdolle haetaan ensimmäiseksi merenpohjan tutkimuslupa Puolustusvoimilta. Tämän jälkeen voidaan hakea vesilupa (vesitalouslupa), jonka myöntäjä on aluevesialueen oma AVI. Mikäli liittymisjohto kulkee kaavoitetun alueen läpi, johdolle pitää hakea myös rakennuslupa alueen osalta. Luvituksen näkökulmasta, rannikkoalueella olevat Natura2000- ja muut luonnonsuojelualueet ovat haastavia, joten liittymisjohdon vetämistä niiden läpi pyritään välttämään. Luonnonsuojelualueet, muut huomioitavat meripohjan ominaisuudet, kaapeleiden keskinäiset suojaetäisyydet, sekä liityntäpisteiden sijainti rannikolla asettavat tiukat rajat liittymisjohtojen sijoittelulle.

Mantereella liittymisjohto jatkuu ilmajohtona. Rannalle, jossa kaapeli muuttuu ilmajohdoksi, on rakennettava pääteasema, jolle haetaan rakennuslupa. Ilmajohdolle on haettava Valtioneuvoston lunastuslupa. Lupa haetaan johdon reitille ja johtokadun leveydelle, joka on 400 kilovoltin johdon tapauksessa noin 50 metriä. Lunastusluvalla johdon omistaja saa oikeuden rakentaa ja huoltaa johtoa johtoalueella. Käytännössä johdon omistajalla on oikeus ja velvollisuus huolehtia esim. puuston poistosta johtokadulla.

Liittymisjohto vaatii siis kolme erillistä lupamenettelyä: talousvesille, aluevesille ja mantereelle. Myös lupaviranomainen voi vaihtua eri osien luvituksen aikana. Tällä hetkellä on epäselvää, kuinka paljon lupamenettelyssä voidaan käyttää samoja selvityksiä. Hankekehityksen näkökulmasta yksinkertaisinta olisi, että koko liittymisjohto koskisi yksi lupamenettely. Tässä on kuitenkin haasteena se, että merituulivoiman liittymisjohdon lupamenettely eroaisi silloin muiden alueella olevien johtojen lupamenettelystä. Yksi asiaa selkeyttävä toimenpide olisi antaa merituulivoiman liittymisjohdon luvitus yhden lupaviranomaisen käsiteltäväksi.

4.2.2.4 Sähköjärjestelmän mitoitus

Kantaverkkoon liitettävän tuotannon suurimman mahdollisen tehon määrää sähköjärjestelmän mitoitus. Suomessa ja Pohjoismaissa sähköjärjestelmä on mitoitettu ns. N-1 kriteerin mukaisesti, jonka mukaan silmukoidussa verkossa sähköjärjestelmän tulee kestää yksi yksittäinen vika ilman, että tuotannolle tai kulutukselle aiheutuu keskeytyksiä tai seurannaisvikoja. Sähköjärjestelmän käyttövarmuusreservit on mitoitettu siten, että suurin sallittu askelmainen tehonmuutos, jonka voimajärjestelmä kestää käyttövarmuutta vaarantamatta, on voimalaitoksen liitynnässä enintään 1 300 MW. On huomioitavaa, että lähes kaikkien tarkastelemiemme merituulivoimahankkeiden suunniteltu nimellisteho on yli 1 300 MW.

Jos ison merituulivoimapuiston koko kapasiteetti liitetään sähköverkkoon, tuotanto tulee jakaa sähkötekniisesti eri osiin ja eri liittymiskaapeleille, jotta yksittäisen liittymisjohdon liittymisteho ei ylittäisi 1 300 MW. Meidän ymmärryksemme mukaan tuulivoimapuiston jakaminen sähkötekniisesti osiin ei tuota ongelmia hankekehittäjille, vaikkakin lisää hankkeen kustannuksia. Kaikkien tuulivoimapuistojen, joista on olemassa julkista YVA selvitysaineistoa, suunnitelmissa on sähkön tuominen mantereelle useampaa reittiä pitkin ja liittyminen useammalle sähköasemalle.

4.2.3 Merituulivoiman liittämisen edellytykset muissa maissa

Merituulivoiman rakentamisesta ja liittamisestä sähköverkkoon on jo kokemusta muissa Euroopan maissa, esimerkiksi Tanskassa. Eri maiden käytännöt vaihtelevat jonkin verran, erityisesti sen osalta miten liittymisjohdon kustannukset ja omistajuus määräytyvät. Seuraavassa tarkastellaan tuulivoiman liittämistä Tanskassa, Hollannissa ja Ruotsissa.

Tanskassa hankekehittäjät voivat joko osallistua valtion järjestämään huutokauppaan hankealueista, tai lähteä kehittämään itsenäisesti haluamaansa aluetta. Molemmissa tapauksissa luvitusprosessi on sama, mutta vastuut sähköverkon rakentamisesta eri. Jos hankekehittäjä ehdottaa omaa aluetta, hankekehittäjä myös vastaa liittymiskaapelin rakentamisesta rannikolle, kantaverkonhaltijan määräämään liittymispisteeseen saakka. Jos hanke on ollut huutokaupattavana, tuulivoiman liittymispiste määritellään merelle ja Tanskan kantaverkonhaltija rakentaa ja vastaa liittymiskaapelin rakentamisesta mantereelle. (Energistyrelsen, Procedures and permits, 2023). Käytännössä, kun tarkastellaan niitä hankkeita jotka ovat viime aikoina olleet huutokaupattavana, tai ovat tulossa huutokaupattavaksi, hankekehittäjä on vastannut myös liittymisjohdon rakentamisesta. (Energistyrelsen, Ongoing offshore wind tenders, 2024)

Hollannissa kantaverkkoyhtiö TenneT vastaa merelle perustettavien sähköasemien rakentamisesta. Tuulivoimatuotanto liitetään merelliseen sähköasemaan. Johtojen rakentaminen sähköasemasta maalla olevaan suurjänniteverkkoon on TenneTin vastuulla. TenneT on ilmoittanut rakentavansa sekä 700 MW sähköasemia lähemmäs rannikkoa, että 2 000 MW asemia kauemmas rannikolta. 700 MW asemia rakennetaan ainakin seitsemän. 2 000 MW asemia on suunniteltu rakennettavaksi ainakin 14 ja niillä on tarkoitus liittää 28 000 MW tuotantokapasiteettia. Isommat asemat tulevat sijaitsemaan kauempana rannikosta ja tästä johtuen ne liitetään rannikon asemiin tasavirtakaapelilla. Pienemmät asemat sijaitsevat lähempänä rannikkoa ja liitetään rannikon sähköasemiin vaihtovirtakaapelilla. (TenneT, 2023) Hollannissa valtio kilpailuttaa merituulivoima-alueet. Ennen kilpailutusta alueista on jo viranomaistyönä tehty mm. ympäristövaikutusten ja muut luvitukseen liittyvät selvitykset. Näiden kustannukset peritään kilpailutuksen voittaneelta hankekehittäjältä.

Ruotsin kantaverkonhaltija Svenska Kraftnät selvitti edellytyksiä rakentaa kantaverkkoa ja merituulivoiman liittymispisteitä Ruotsin aluevesille, mutta tämä työ keskeytettiin Ruotsin hallituksen ehdotuksesta. Jatkossa Svenska Kraftnät keskittyy kehittämään mantereella olevaa verkostoa niin, että merituulivoiman tehokas liittäminen on mahdollista. Kehittäminen koskee kahdeksaa liittymispistettä, joista viisi sijaitsee Etelä-Ruotsissa ja kolme Pohjanlahden rannikolla. Svenska Kraftnätin arvion mukaan, vuoteen 2041 mennessä, em. liittymispisteiden liityntäkapasiteetti

voi kasvaa 14 GW:iin. Näistä 7 GW Svenska Kraftnät on varannut tietyille projekteille, joiden osalta Svenska Kraftnät on allekirjoittanut aiesopimuksen kehittäjän kanssa. Nämä projektit ovat liittymisessä etusijalla. Osana selvitystyötä Svenska Kraftnät kehittää liittymisen ehtoja. Liittymisen ehdoissa arvioidaan esimerkiksi sitä, miten pitkälle hanketta on jo suunniteltu. (Kraftnät, 2023)

Edellä kuvatut eri maiden käytännöt kuvaavat, että eri maat ovat päätyneet hyvin erilaisiin ratkaisuihin merituulivoiman liittämässä. Jokainen ratkaisu on perusteltavissa. Ratkaisuissa löytyy eroja siinä, kuinka vahvan roolin viranomaisen päättää ottaa merituulivoima-alueiden määrittelyssä ja merituulivoiman liittämisen kustannusten kattamisessa.

4.2.4 Merituulivoiman liittämisen vaihtoehdot

Suunnitellut merituulivoimapuistot ovat valtavia ja niiden koko rajoittaa sähköverkkoon liittämistä ja aiheuttaa haasteita kantaverkon siirtokapasiteetin riittävyden näkökulmasta. Olemme käsitelleet merituulivoimapuistojen liittämistä kolmella erilaisella vaihtoehdolla: 1) merituulivoiman liittäminen suoraan sähköverkkoon, 2) merituulivoiman liittäminen suoraan kulutukseen ja 3) merituulivoiman liittäminen osaksi vetyverkkoa. Suunniteltujen merituulivoimapuistojen koko huomioiden yksittäisen merituulivoimapuiston liittämässä kannattaa harkita useita vaihtoehtoja.

4.2.4.1 Merituulivoiman liittäminen sähköverkkoon

Merituulivoimapuistojen tuottama sähkö voidaan siirtää sähkökäyttäjille yleisen sähköverkon kautta käytännössä kolmella tavalla, joko suorilla liittymisjohdoilla Suomen mantereella oleviin kantaverkon sähköasemiin, kytketyillä merelliseen kantaverkkoon tai, tai kytketyillä useamman maan kantaverkon sähköasemiin. Suomessa ei kuitenkaan merellistä kantaverkkoa ole rakennettu.

Suorat liittymisjohdot kantaverkkoon

Maantieteellisesti sähkönkulutus keskittyy Etelä-Suomeen. Sähköjärjestelmän näkökulmasta optimaalisinta olisi, jos tuotanto olisi lähellä kulutusta, mutta merituulivoiman rakentaminen Etelä-Suomen rannikolle on mm. maanpuolustuksellisista syistä hankalaa. Tuulivoiman kehittäjä vastaa liittymisjohdon kustannuksista ja on selvää, että liittymisjohdon pituutta ei haluta tarpeettomasti kasvattaa. Käytännössä ainoaksi vaihtoehdoksi jää tasoittaa tuotannon ja kulutuksen alueellisia eroja kantaverkon siirtokapasiteettia hyödyntämällä.

Fingrid on ilmoittanut selvittävänsä merituulivoiman mahdollisia kantaverkon liittymispisteitä ja -kapasiteetteja, sekä kehittämiseen tarvittavia investointeja (Fingrid, Fingrid selvittää mahdollisia kantaverkon liittymispisteitä merituulivoimalle, 2023). Selvityksessä tarkastellaan myös liittymiskapasiteetin varauskäytäntöjä. Liittymiskapasiteetin varaus merituulivoiman käyttöön hankkeen varhaisemmassa vaiheessa poistaisi hankekehittäjän epävarmuuksia.

Suuren mittaluokan merituulivoiman liittäminen suoraan kantaverkon sähköasemiin vaatii myös investointeja kantaverkkoon. Fingridin suunnittelema liittymiskapasiteetti riittäisi vain osaan uuden merituulivoiman liittämiseen, vaikka vain 10 % suunnitellusta tuulivoimasta toteutuisi. Sähköaseman liittymiskapasiteetti on käytettävissä kaikille tuotantomuodoille, ja kantaverkon haltija ei voi suosia yhtä tuotantomuotoa toisen yli. Käytännössä samaa kapasiteettia tarvitsevat myös muu tuotanto, kuten nopeasti kehittyvä maatuulivoima ja aurinkovoima. Jos halutaan varmistaa rannikon sähköasemien liittymiskapasiteetin varaaminen merituulivoimalle, tulisi merituulivoimalle osoittaa jonkinlainen ensisijamenettely sähköverkon liittämisen osalta.

Merituulivoimapuiston tuotanto voidaan kokonsa puolesta liittää vain kantaverkkoon ja kantaverkon haltijana toimii Suomessa ainoastaan Fingrid. Rannikolla ja rannikon tuntumassa on kuitenkin muitakin sähköverkonhaltijoita, joiden verkkoon kuuluu muuta suurjännitteistä verkkoa. Näillä verkonhaltijoilla olisi hyvä olla mahdollisuus liittää verkkoonsa myös merituulivoimaa, mutta tämä vaatisi 400 kilovoltin sähköverkon hallinnan sallimisen muillekin kuin kantaverkkoyhtiölle.

Merellinen kantaverkko

Merellisen kantaverkon rakentaminen talous- tai aluevesille voisi olla vaihtoehto merituulivoiman liittämiselle myös Suomessa. Haasteena on ovat hankkeen kustannukset ja kuka sen maksaisi. Fingrid kerää kantaverkkoyhtiönä siirtomaksuja suurilta sähkökäyttäjiltä ja verkkoyhtiöiltä, jotka puolestaan keräävät ne sähkön kuluttajilta. Käytännössä merellisen kantaverkon kehittämisestä maksaisivat kaikki Suomen sähkön kuluttajat, mikäli merellinen osa olisi osa nykyistä kantaverkkoa. Voisiko merellisellä kantaverkolla olla omat erilliset liityntä- ja siirtotariffit, jolla kattaa merellisen kantaverkon rakentamisen kustannukset, mikäli tämä olisi osa nykyistä kantaverkkoa? Mielenkiintoinen kysymys on ylipäättänsä kenen tulisi hallinnoida merellistä kantaverkkoa, Fingridin vai jonkun muun tahon. Fingridin näkemyksen mukaan, nykyinen kantaverkon määritelmä ei sallisi heidän rakentaa kantaverkkoa talousvesialueelle. Kantaverkon määrittely vaatii siten lisäselvitystä.

Liityntä usean maan sähköverkkoon

Suomen talousvesillä tuotettua sähköä ei ole välttämättä pakko käyttää nimenomaan Suomessa ja siirtää Suomen kantaverkon kautta sähkökäyttäjille. Yksi vaihtoehto on, että sähkö siirretään merikaapelilla esimerkiksi Ruotsiin, Tanskaan, Saksaan tai muualle Keski-Eurooppaan. Esimerkiksi Viron kantaverkonhaltija Elering ja yksi Saksan kantaverkonhaltijoista 50Hertz ovat ilmoittaneet aiesopimuksesta maiden välisen kaapelin rakentamiselle. Kaapeli yhdistäisi Viron merialueella sijaitsevia merituulivoimapuistoja sekä Viron, että Saksan kantaverkkoon. Lisäksi 50Hertz on ilmoittanut tutkivansa mahdollisuuksia verkoston kehittämiseksi Latvian ja Liettuan merialueilla (50Hertz, 2023). Suomen talousvesillä sijaitsevat merituulivoimapuistot liittyvät ensisijaisesti Suomen kantaverkkoon, mutta kaapelin rakentamista myös muualle on syytä tutkia, erityisesti, jos Suomessa sähkön kulutus ei jostain syystä kasva. Kahteen tai useampaan maahan kytkeytyvä merituulivoimapuisto tarvitsee läpinäkyvän mekanismin jakaa sähköntuotanto eri alueiden välille. Merellinen hinta-alue tarjoaa tällaisen vaihtoehdon. Hinta-alueista on kerrottu tarkemmin luvussa 5.

4.2.4.2 Merituulivoiman liittäminen suoraan kulutukseen

Fingrid on arvioinut, että vuosittainen sähkön kulutus tulee kasvamaan noin 40 TWh vuoteen 2030 mennessä. Suurin kulutuksen kasvu tulee teollisuuden sähköistymisestä (18 GWh) ja vedyn tuotannosta (19 GWh). Kulutuksen kasvu kateetaan lisääntyvällä puhtaan energian tuotannolla, kuten merituulivoimalla. Fingridin arviossa tuulivoiman sähköntuotantokapasiteetti kasvaa lähes 20 GW:iin vuoteen 2030 mennessä (Fingrid, Lisätiedot Fingridin ennusteesta ja sähkötehon riittävyysanalyysin metodologiasta, 2023). Onkin järkevää tarkastella kulutuksen ja merituulituotannon liittämistä suoraan toisiinsa. Merituulituotannon liittäminen suoraan kulutukseen vähentää myös investointitarvetta kantaverkon liityntäkapasiteetin lisäämiseen.

Nykyinen liittymisjohdon määritelmä ei salli tuotannon ja kulutuksen suoraa liittämistä, vaan koskee vain tuotannon tai kulutuksen liittämistä sähköverkkoon. Erillinen linja taas sallisi kulutuksen ja tuotannon liittämistä, mutta vain pienimuotoisen tuotannon osalta. Jos halutaan, että myös suuremmat tuotantoyksiköt voitaisiin liittää suoraan kulutukseen joko liittymisjohdolla tai erillisellä linjalla, niiden käyttötarkoitusta ja merkitystä tulee tämän osalta muuttaa. TEM tulee käynnistämään vuoden 2024 alussa työryhmän kasvavien kuormien ja uusiutuvan tuotannon integroinnista suurjänniteverkkoon. Työryhmä pohtii, mitä muutoksia sähkömarkkinalakiin tulisi tehdä, jotta suurjännitteisten erillisten linjojen rakentaminen on mahdollista.

Suurjännitteisen erillisen linjan avulla voidaan muodostaa energiayhteisö, jossa voisi olla energiatuotantoa (esimerkiksi merituulivoimaa), varastoja (esimerkiksi akkuja) ja kulutusta (esimerkiksi vedyn tuotantoa). Energiayhteisössä voi olla useita osallistujia, joista jokainen keskittyisi omaan ydintoimintaansa ja energiayhteisö voi olla liittyneenä esimerkiksi kantaverkkoon. Kantaverkon kehittämistarve pienenee, koska energiayhteisö kuluttaisi suurimman osan tuottamastaan sähköstä itse. Energiayhteisö myös lisää energiajärjestelmään joustoa, koska tuotantoa ja kulutusta voidaan säätää tarpeen mukaan akkujen ja kulutuksen avulla. Suurjännitteisten erillisten linjojen osalta tulisi kuitenkin pohtia ehdollisuuksia, joilla erillinen linja erotellaan luvanvaraisesta sähköverkkotoiminnasta. Nämä voivat liittyä esimerkiksi tuotannon, varastojen ja kulutuspuisteiden määrään tai verkon pituuteen tai energiayhteisön kokonaistaloudellisuuteen.

4.2.4.3 Merituulivoiman liittäminen osaksi vetyverkkoja

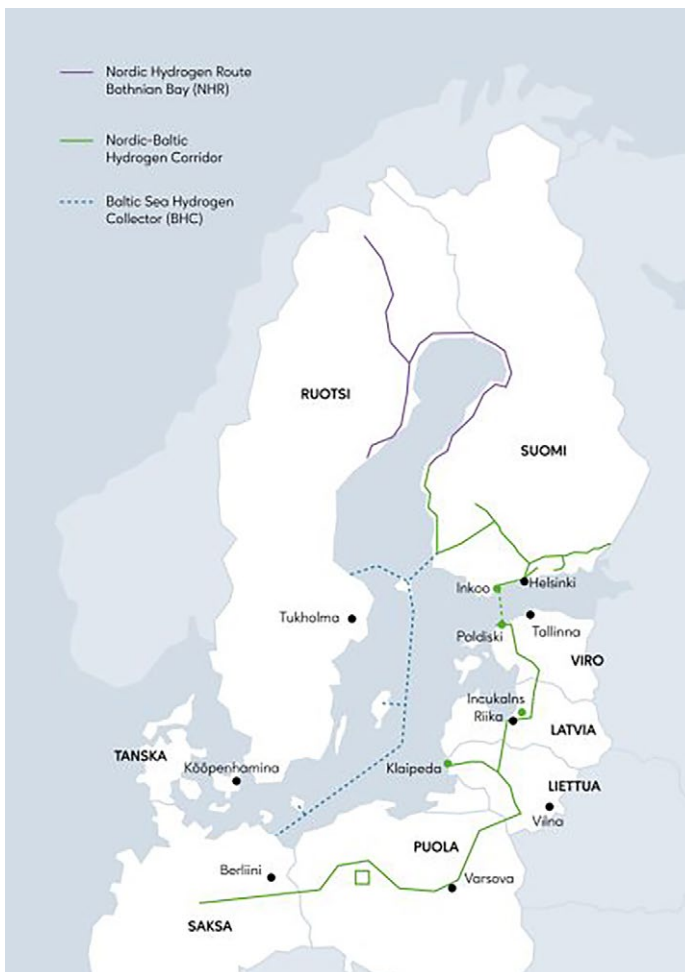
Tuulivoimankehittäjät näkevät vedyn tuotannon tärkeänä vaihtoehtona merituulivoiman tuottaman sähkön syötölle sähköjärjestelmään. Hankekehittäjien suunnitelmassa vetyä joko tuotetaan tuulivoiman yhteydessä merellä tai sähkön tuotantoa käytetään rannikolla vedyn tuotantoon. Tuulivoiman yhteydessä oleva vetytuotanto käyttäisi merivettä ja tuulivoiman tuottamaa sähköä elektrolyysissä tuottaakseen vetyä. Vety siirrettäisiin rannikolle vetykaasuputkea pitkin. AFRYn asiantuntijoiden mukaan, lupaprosessi vetyputken sijoittamiselle mereen on pitkälti sama kuin kaapelin sijoittamiselle, joskin itse vedyn tuotanto ja varastointi vaativat lisäksi ympäristöluvan. Jos vetyä tuotetaan merituulivoiman yhteydessä, energia siirretään mantereelle kokonaan tai osittain vedyn muodossa, mikä pienentää liittymiskapasiteetin ja verkon vahvistamisen tarvetta. Toinen vaihtoehto on rakentaa vedyn tuotanto mantereen puolelle ja liittää siihen merituulivoima, joko suoraan suurjännitteisellä erillisellä linjalla tai liittää sekä merituulivoimatuotanto, että vedyn tuotantolaitos kantaverkkoon. Elektrolyysin yhteydessä vapautuu paljon lämpöä, jonka voisi mantereella hyödyntää esimerkiksi teollisuuden prosesseissa.

Suomen hallitus hyväksyi 9.2.2023 periaatepäätöksen, jonka mukaan Suomi tavoittelee Euroopan johtavaa asemaa vetytaloudessa. Suomen valtiksi vetytaloudessa on tunnustettu kilpailukykyisen ja puhtaan energian saatavuus, sekä vahvat sähkönsiirtoverkot. Periaatepäätöksessä mainitaan erityisesti tuulivoima, jonka kapasiteetin odotetaan tulevaisuudessa olevan moninkertainen Suomen tämänhetkiseen kasvuntarpeeseen verrattuna (Valtioneuvosto, 2023).

Gasgrid Finland on mukana Baltic connector hankkeessa, jossa kehitetään Pohjoismaista vetyverkostoa, joka liittyisi myös Euroopan vetyverkostoon (Kuva 4-6). Vetyverkon on suunniteltu kulkevan länsirannikkoa pitkin, mikä sopii sijainniltaan myös

merituulivoiman tarpeisiin. Vetyverkon odotetaan valmistuvan 2030-luvulla, joskin hankkeeseen liittyy vielä paljon epävarmuutta. Merituulivoimatuotannon käyttö vedyn valmistukseen ja vedyn tuotannon liittäminen osaksi vetyverkkoa mahdollistaisi puhtaan vedyn viennin muualle Eurooppaan, mikä voisi olla kannattava vaihtoehto esimerkiksi sähkökaapelin rakentamiselle.

Kuva 4-6: Nordic Hydrogen Route ja Baltic Connector -vetyverkosto (Gasgrid, 2023)



4.3 Yhteenveto ja johtopäätökset

Merituulivoimapuistojen keskinäiset vaikutukset toisiinsa ja koko Suomen sähköjärjestelmään on merkittävä kysymys tulevaisuudessa, kun merituulivoimaa rakennetaan merkittäviä määriä.

Jättövanoihin vaikuttavat puistojen välisen etäisyyden lisäksi muut tekijät, kuten esimerkiksi tuulen suunta, nopeus ja merituulivoimapuiston muoto. Hankekehittäjät huomioivat naapuripuistojen jättövanat puistojen suunnitteluvaiheen taloudellisissa laskelmissa, jos nämä naapuripuistot ovat tiedossa. Tästä syystä ensisijainen ratkaisu jättövanojen huomioimisessa olisi määritellä sitovat tuulivoimatuotantoalueet ja tarvittaessa niiden maksimikoko. Uuden merituulivoimapuiston lupaprosessiin voidaan myös lisätä velvoite arvioida puiston vaikutukset ympärillä olevien puistojen tuotantoon ja ympäröivien puistojen hankekehittäjille mahdollisuus lausua tästä arviosta.

Merituulivoimapuistojen suuri nimellisteho rajoittaa vaihtoehtoja merituulivoiman liittämiseksi sähköjärjestelmään. Tällä hetkellä suunniteltu merituulivoima on liitettävissä pelkästään kantaverkkoon. Jotta merituulivoimaa voitaisiin liittää kantaverkkoon suunniteltuja määriä, kantaverkon kapasiteettia tulee kasvattaa huomattavasti ja merituulivoimalle tulee osoittaa selkeät liittymispisteet. Lisäksi ns. sääriippuva sähkön tuotanto tulee vaatimaan nykyistä enemmän joustopotentiaalia kulutuspuolella. Suurjännitteinen erillinen linja voi liittää yhteen tuotannon, kulutuksen ja energiavarastot energiayhteisöksi, mutta tämä vaatii lainmuutosta erillisen linjan määritykseen. Energiayhteisöt voivat vähentää tarvetta kantaverkon kapasiteetin kasvattamiselle ja tarjoavat energiajärjestelmään joustoa.

Merituulivoima mahdollistaa myös vedyn tuotannon, joko tuulivoiman yhteydessä merellä, tai mantereella. Vety taas voidaan siirtää eteenpäin, joko vetynä tai jatkojalosteena. Merituulivoimalla on valtava potentiaali päästöjen vähentämiseksi ja tämän potentiaalın valjastaminen vaatii kaikkien edellä mainittujen keinojen käyttöä: kantaverkon kehittämistä, suurjännitteisten erillisten linjojen sallimista lainsäädännöllä, sekä sähkönkulutuksen lisääntymistä etenkin teollisuuden osalta.

5 Mahdolliset hinta-alueet merellä

Sähkömarkkinoiden hinta-alueet ovat fyysisen sähköverkon pullonkaulojen rajaa-
mia alueita, joille muodostuu yhtenäinen markkinahinta. Hinta-alueiden sisällä
markkinatoimijat voivat harjoittaa sähkökauppaa ilman kapasiteetinjakotoimia,
eli siten ettei kauppojen fyysinen toteutus vaadi muutoksia esimerkiksi tuotan-
non ajojärjestykseen. Tämä mahdollistaa taloudellisesti tehokkaan sähkön tuotan-
non ja kulutuksen. Eri hinta-alueita yhdistävät rajalliset siirtoyhteydet, joihin voi
muodostua pullonkauloja. Pullonkaulojen vaikutus tulee markkinoilla esille, kun
hinta-alueiden välille syntyy eroja sähkön hinnassa. Hinta-alueet ja niiden konfigu-
raatiot määrittelevät täten myös merituulivoiman saavuttamaa sähkön hintaa. Mer-
kittävien merituulivoima-alueiden eriyttämistä erillisiin hinta-alueisiin, esimerkiksi
Pohjanmeren merituulivoimaprojektien yhteydessä, on esitetty tapana helpottaa
merituulivoiman integroimisessa sähköjärjestelmään ja tapana ehkäistä merituuli-
voiman mahdollisia vaikutuksia muihin siirtoverkon käyttäjiin, mikäli merituuli-
voima aiheuttaisi pullonkauloja sähköjärjestelmässä. Suomen eriyttäminen useaan
hinta-alueeseen on kuitenkin yleisesti nähty Suomessa järeänä ja viimesijaisena
keinona ratkaista sähköjärjestelmän pullonkauloja (Fingrid, sähköjärjestelmävisio,
2023). Myös sähkömarkkinalaki ohjeistaa kantaverkon suunnitteluun siten, että riit-
tävä siirtokapasiteetti tulee varmistaa Suomen säilymisestä yhtenäisenä sähkö-
kaupan tarjousalueena (SML 588/2013 40§).

Työn neljännessä osakokonaisuudessa tarjotaan katsaus sähkön tukku-
markkinoiden ja hinta-alueiden toiminta- ja toteutusperiaatteisiin, sekä miten hinta-
alueet voisivat vaikuttaa merituulivoimahankkeiden kannattavuuteen ja muihin
sähköverkon käyttäjiin. Lisäksi tutkitaan merituulivoiman erillisen hinta-alueen tar-
peellisuutta mallintamisen avulla.

Taulukko 5-1: Mahdollisten merellisten hinta-alueiden osion tutkimuskysymykset**Tutkimuskysymykset**

1. Millaisia vaihtoehtoja merellä sijaitsevien hinta-alueiden toteutukselle on?
2. Millaisia voivat olla merellä sijaitsevien hinta-alueiden operointimallit ja ansaintalogiikka?
3. Miten hinta-alueet voivat yleisellä tasolla vaikuttaa merituulivoimahankkeiden kannattavuuteen ja muiden verkon käyttäjien kustannuksiin?
4. Tarvitaanko Suomessa merellä sijaitsevia hinta-alueita, ja jos tarvitaan, niin missä menisi hinta-alueiden rajat?
5. Vaikuttavuusanalyysi erilaisista operointimalleista ja miten ne vaikuttavat merituulihankkeiden ansaintalogiikkaan Suomessa

5.1 Hinta-alueet merellä

Sähkön tukku- eli vuorokausimarkkinat ovat sähkön pääasiallinen markkinapaikka. Tukkumarkkinat ja sen suunnitteluratkaisut vaikuttavat täten keskeisesti myös merituulivoiman saamaan tuottoon. Tukkumarkkinoilla seuraavan vuorokauden hinta määritellään erikseen jokaiselle tunnille ja hinta-alueelle tarjotun kysynnän ja tarjonnan mukaisesti. Sähkön tukkumarkkinat on jaettu hinta-alueiksi, joille muodostuu mahdollisesti toisistaan erilliset hintatasot.

Merkittäviä merituulivoima-alueita on ehdotettu eriytettäväksi omiksi hinta-alueiksi, esimerkiksi Pohjanmeren merituulivoimaprojektien yhteydessä (North Sea Wind Power Hub, 2021). Ehdotusten tarkoituksena on tarjota merituulivoimalle mahdollisuus saavuttaa sähkön hinta, joka kuvastaa mahdollisimman hyvin merituulivoimalle kohdistuvan kysynnän ja kilpailevan tarjonnan suhdetta, ottaen huomioon sähkönsiirron fyysisen infrastruktuurin pullonkaulat.

Mahdollisten merellisten hinta-alueiden sisällä on lähtökohtaisesti paljon tuotantoa (merituulivoima) ja vain vähän tai ei ollenkaan kysyntää. Tämän lisäksi meri-alueet toimivat usein raja-alueina hinta-alueiden välillä. Tämä asettaa merellisille hinta-alueille erityispiirteitä.

5.1.1 Hinta-alueet ja niiden toimintamalli

Hinta-alueet ovat rakenteellisten sähkönsiirron pullonkaulojen rajaamia alueita, joiden sisällä sähkön hinta on sama. Esimerkiksi Suomi koostuu yhdestä hinta-alueesta, mutta Ruotsi on jaettu neljään hinta-alueeseen. Tukkumarkkinoiden hinta määräytyy yksittäisten hinta-alueiden sisällä tuotannon ja kysynnän tasapainopisteessä siten, että kaikki hyväksytyt tarjoukset saavat saman hinnan (marginaalihinnottelu). Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että sähkön hinta on halvin mahdollinen hinta, jolla kaikki kysyntä, mistä ollaan valmiita maksamaan annettu hinta, katetaan.

Yksittäisten hinta-alueiden välinen rajallinen käytettävissä oleva siirtokapasiteetti jaetaan hinnan laskentaprosessin yhteydessä. Nykyisen markkinamallin siirtokapasiteetin jakomekanismia voidaan pitää joustavana ja tehokkaana tapana pullonkaulojen hallintaan. Muita menetelmiä on olemassa, kuten siirtokapasiteetin jakaminen erillisillä kahdenkeskeisillä kaupoilla. Siirtoyhteyksien kapasiteetin hyödyntäminen kahdenkeskeisillä kaupoilla ei kuitenkaan olisi taloudellisesti tehokasta, ja yhteyksien täysimittainen hyödyntäminen vaatisi huomattavan määrän kahdenkeskeisiä kauppvoja verrattuna nykymekanismiin. Tällä tavalla kaupattujen siirto-oikeuksien käyttö on myös heikommin säänneltyä.

Kuten mainittu, yksittäisten hinta-alueiden hinnat muodostuvat kysynnän ja tarjonnan tasapainossa. Siirtoyhteyksien hyödyntäminen vastaa sitä, että ylijäämäalueelle lisätään kysyntätarjouksia, ja alijäämäalueelle lisätään tuotantotarjouksia. Tämä siirtää molempien alueiden kysynnän ja tarjonnan tasapainopistettä. Tällöin ylijäämäalueen hinta nousee, ja alijäämäalueen hinta laskee. Mikäli siirtoyhteyttä on tarpeeksi saatavilla, yli- ja alijäämäalueiden hinnat yhtenevät. Mikäli siirtoyhteydestä muodostuu pullonkaula, yli- ja alijäämäalueiden tasot lähestyvät toisiaan mutta jäävät erisuuruisiksi. Hinnanmuodostusprosessin lopputulos kuvastaa sekä hinta-alueiden sähköntuotannon hintatasoa, että pullonkaulojen kustannusta optimaalisen siirtokapasiteetin käytön perusteella.

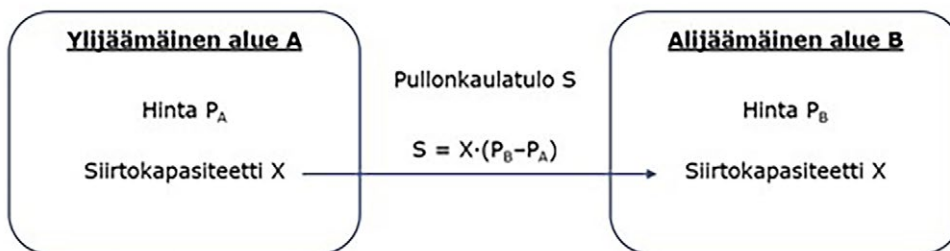
Merellä sijaitsevan hinta-alueen hinnan määräytyminen on laajalti riippuvainen merituulivoima-alueen siirtoyhteyden suuruudesta, sillä alueella ei lähtökohtaisesti ole omaa kulutusta. Tämän takia merituulivoiman siirtokyky lähimmille hinta-alueille, sekä mahdolliset hintaerot pullonkaulatilanteissa, ovat keskiössä merituulivoimahinta-alueita ja niiden vaikutusta tarkastellessa.

5.1.1.1 Pullonkaulatulot

Kun kahden hinta-alueen välinen siirtotarve ylittää rajasiirtokapasiteetin, muodostuu hinta-alueiden välille pullonkaula, mikä ilmenee hinta-alueiden hintojen eriytymisestä. Hinta-alueiden välinen hintaero kerryttää sähköpörssiin pullonkaulatulon.

Pohjoismaissa sekä Baltiassa tämä tulo jaetaan nykysopimuksen mukaisesti tasan niiden siirtoverkkoyhtiöiden kesken, joiden välille pullonkaulat muodostuvat. Esimerkiksi Fingrid ja Svenska Kraftnät jakavat Suomen ja Ruotsin välille muodostuvat pullonkaulatulot. Vastaavasti Fingrid ja Elering jakavat Suomen ja Viron väliset pullonkaulatulot. Pullonkaulatuottojen muodostumismekanismi on kuvattu alla (Kuva 5-1).

Kuva 5-1: Pullonkaulatuottojen muodostumismekanismi



Pullonkaulatulojen käytöstä on säädetty sähkön sisämarkkina-asetuksessa (EU 2019/943). Pullonkaulatulot on käytettävä etusijassa siirtoyhteysien kapasiteetin tosiasialisen käytettävyyden takaamiseen, sekä alueiden välisen siirtokapasiteetin ylläpitämiseen tai lisäämiseen. Kun nämä ensisijaiset tavoitteet ovat riittävässä määrin saavutettu, voidaan pullonkaulatuloja käyttää verkkotariffien korvaamiseen. Mikäli tuloja jää vielä yli, jäännöstulot on talletettava, kunnes niitä voidaan ohjata etusijalla oleviin tarkoituksiin. Siirtoverkkoyhtiöiden on raportoitava vuosittain sekä selvästi ennalta mahdollisten tulevien pullonkaulatuottojen käyttökohteet, että toteutuneiden tulojen tosiasialisesta käytöstä. Energiavirasto vastaa Suomessa pullonkaulatulojen lakisääteisestä valvonnasta.

5.1.1.2 Vientialueet

Hinta-alueiden erikoistapausta, vientialuetta ("export zone"), on rajallisesti käytetty mahdollistamaan sähkönsiirtoa, esimerkiksi Latvian ja Liettuan Venäjän-rajasiirtoyhteydellä. Vientialue on virtuaalinen hinta-alue, jolla ei ole sisäistä kysyntää. Tarjontaa voi asettaa saatavan siirtokapasiteetin puitteissa. Vientialueen kysyntä muodostuu täten siirtoyhteyden kautta, jolloin kysynnän ja tarjonnan kohtaaminen muodostaa tuonnin tarpeen. Vientialue auttaa joko yksinkertaistamaan tuontia eri tavalla suunnitellulta markkina-alueelta (kuten Venäjältä) tai tuomaan paremmin esille fyysisen infrastruktuurin pullonkauloja markkinahintoihin (esimerkiksi

mahdollisen laajan merituulivoiman tapauksessa). Vientialueen kaltainen ratkaisu on yksi mahdollinen, jo olemassa oleva, ratkaisumalli merituulivoiman parempaan sähkömarkkinalliseen integroimiseen nykyiseen järjestelmään.

5.1.2 Hinta-alueiden muutosprosessi

Hinta-alueiden muutosprosessi on säädelty EU:n tasolla CACM-asetuksella (EU 2015/1222). Hinta-alueiden konfiguraation uudelleentarkastelun voi käynnistää energia-alan sääntelyviranomaisten yhteistyövirasto ACER, joukko sääntelyviranomaisia ACERin suosituksesta, siirtoverkonhaltijat, tai jäsenvaltiot. Mikäli hinta-alueen konfiguraatiolla ei ole merkittävää vaikutusta kuin yhden siirtoverkonhaltijan vastuualueelle, voi yksittäinen sääntelyviranomaisen tai siirtoverkonhaltija sääntelyviranomaisen suostumuksella käynnistää uudelleentarkastelun. Vain Suomea koskevien hinta-alueiden muutoksia voi siis käytännössä käynnistää Fingrid (siirtoverkonhaltija), Energiavirasto (sääntelyviranomaisen) tai Suomen valtio.

Mikäli tämänlainen uudelleentarkastelu käynnistetään, on määriteltävä uudelleentarkastelun edellytykset sekä tulokset ja julkistettava ehdotus viranomaiselle. Lisäksi siirtoverkonhaltijan on annettava viereisille siirtoverkonhaltijoille, ja vastaavasti sääntelyviranomaisen on annettava viereisille sääntelyviranomaisille, ennakoilmoitus uudelleentarkastelun käynnistämisestä perusteluineen.

Uudelleentarkasteluprosessi on kaksivaiheinen. Ensiksi siirtoverkonhaltijan on määriteltävä prosessissa käytettävän menetelmän ja oletukset, sekä ehdotettava vaihtoehtoisia arvioitavia hinta-aluekonfiguraatioita. Nämä menetelmät, oletukset ja vaihtoehdot on esitettävä prosessiin osallistuvalla sääntelyviranomaiselle, jolla on kolme kuukautta aikaa pyytää koordinoituja muutoksia.

Tämän jälkeen prosessiin osallistuva siirtoverkonhaltijan on arvioitava ja vertailtava hinta-alueen nykyistä ja ehdotettuja konfiguraatioita. Arvioinnissa on otettava huomioon vähintään verkon käyttövarmuuteen, markkinoiden tehokkuuteen, sekä hinta-alueiden vakauteen ja pysyvyyteen liittyviä seikkoja, joita CACM-asetuksessa on listattu. Arvioinnista on järjestettävä kuuleminen sekä seminaari, jossa esitellään hinta-alueiden konfiguraatioon liittyviä ehdotuksia toteutusaikatauluineen, 15 kuukauden sisällä prosessin aloittamisen päätöksestä.

Hinta-alueen konfiguraatioehdotuksen esittelyn jälkeen prosessiin osallistuvien valtioiden, tai niin säädettyä sääntelyviranomaisten, on päästävä yksimielisyyteen ehdotuksen toteutuksesta kuuden kuukauden sisällä.

5.1.3 Erillisten hinta-alueiden vaikutukset yleisesti merituulivoimahankkeisiin ja muihin verkkokäyttäjiin

Merituulivoiman eriyttämistä omalle hinta-alueelle on ehdotettu erityisesti hybridimerituulivoiman yhteydessä. Hybridimerituulivoimalla tarkoitetaan merituulivoimapuistoa, joka on kytköksissä useampaan hinta-alueeseen. Täten merituulivoimapuiston liityntäjohdot voivat toimia myös siirtoyhteytenä kahden hinta-alueen välillä. Ratkaisua on ehdotettu etenkin Pohjanmeren merituulivoimahankkeisiin liittyen. Merituulivoiman eriyttäminen erilliselle hinta-alueelle (Offshore Bidding Zone eli OBZ) tarjoaa ratkaisun siirtoverkon teknisille rajoituksille nostamalla merituulivoimaan liittyvät pullonkaulat markkinamekanismin piiriin.

Erillisten merituulivoiman hinta-alueiden vaikutuksia on tutkittu usean tahon toimesta aikaisemmin. Tutkimuksia ovat teettäneet muun muassa Euroopan Komission Energian pääosasto, Pohjanmeren merituulivoimaa kehittävä North Sea Wind Power Hub -konsortio sekä eurooppalaiset sähkökauppaoperaattoreiden ja siirtoverkonhaltijoiden yhdistävä Market Coupling Steering Committee. Edellä mainittujen töiden löydösten pohjalta arvioidaan hinta-alueiden vaikutuksia yleisellä tasolla, taustoittaen kappaleen 5.2 analyysiä.

Euroopan komission tutkimuksen johtopäätös on, että OBZ-malli tuo hieman yhtenäisen hinta-alueen mallia tehokkaammin esille sähköverkon mahdollisia pullonkauloja, kun merituulivoimaa rakennetaan rajasiirtoyhteyksien yhteyteen. OBZ-mallin arvioitiin myös kestäväen joustavammin mahdollisia tulevaisuuden muutoksia sähköverkossa ja hinta-alueiden rajoissa. OBZ-malli voi vähentää laajan merituulivoiman rakentamisen hättävyyksiä muille verkkokäyttäjille, mikäli merituulivoimasta aiheutuisi verkossa säätötoimenpiteitä vaativia pullonkauloja. On myös huomioitava, että hinta-alueet merellä siirtävät osan tuulivoiman tuotoista siirtoverkonhaltijoille pullonkaulatulojen muodossa. Tämän on arvioitu mahdollisesti heikentävän tuulivoimaprojektien kannattavuutta (Euroopan komissio, Energian pääosasto, 2020).

North Sea Wind Power Hub:n teettämä tutkimus on linjassa komission työn kanssa, vaikkakin OBZ-mallin tehokkuus ja täten yhteiskunnallinen hyöty arvioitiin vain niukasti yhtenäistä hinta-aluemallia suuremmaksi. Tutkimuksen mukaan pääero OBZ- ja yhtenäisten hinta-aluemallien välillä on tuottojen jakautuminen merituulivoimaprojektin ja siirtoverkonhaltijan välillä. Kuten komissionkin tutkimuksessa, OBZ-mallin arvioitiin siirtävän osan merituulivoimaprojektien tuloista siirtoverkonhaltijalle pullonkaulatulojen muodossa, heikentäen projektien kannattavuutta (North Sea Wind Power Hub, 2021).

Market Coupling Steering Committee nostaa edellisten tutkimusten tulosten lisäksi huomioon, että OBZ-mallin toimintaan vaikuttaa merkittävästi merellisten hinta-alueiden siirtoyhteyksien mitoitus. Pienempi mitoitus aiheuttaa enemmän pullonkaulatilanteita ja tämä johtaa hinta-alueiden hintaeroon. (Market Coupling Steering Committee, 2023) Tilanne nostaa merellisiin hinta-alueisiin kytköksissä olevien alueiden hintaa, koska kaikkea merituulivoimaa ei voida siirtää sitä tarvitseville. Tästä aiheutuu haittaa muille verkonkäyttäjille.

Tutkimusten perusteella erillisten merellisten hinta-alueiden yhteiskunnallinen kokonaishyöty on positiivinen, mutta vähäinen. Suurin yksittäinen vaikutus on merituulivoimaprojektien kannattavuuden heikentyminen, kun osa projektin tuloista siirtyy voimalalta siirtoverkonhaltijalle pullonkaulatulojen myötä. Yhteiskunnalliseen kokonaishyötyyn vaikuttaa toki myös verkkoinvestointien suuruus erilaisissa vaihtoehdoissa, mutta tätä näkökulmaa ei ole käsitelty tässä selvityksessä.

On huomattava, että kaikki edelliset tutkimukset tutkivat vaikutusta merituulivoimaan, josta on siirtokapasiteettia useammalle hinta-alueelle. Mikäli merituulivoiman hinta-alueelta olisi siirtokapasiteettia vain yhdelle markkina-alueelle, ja mikäli siirtokapasiteetti on mitoitettu tuulivoimalan täyteen kapasiteettiin, erillisellä hinta-alueella ei olisi minkäänlaista vaikutusta sähkön hintaan, sillä alueiden välille ei muodostu pullonkaulaa. Kuten on kuvattu kappaleessa 5.1.1, pullonkaulan muodostuminen on erillisten hinta-alueiden perustavanlaatuisen ehto.

5.2 Analyysi hinta-alueiden tarpeellisuudesta Suomessa

5.2.1 Mallinnuksen lähtöarvot ja oletukset

Skenaarioiden vaikutusten mallinnus perustuu AFRYn kattavaan, tuntitasoiseen BID3-sähkömarkkinamalliin. BID3 kattaa koko Euroopan sähköntuotannon tuotantomuodoittain sekä siirtoyhteydet. Malli huomioi sähköntuotannon todellisen tuotannon ja säädettävyyden sekä vaihtelevan kysynnän tuntitason profiilien avulla 20 säävuodelle. Malli määrittää optimaalisen viennin ja tuonnin alueiden välillä alueellisten markkinoiden ja siirtokapasiteetin perusteella. Siten voidaan mallintaa hinta-alueiden vaikutusta sähkön spot-markkinoihin ja sähkön siirtoon.

Tässä selvityksessä mallinnetaan pohjoismaisia markkinoita vuonna 2040, jolloin viimeistään Suomessa olisi jo merkittäviä määriä merituulivoimaa. Valtaosa nykyisistä hankkeista onkin suunnitteilla 2030-luvun aikana toteutettaviksi (Fingrid, Kantaverkon kehittämissuunnitelma, 2023). Kaikki pohjoismaiden 12 hinta-alueita mallinnetaan tuntitasolla samanaikaisesti, huomioiden siirtoyhteyksien kapasiteetit. Mallinnuksen polttoaineiden hintaoletukset perustuvat Euroopan Komission

suositeltuihin harmonisoituihin mallinnusparametreihin vuodelle 2040 (Euroopan Komissio, 2022). Työssä on otettu huomioon sähköjärjestelmän muutokset vuoteen 2040 AFRYn arvion mukaisesti. Vuoteen 2040 mennessä muun muassa siirtoyhteys Pohjois-Ruotsiin on kasvanut Aurora Line 1:n ja 2:n myötä, jonka lisäksi tuuli- ja aurinkovoiman tuotanto Suomessa on kasvanut entisestään, yli kolmenkertaiseksi nykyisestä. Myös sähkön kysyntä on kasvanut sähköistymisen vauhdittamana, kasvaen noin puolella.

Mallinnuksessa on oletettu n. 2 GW merituulivoimaa Pohjanlahdella, jotka skenaarioissa eriytetään omaksi hinta-alueeksi. Hinta-alueelle ei sijoitu sähkön kysyntää. Mallinnus ei ota kantaa merituulivoimapuistojen tarkempaan sijaintiin ja sähköjärjestelmän liityntäratkaisuihin. On kuitenkin hyvä huomioida, että mallinnusasetelma vastaa esimerkiksi muutaman merituulivoimapuiston suuruiseen, eri liityntäpisteisiin yhdistettyyn kokonaisuuteen. Näin ollen sähköverkon mitoittava vika ei mallinnusasetelmassa ylitä nykyistä 1 300 megawattia. AFRYn tekemä mallinnus on konservatiivinen arvio merituulivoiman kehittymisestä. Esimerkiksi kantaverkkoyhtiö Fingrid julkaisi lokakuussa 2023, että heille on tullut liityntäkyselyitä merituulihankkeista lähes 90 gigawatin edestä. Tässä selvityksessä tärkeintä on ollut selvittää mahdollisia hinta-aluevaihtoehtoja. Vaihtoehtojen hyvät sekä huonot puolet tulevat esiin konservatiivisellakin arviolla.

Työssä on mallinnettu kolme mahdollista hinta-aluevaihtoehtoa:

Vaihtoehto 1 on perusskenaario, jossa merituulivoima liitetään nykyiseen Suomen hinta-alueeseen. Tämä kuvastaa nykyisen kaltaista tilannetta, jossa hinta-alueisiin ei tehdä muutoksia. Perusskenaariossa merituulivoima yhdistetään huippukapasiteetin mukaisin yhteyksin Suomen sähköverkkoon, mikä vastaa nykyistä liittymiskäytäntöä.

Vaihtoehdossa 2 luodaan uusi hinta-alue merituulivoimalle, josta on yhteydet Suomen hinta-alueeseen. Mallinnuksessa hinta-alueella sijaitsee siirtokapasiteettiin suhteutettuna 120 % tuotantoa, mikä luo hinta-alueiden välille pullonkaulan huipputuotantotilanteissa. Tämä vastaa mm. Tanskassa Hesselø -merituulivoimapuistohuutokaupassa sallittua yllirakentamisen määrää (Energistyrelsen, Hesselø Offshore Wind Farm, 2023), mikä mahdollistaa liityntäkapasiteettiin nähden enemmän tuulivoiman rakentamista. Vaihtoehtoisesti asetelman voi mieltää tilanteena, jossa alun perin pienemmäksi mitoitettun merituulivoiman liityntäpisteeseen sallittaisiin liittyä isompi määrän merituulivoimaa, esimerkiksi ennakoitua isomman merituulivoiman rakentamisen vuoksi. Ylimoittaminen, riippumatta miten pullonkaula muodostuu, ei itsessään kuitenkaan vaadi erillistä hinta-aluetta, eikä tätä ole ehdotettu muun muassa Tanskassa. Erillinen hinta-alue on yksi mahdollinen ja läpinäkyvä tapa ratkaista liittynän pullonkaula.

Vaihtoehdossa 3 luodaan hinta-alue merituulivoimalle, joka kytkeytyy Suomen ja Ruotsin SE2 -hinta-alueisiin yhtä suurilla yhden gigawatin siirtoyhteyksillä. Tämä kuvastaa perinteistä hybridimerituulivoima-asetelmaa, jolle erillisiä hinta-alueita on aikaisemmin esitetty. Asetelma olisi relevantti, jos Pohjanlahdelle suunniteltaisiin erityisen suuria merituulivoimapuistoja, esimerkiksi yhteistyössä Ruotsin kanssa. Hybridimerituulivoiman liityntäyhteyttä voidaan myös käyttää normaalin siirtoyhteytenä kahden hinta-alueen välillä, jolloin hinta-alueen toimintalogiikka olisi ohjata hybridimerituulivoiman tuotanto tehokkaasti hinta-alueille SE2 ja FI, sekä hyödyntää jäljelle jäävä kapasiteetti maiden väliseen sähkönsiirtoon. Esimerkiksi Fenno-Skan -siirtoyhteydelle Suomen ja Ruotsin SE2 välille on ehdotettu mahdollista hybridimerituulivoiman liityntäpistettä siinä vaiheessa, kun nykyinen Fenno-Skan 1 yhteys joudutaan uusimaan. (Svenska Kraftnät, Energinet, Fingrid, Statnett, 2023).

5.2.2 Mallinnuksen tulokset

Mallinnuksen tuloksena saadaan sähkömarkkinoiden tuntikohtaisia tuloksia erilaisen hinta-aluevaihtoehtojen vaikutuksesta. Tässä työssä hinta-alueiden vaikutusarviointi perustuu tuntikohtaisista tuloksista johdettuihin tunnuslukuihin vuodelta 2040. Arviointi perustuu ainoastaan hinta-alueiden markkinavaikutukseen, eikä arvioi esimerkiksi skenaarioiden sähkötekniistä kelpoisuutta. Mallinnus ei myöskään ota huomioon siirtoyhteyksien omistusrakennetta. Mallinnustulosten kannalta on sama omistaako siirtoyhteydet merituulivoimapuiston omistaja, maiden kantarverkkoyhtiöt tai ulkopuolinen kaupallinen toimija.

Arvioinnissa käytetyt tunnusluvut ovat Suomen aluehinta, tuulivoiman saama hinta, ja kansantaloudellinen hyöty. Suomen aluehinta kuvastaa Suomen hinta-alueen sähkön tukkumarkkinoiden verotonta pörssihintaa. Tuulivoiman saama hinta (ns. capture price) vastaa tuulivoimatuotannon painotettua keskihintaa. Hinta eroaa aluehinnasta kaikissa skenaarioissa, sillä tuulivoiman tuotanto ajoittuu tyypillisesti keskimääräistä halvemmille tunneille ja tuulivoiman saama hinta tulee näin ollen alhaisemmaksi kuin Suomen aluehinta.

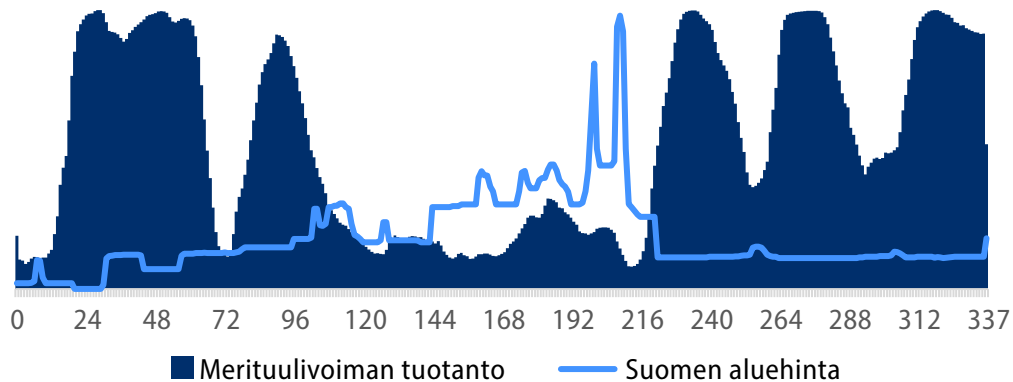
Kansantaloudellinen hyöty lasketaan BID3-mallilla, ja sisältää kolme komponenttia: kuluttajien sekä tuottajien ylijäämä, ja pullonkaulatulot. Hyötyä arvioidaan suhteessa perusskenaarioon. Kuluttajien ylijäämä on kuluttajien maksuhalukkuuden ja sähkön hinnan erotus, jolloin matalampi aluehinta lisää kuluttajien ylijäämää. Tuottajien ylijäämä vastaa kaikkien sähköntuottajien kustannusten ja heidän saaman sähkön hinnan välistä erotusta. Pullonkaulatulot syntyvät siirtoverkon haltijalle hinta-alueiden välisten hintaerojen johdosta. Tulon nykyinen jakoperiaate on

huomioitu arvioinnissa, jolloin vain Fingridin osuus on huomioitu Suomen kansantaloudellisen hyödyn näkökulmasta. Pullonkaulatuloja on käytettävä verkon parantamiseen ja verkkotariffien vähentämiseen, joten pullonkaulatulot nähdään koko kansantaloutta hyödyttävänä tulona. Arvioinnissa on oletettu kantaverkonhaltijoiden omistavan kaikki siirtoyhteydet. On myös mahdollista, että siirtoyhteyksiä omistaisi kolmas taho, esimerkiksi merituulivoimapuiston omistaja. Tällöin erillisen hinta-alueen ja Suomen välisen pullonkaulatulon saisi siirtoyhteyksien omistaja.

5.2.2.1 Perusskenaario

Perusskenaario vastaa nykytilannetta, jossa merituulivoima liitetään Suomen kantaverkkoon ja tuotanto tarjotaan Suomen hinta-alueelle sähköpörssissä. Mallinnuksen perusteella Suomen aluehinta olisi tällöin vuonna 2040 noin 68 €/MWh ja merituulivoiman saama hinta 56 €/MWh. Mikäli kantaverkossa riittää liityntä- ja siirto-kapasiteettia merituulivoimalle, ei nykyisen kaltainen markkina-asetelma vaikuta olevan haasteellinen merituulivoimalle.

Kuva 5-2: Esimerkki merituulivoiman tuotannosta ja sähkön hinnasta perusskenaariossa

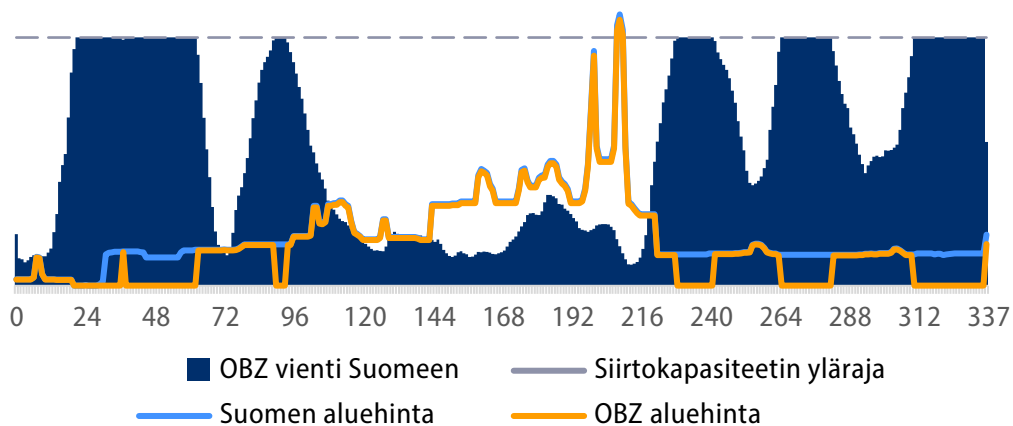


Kuva 5-2 havainnollistaa merituulivoimatuotannon ja sähkön hinnan muodostumista yksittäisen säävuoden tammikuussa kahden viikon ajalta. Kuvasta selviää, kuinka merituulivoiman tuotannolla on merkittävä vaikutus Suomen aluehintaan. Kun tuotantoa on paljon, hinta laskee, ja päinvastoin. Seuraavissa skenaarioissa samaa esimerkkiajanjaksoa on käytetty havainnollistamaan skenaarioiden asetelmien vaikutusta tuulivoiman tuotantoon. Huom. Kuva 5-2, Kuva 5-3, ja Kuva 5-5 ovat samalla skaalalla ja vertailukelpoisia keskenään.

5.2.2.2 Rajoitettu kapasiteetti

Rajoitetun kapasiteetin vaihtoehdossa merituulivoimalla on rajallinen siirtokapasiteetti muuhun Suomen verkkoon, ja tilanne on ratkaistu erillisellä hinta-alueella. Merellisen hinta-alueen tuulivoiman tuotannon kasvaessa yli liityntäjohtojen siirtokapasiteetin, hinta-alueella sijaitsevat tuulivoimalat kilpailevat keskenään rajallisesta tuotantomahdollisuudesta. Koska tuulivoiman marginaalikustannus on alhainen, näillä tunneilla merellisen hinta-alueen hinta tippuu hyvin lähelle nollaa. Tämän skenaarion mallinnuksessa pullonkauloja muodostuu n. 14 %:lle tunneista, ja erillinen hinta-alue madaltaisi merkittävästi merituulivoiman kannattavuutta. Kuva 5-3 osoittaa, miten rajallinen siirtokapasiteetti rajoittaa merituulivoiman tuotantoa ja näillä tunneilla OBZ-aluehinta eriytyy Suomen aluehinnasta.

Kuva 5-3: Esimerkki merellisen hinta-alueen siirroista ja sähkön hinnasta rajoitetun kapasiteetin skenaariossa



Mallinnuksen perusteella Suomen aluehinta olisi asetelmassa vuonna 2040 noin 69 €/MWh. Tämä vastaa yhden prosentin nousua verrattuna perusskenaarioon. Merituulivoiman kannattavuus laskisi merkittävästi, kun tuotannosta saatavaa tuloa siirtyisi pullonkaulatuloksi. Merituulivoiman saama hinta on skenaariossa 41 €/MWh, joka vastaa 27 % pudotusta verrattuna perusskenaarioon. Kansantaloudellinen haitta skenaarion asetelmasta olisi 62 miljoonaa euroa vuodessa verrattuna perusskenaarioon.

Skenaarion mukainen rajoitettu siirtoyhteys on hyödyllinen kahdella tapaa: 1) rajallisen siirtoyhteyden rakentamiskustannukset ovat pienemmät kuin täysmitoitettujen siirtoyhteyden, ja 2) kantaverkon liityntäpisteisiin kohdistuu vähemmän vahvistustarpeita, kuin täysmitoitettujen siirtoyhteyden tapauksessa. Näitä hyötyjä ei ole tässä

osiossa kvantifioitu. Mallinnuksen perusteella rajoitetun kapasiteetin mukainen skenaario tuottaa kansantaloudellista haittaa. Onkin todennäköistä, että mahdolliset sähköverkon vahvistustarpeet maksaisivat itsensä nopeasti takaisin. Esimerkiksi 250 miljoonan euron kokoisen vahvistushankkeen takaisinmaksuaika olisi skenaarion kansantaloudellisella menetetyllä hyödyllä alle 6 vuotta. Tämä vastaisi Aurora Line -siirtoyhteyden kokoista hanketta (Fingrid, 2022). Vaikkei verkkovahvistus ole projektina suoraan verrannollinen uuteen siirtoyhteyteen, havainnollistaa esimerkki kansantaloudellisen menetetyt hyödyn kokoluokkaa.

5.2.2.3 Hybridi hinta-alue

Hybridi hinta-alueen skenaariossa merituulivoima olisi liitettynä sekä Suomen että Ruotsin SE2 -hinta-alueelle, molempiin suuntiin yhden gigawatin siirtoyhteyksin. Tällöin merituulivoima tarjottaisiin ensiksi kalliimmalle markkinalle, ja lopputuotanto halvemmalle markkinalle. Esimerkiksi kun merituulituotanto ylittää Suomeen suuntautuvan siirtokapasiteetin, lisätuotanto siirtyy Ruotsin SE2-hinta-alueelle. Mikäli merituulituotanto on pienempää kuin yhden suunnan siirtokapasiteetti, voidaan ylijäänyttä siirtokapasiteettiä käyttää tavallisena siirtoyhteytenä Suomen ja Ruotsin välillä. Tämä tasaisi entisestään Suomen ja Ruotsin välisiä hintaeroja, etenkin matalan merituulen hetkinä. Siirtoyhteyksien käyttöä havainnollistaa Kuva 5-4, missä OBZ kuvastaa merituulivoiman erillistä hinta-alueita.

Kuva 5-4: Hybridimerituulivoiman mallinnettu tuotanto ja hinta-alueiden väliset siirrot vuonna 2040

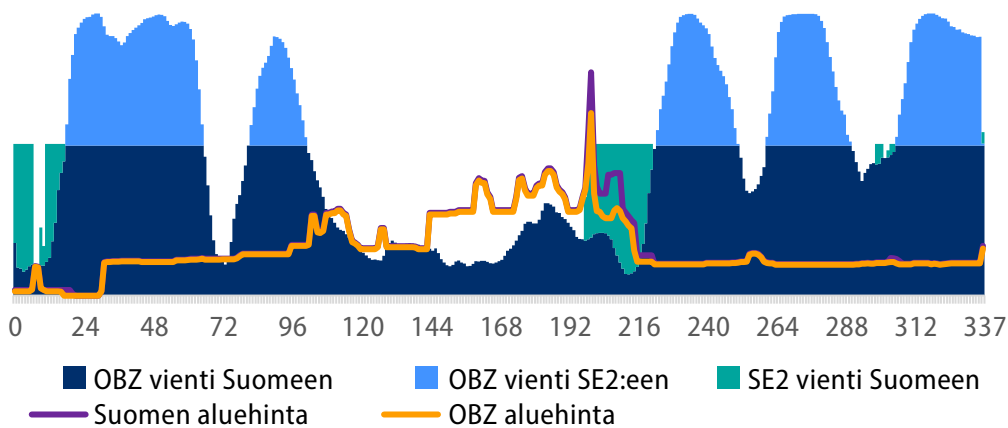


Kuvasta nähdään, että yhtä suurilla siirtoyhteyksillä merituulivoiman 7,1 TWh tuotannosta suurin osa, 4,2 TWh, siirtyisi Suomeen. 2,8 TWh siirtyisi Ruotsiin, ja 0,8 TWh siirtyisi Ruotsista Suomeen hyödyntäen OBZ-hinta-alueen käyttämättömiä siirtokapasiteetteja.

Mallinnuksen perusteella Suomen aluehinta olisi vuonna 2040 noin 66 €/MWh, mikä laskisi Suomen aluehinta n. 4 % suhteessa perusskenaarioon. Merituulivoiman kannattavuus laskisi noin 5 % tasolle 53 €/MWh.

Kuva 5-5 havainnollistaa hybridi hinta-alueen toimintaperiaatetta. Ajanjakson alkupäässä sekä tunnin 200 jälkeen nähdään, miten hybridi hinta-alue toimii myös siirtoyhteytenä matalan tuulen aikana, alentaen hintaa verrattuna perusskenaarion Kuva 5-2. Lisäksi erittäin tuulisina tunteina huomataan, miten tuotanto jakautuu vietäväksi Suomeen sekä Ruotsiin, esimerkiksi tunneilla 20–60.

Kuva 5-5: Esimerkki merellisen hinta-alueen siirroista ja sähkön hinnasta hybridimerituulivoiman skenaariossa



Yhteensä tämä vaihtoehto tuottaa mallinnuksessa 53 miljoonaa euroa vuotuista kansantaloudellista hyötyä. Mallinnuksessa erilaisten säävuosien laskennallinen kansantaloudellinen hyöty korreloi vahvasti (korrelaatiokerroin 0,8) SE2:sta Suomeen siirretyn energiamäärän kanssa. Tästä voidaan päätellä, että tämän vaihtoehdon positiivinen kansantaloudellinen hyöty muodostuu osin siirtokapasiteetin lisäämisestä Ruotsin ja Suomen välillä. Ylimääräinen siirtokapasiteetti madaltaa sähkön hintaa Suomessa, mikä lisää kuluttajien ylijäämää.

Hybridihinta-alueen käyttöönotto on lähtökohtaisesti monimutkaisempaa kuin tavallisen, vain Suomeen kytkeytyvän hinta-alueen, sillä hybridiasetelma vaatii yhteistyötä molempien maiden viranomaisten kanssa. Hybridimerituulivoima vaatisi myös suurempaa sähköverkkoinvestointia, koska siirtoyhteys tulee rakentaa kahteen hinta-alueeseen. Ylipäätänsä hinta-alueiden muutokset ovat pitkä ja säännöstelty prosessi, kuten on kuvattu kappaleessa 5.1.2.

5.2.2.4 Tulosten yleisesittelyt ja päätelmät

Vaihtoehtojen tunnusluvut ovat koostettu Taulukko 5-2. Taulukko sisältää vertailun Suomen aluehinnasta ja merituulivoiman saamasta hinnasta sekä kansantaloudellisesta hyödystä sekä tämän jakautumisesta tuottajien, kuluttajien ja pullonkaulatulojen välillä.

Taulukko 5-2: Arvioinnin tunnusluvut mallinnetuissa skenaarioissa

Aihe	Perus-skenaario	Rajoitettu kapasiteetti	Hybridi hinta-alue
Sähkön aluehinta (€/MWh)	68	69	66
Merituulivoiman saama hinta (€/MWh)	56	41	53
Kansantaloudellinen hyöty verrattuna perusskenaarioon (M€)	-	-62	53
josta kuluttajien ylijäämä	-	-64	302
josta tuottajien ylijäämä	-	-50	-218
josta pullonkaulatulot	-	52	-31

Taulukko 5-2 osoittaa, että mallinnuksen perusteella erilliset hinta-aluevaihtoehdot eivät paranna merituulivoiman kannattavuutta, päinvastoin merituulivoiman tuottajan sähköstä saama hinta laskee. Erityisesti rajoitetun kapasiteetin vaihtoehdossa hinta-alue sekä laskisi merituulivoiman kannattavuutta merkittävästi, että nostaisi muiden verkonkäyttäjien kustannuksia korkeamman sähkön hinnan muodossa.

Hybridimerituulivoiman vaihtoehdossa hinta-alue tuo kansantaloudellista hyötyä laskemalla sähkön hintaa Suomessa. Tämä johtuu osittain asetelman tuomasta uudesta siirtoyhteydestä Ruotsin hinta-alueelta SE2 Suomeen. Lisääntyneen raja-siirtokapasiteetin myötä Suomen sähkönhinnat ovat yhä useammin yhtenäiset Pohjois-Ruotsin hinta-alueiden kanssa, mikä myös vähentää pullonkaulatuloja. Mallinnuksen perusteella ei voida arvioida, miten hybridimerituulivoiman kansantaloudellinen hyöty vertautuu pelkän siirtoyhteyden rakentamiseen.

Mallinnuksen tulokset osoittavat, että kahteen eri hinta-alueeseen kytketyn hybridi-hinta-alueen tarkempi tutkiminen voi olla mielekästä, mikäli suunnitteilla on erityisen laajoja merituulivoimapuistoja ja uusia siirtoyhteyksiä samanaikaisesti.

5.3 Yhteenveto ja johtopäätökset

Sähkömarkkinoiden hinta-alueiden edellytyksenä on siirtoverkon pullonkaulat, mitkä myös määrittelevät hinta-alueiden rajat ja toteutusmahdollisuudet. Selvityksen perusteella erilliselle merituulivoiman hinta-alueelle ei ole suoraan tarvetta, vaan se on yksi mahdollinen työkalu käsitellä siirtoverkon pullonkauloja ja merituulivoiman rajallista liittymispotentiaalia sekä tuoda näihin liittyvät mahdolliset haasteet läpinäkyvästi esiin. On kuitenkin huomattava, että hinta-alueiden muutosprosessi on säännelty ja muutoksien suorittaminen hyvinkin järeä toimenpide.

Nykyinen markkina-asetelma, missä merituulivoimapaistot liittyvät osaksi Suomen olemassa olevaa hinta-aluetta vaikuttaa selvityksen perusteella olevan merituulivoiman kannattavuuden näkökulmasta edullisin. Tässä vaihtoehdossa merituulivoimapaiston omistaja saa parhaan tuoton tuottamastaan merituulivoimasta.

Mikäli sähköverkon liityntä- tai siirtokapasiteetti osoittautuu merkittäväksi rajoitteeksi merituulivoiman rakentamiselle, olisi yksi markkinaehtoinen vaihtoehto merituulivoiman eriyttäminen omalle hinta-alueelle sähköverkon pullonkaulaa mukaillen. Tämä vaihtoehto mahdollistaa merituulivoiman lisärakentamisen yli sähköverkon siirtokapasiteetin, jolloin korkean tuotannon hetkinä osa hinta-alueella sijaitsevista merituulivoimaloista ei mahtuisi markkinoille. Marginaalikustannusten perusteella tällaisilla tunneilla erillisen hinta-alueen sähkönhinta lähestyisi nollaa. Mallinnustulosten perusteella rajallinen siirtokapasiteetti ja pullonkaulan muodostuminen heikentäisivät merkittävästi merituulivoiman kannattavuutta. Vaihtoehto myös tuottaisi kansantaloudellista haittaa, koska kaikkea halpaa merituulella tuotettua sähköä ei voitaisi tuoda suomalaisille kuluttajille. Käytännössä kyse on optimoinnista merituulivoiman kannattavuuden, kansantaloudellisen hyödyn ja sähköverkkoinvestointien välillä. Verrattain konservatiivisella merituulivoiman määrälläkin tämän vaihtoehdon kansantaloudellinen haitta on sen verran suuri, että haitan välttäminen yksinään perustelisi sähköverkon liityntäpisteiden vahvistustarpeita ja mahdollisia uusia investointeja taustalla olevaan siirtoverkkoon.

Mielenkiintoinen vaihtoehto merituulivoiman liittämiseksi on erillinen hybridihinta-alue, joka olisi kytketty siirtoyhteyksillä sekä Suomeen että Ruotsiin. Hinta-alue jakaisi merituulivoimatuotannon ja siirrot maiden välillä tehokkaasti. Lisäksi merituulivoimalta jäänyt ylimääräinen, käyttämätön siirtokapasiteetti olisi käytettävissä normaaliin tapaan Suomen ja Ruotsin hinta-alueiden välillä. Tämä vaihtoehto on mallinnustulosten perusteella kansantaloudellisesti mielekäs ratkaisu. Tässä työssä tehty mallinnus ei ota huomioon sähköverkon investointikustannuksia, jotka luonnollisesti ovat suuremmat hybridihinta-alueen vaihtoehdossa. Myöskään kahteen

hinta-alueeseen kytkeytyvän merellisen hinta-alueen teknistä toteutettavuutta ja sääntelyä ei ole työssä selvitetty, ja asia vaatiiikin lisäselvitystä esimerkiksi yhteistyössä kantaverkkoyhtiöiden ja viranomaisten kanssa.

6 Lähteet

- 50Hertz. (2023). *50Hertz and Estonian transmission system operator Elering to build submarine cable between Estonia and Germany*. Noudettu osoitteesta <https://www.50hertz.com/en/News/FullarticleNewsOf50Hertz/13472/50hertz-and-estonian-transmission-system-operator-elering-to-build-submarine-cable-between-estonia-and-germany>
- Aalto-yliopisto. (2023). *Aalto-yliopiston jäätutkimusallas*. Noudettu osoitteesta <https://research.aalto.fi/fi/equipments/aalto-ice-and-wave-tank>
- Ahola, M. (2021). Suullinen tiedonanto. *Naturhistoriska riksmuseet*.
- Andersson, M.;& Öhman, M. (2010). Fish and sessile assemblages associated with wind-turbine constructions in the Baltic Sea. *Marine and Freshwater Research*.
- Andersson, M.;Berggren, M.;Wilhelmsson, D.;& Öhman, C. (2009). Epibenthic colonization of concrete and steel pilings in a cold-temperate embayment: a field experiment. *Helgoland Marine Research*.
- Bergström, L.;Kautsky, L.;Malm, T.;Ohlsson, H.;Wahlberg, M.;Rosenberg, R.;& Capetillo, N. (2012). *The effects of wind power on marine life A Synthesis*. SWEDISH ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY.
- Bergström, L.;Sundqvist, F.;& Bergström, U. (2013). Effects of an offshore wind farm on temporal and spatial patterns in the demersal fish community. *Marine Ecology Progress Series*.
- Berkström, C.;Wennerstöm, L.;& Bergström, U. (2022). *Ecological connectivity of the marine protected area network in the Baltic Sea, Kattegat and Skagerrak: Current knowledge and management needs*. *Ambio*.
- BOEM. (2023). *Guidelines for Providing Benthic Habitat Survey Information for Renewable Energy Development on the Atlantic Outer Continental Shelf Pursuant to 30 CFR Part 585*. Noudettu osoitteesta Renewable energy program: <https://www.boem.gov/sites/default/files/renewable-energy-program/Regulatory-Information/BOEM-Renewable-Benthic-Habitat-Guidelines.pdf>
- Bohnsack, J. A.;& Sutherland, D. (1985). Artificial reef research: a review with recommendations for future priorities. *Bulletin of Marine Science*.
- Bohnsack, J.;Harper, D.;McClellan, D.;& Hulsbeck, M. (1994). Effects of reef size on colonisation and assemblage structure of fishes at artificial reefs off south-eastern Florida, USA. *Bulletin of Marine Science*.

- Boyd, S.;Limpenny, D.;Rees, H.;Cooper, K.;& Campbell, S. (2003). Preliminary observations of the effects of dredging intensity on the re-colonisation of dredged sediments off the southeast coast of England (Area 222). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*.
- Bravo, M.;Brandt, M.;van der Grient, J.;Dahlgren, T.;Esquete, P.;Gollner, S.;. . . Cordes, E. (2023). Insights from the management of offshore energy resources: Toward an ecosystem-services based management approach for deep-ocean industries. *Front. Mar. Sci*.
- Broström, G. (2018). On the influence of large wind farms on the upper ocean circulation. *Journal of Marine Systems*.
- Cañadillas et al. (2020). Offshore wind farm wake recovery: Airborne measurements and its representation in engineering models. *Wind Energy*.
- Chapman, M. (2003). Paucity of mobile species on constructed seawalls: effects of urbanization on biodiversity. *Marine Ecology Progress Series*.
- Christiansen;Carpenter;Daewel;Suzuki;& Schrum. (2023). The large-scale impact of anthropogenic mixing by offshore wind turbine foundations in the shallow North Sea. *Frontiers in Marine Science*, 10.
- CMACS. (2003). *A baseline assessment of electromagnetic fields generated by offshore windfarm cables*. COWRIE Report.
- Cresci, A.;Perrichon, P.;Durif, C.;Sørhus, E.;Johnsen, E.;Bjelland, R.;. . . Browman, H. (2022). Magnetic fields generated by the DC cables of offshore wind farms have no effect on spatial distribution or swimming behaviour of lesser sandeel larvae (*Ammodytes marinus*). *Marine Environmental research*.
- Daewel, U.;Akhtar, N.;& Christiansen, N. e. (2022). Offshore wind farms are projected to impact primary production and bottom water deoxygenation in the North Sea. *Commun Earth Environ*, 3, 292.
- De Mesel, I.;Kerckhof, F.;Norro, A.;Rumes, B.;& Degraer, S. (2015). Succession and sea-seasonal dynamics of the epifauna community on offshore wind farm foundations and their role as stepping stones for non-indigenous species. *Hydrobiologia*.
- Deshmukh, S.;Bhattacharya, S.;Jain, A.;& Paul, A. (2019). Wind turbine noise and its mitigation techniques: A review. *Energy Procedia*.
- Diebel, C.;Proksch, R.;Green, C.;Neilson, P.;& Walker, M. (2000). Magnetite defines a vertebrate magnetoreceptor. *Nature*.
- Dierschke, V. F. (2016). Seabirds and offshore wind farms in European waters: Avoidance and attraction. *Biological Conservation*, 59–68. Noudettu osoitteesta https://www.researchgate.net/publication/308772722_Seabirds_and_offshore_wind_farms_in_European_waters_Avoidance_and_attraction
- Dietz, R.;Teilmann, J.;& Henriksen, O. (2000). *EIA study of offshore wind farm at Rødsand - Technical report about seals*. Ministry of the Environment and Energy & National Environmental Research Institute.

- Dietz, R.;Teilmann, J.;Henriksen, O.;& Laidre, K. (2003). *Movements of seals from Rødsand seal sanctuary monitored by satellite telemetry*. NERI Technical report.
- Dodd, J.;& Briers, R. (2021). *The impact of shadow flicker or pulsating shadow effect, caused by wind turbine blades, on Atlantic salmon*. Scotland's Centre of Expertise for Waters (CREW).
- Drewitt, A. L. (2006). Assessing the impacts of wind farms on birds. 29–42.
- Dunham, A.;Pegg, J. R.;Carolsfeld, W.;Davies, S.;Murfit, I.;& Boutillier, J. (2015). Effects of submarine power transmission cables on a glass sponge reef and associated megafaunal community. *Marine Environmental Research*.
- Dunlop, E.;Reid, S.;& Murrant, M. (2016). Limited influence of a wind power project submarine cable on a Laurentian Great Lakes fish community. *Journal of Applied Ichthyology*.
- Døving, K.;& Stabell, O. (2003). *Trails in Open Waters, Sensory Cues in Salmon Migration*. . Teoksessa: Collin, S.P. & Marshall, N.J. (toim.), *Sensory processing in Aquatic Environments*. Springer, New York.
- ELY-keskus. (2023). *Uusiutuvan energian lupaneuvonta*. Noudettu osoitteesta <https://www.ely-keskus.fi/web/uusiutuvan-energian-lupaneuvonta/merituulivoima>
- Energiavirasto. (2023). *Tuulivoiman kompensatio*. Noudettu osoitteesta <https://energiavirasto.fi/tuulivoiman-kompensaatio>
- Energistyrelsen. (2023). *Hesselø Offshore Wind Farm*. Noudettu osoitteesta <https://ens.dk/en/our-responsibilities/offshore-wind-power/ongoing-offshore-wind-tenders/hesselo-offshore-wind-farm>
- Energistyrelsen. (2023). *Procedures and Permits for Offshore Wind Parks*. Noudettu osoitteesta <https://ens.dk/en/our-responsibilities/wind-power/offshore-procedures-permits>
- Engell-Sørensen, K. (2002). *Possible effects of the offshore windfarm at Vindeby on the outcome of fishing. The possible effects of electromagnetic fields and noise*. Bio/consult AS.
- Eolus. (2023). *Itämeri-sitoumus*. Noudettu osoitteesta <https://eolus.fi/toimintamme/vastuullisuus/itameri-sitoumus/>
- Euroopan komissio. (2007). Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle - Euroopan unionin yhdenmety meripolitiikka. *KOM(2007) 574 lopullinen*.
- Euroopan komissio. (2020). Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions EU Biodiversity Strategy for 2030 Bringing nature back into our lives. *COM/2020/380 final*.

- Euroopan komissio. (2020). Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions Stepping up Europe's 2030 climate ambition Investing in a climate-neutral future for the benefit of our. *COM(2020) 562 final*.
- Euroopan komissio. (2020). Komission tiedonanto euroopan parlamentille, neuvostolle, euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. EU:n strategia avomerellä tuotettavan uusiutuvan energian potentiaalin valjastamiseksi ilmasto- neutraalin tulevaisuuden tarpeisiin. *COM/2020/741 final*.
- Euroopan komissio, Energian pääosasto. (2020). *Market arrangements for offshore hybrid projects in the North Sea*.
- Euroopan Komissio. (2022). *Recommended parameters for reporting on GHG projections in 2023*.
- European Defence Agency. (2023). Noudettu osoitteesta Offshore energy and defence require better synergy: <https://eda.europa.eu/news-and-events/news/2023/06/28/greater-synergies-between-offshore-energy-and-defence-needed-hears-eda-conference>
- Fingrid. (2021). *Verkkovisio*. Noudettu osoitteesta https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/sahkomarkkinat/fingrid_verkkovisio.pdf
- Fingrid. (2021). *Yleiset liittymisehdot*. Noudettu osoitteesta <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/palvelut/kulutuksen-ja-tuotannon-liittaminen-kantaverkkoon/yle2021-fingrid-oj-yleiset-liittymisehdot.pdf>
- Fingrid. (2022). *Aurora Line sähkösiirtoyhteydelle 127 miljoonan euron EU-tuki*. Noudettu osoitteesta Fingrid: <https://www.fingrid.fi/ajankohtaista/tiedotteet/2022/aurora-line-sahkonsiirtoyhteydelle-127-miljoonan-euron-eu-tuki/>
- Fingrid. (2023). *Fingrid avaa keskustelun sähkötehon riittävyydestä 2020-luvun jälkipuoliskolla*. Noudettu osoitteesta <https://www.fingrid.fi/ajankohtaista/tiedotteet/2023/fingrid-avaa-keskustelun-sahkotehon-riittavyydesta-2020-luvun-jalkipuoliskolla/>
- Fingrid. (2023). *Fingrid lehti*. Noudettu osoitteesta <https://www.fingridlehti.fi/merituulivoima-mahdollisuus-joka-vaatii-uusia-ratkaisuja/>
- Fingrid. (2023). *Fingrid.fi uutinen*. Noudettu osoitteesta <https://www.fingrid.fi/ajankohtaista/tiedotteet/2023/fingrid-selvittaa-mahdollisia-kantaverkon-liittymispisteita-merituulivoimalle/>
- Fingrid. (2023). *Fingridin sähköjärjestelmävisio 2023*.
- Fingrid. (2023). *Kantaverkon kehittämissuunnitelma 2024-2033*. Noudettu osoitteesta https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/kantaverkko/kantaverkon-kehittaminen/fingrid_kehittamissuunnitelma_luonnos_26.6.pdf
- Fingrid. (2023). *Lisätiedot Fingridin ennusteesta ja sähkötehon riittävyyssanalyysin metodologiasta*. Noudettu osoitteesta <https://www.fingrid.fi/contentassets/847fad4023ae42b2add99fffd0e81bab/liite-1---lisatiedot-fingridin-ennusteesta-ja-sahkotehon-riittavyysanalyysin-metodologiasta.pdf>

- Fingrid. (2023). *Suomen sähköjärjestelmä*. Noudettu osoitteesta <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/kehittaminen/suomen-sahkojarjestelma/>
- FINLEX. (1997). *Asetus valtioiden rajat ylittävien ympäristövaikutusten arviointia koskevan yleissopimuksen voimaansaattamisesta*. Noudettu osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/sopimukset/sopsteksti/1997/19970067>
- Finlex. (2017). *Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä*. Noudettu osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2017/20170252>
- Fintraffic. (2023). *Kansainvälisten merialueiden valvonta*. Noudettu osoitteesta <https://www.fintraffic.fi/fi/vts/kansainvalisten-merialueiden-valvonta>
- Floeter, J.;Pohlmann, T.;Harmer, A.;& Möllmann, C. (2022). Chasing the offshore wind farm wind-wake-induced upwelling/downwelling dipole. *Frontiers in Marine Science*. Noudettu osoitteesta <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2022.884943/full>
- FOI. (2022). *Möjligheter till samexistens mellan Försvarmaktens verksamhet och utbyggd vindkraft*. Noudettu osoitteesta <https://www.foi.se/rest-api/report/FOI-R--5293--SE>
- Forsblom, L. (2023). Merituulivoima ja vedenalaiset aineistot. *SYKE:n seminaariesitys. Merituulivoimaseminaari 5.6.2023*.
- Fox, A. C. (2006). Avoidance responses and displacement. *Danish Offshore Wind – Key Environmental issues.*, 94–111.
- Franco, A.;Quintino, V.;& Elliott, M. (2015). enthic monitoring and sampling design and effort to detect spatial changes: A case study using data from offshore wind farm sites. *Ecological Indicators*.
- Furness, R. W. (2013). Assessing vulnerability of marine bird populations to offshore wind farms. . *Journal of Environmental Management*, 56–66.
- Gasgrid. (26. 10 2023). *Nordic hydrogen route*. Noudettu osoitteesta <https://gasgrid.fi/hankkeet/nordic-hydrogen-route/>
- Gill, A.;& Desender, M. (2020). *Risk to animals from electromagnetic fields emitted by electric cables and marine renewable energy devices*. Pacific Northwest National Lab, Richland, WA: OES-Environmental 2020 State of the Science Report: Environmental Effects of Marine Renewable Energy Development Around the World.
- González-Longatt, F. W. (2012). Wake effect in wind farm performance: Steady-state and dynamic behavior. *Renewable Energy*.
- Green, M. (2012). Noudettu osoitteesta Vulnerability of Scottish seabirds to offshore wind turbines.: <https://www.gov.scot/binaries/content/documents/govscot/publications/impact-assessment/2012/09/vulnerability-scottish-seabirds-offshore-wind/documents/00401641-pdf/00401641-pdf/govscot%3Adocument/00401641.pdf>
- Halkka, A.;& Tolvanen, P. (2017). *The Baltic Ringed Seal – An Arctic Seal in European Waters*. WWF Finland report.

- Han, D.;& Choi, J. (2022). Measurements and Spatial Distribution Simulation of Impact Pile Driving Underwater Noise Generated During the Construction of Offshore Wind Power Plant Off the Southwest Coast of Korea. *Frontiers in Marine Science*.
- Hanson, M.;Karlsson, L.;& Westerberg, H. (1984). Magnetic material in European Eel (*Anguilla anguilla* L.). *Comparative Biochemistry and Physiology*.
- Harlin, M.;& Lindbergh, J. (1977). Selection of substrata by seaweeds: optimal surface relief. *Marine Biology*.
- HELCOM. (2017). *Recommendations and guidelines for Benthic habitat monitoring in the Baltic Sea*. Noudettu osoitteesta <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/Recommendations-and-guidelines-for-benthic-habitat-monitoring-in-the-Baltic-Sea.pdf>
- Hoffmann, E.;Astrup, J.;Larsen, F.;& Munch-Petersen, S. (2000). *Effects of marine windfarms on the distribution of fish, shellfish and marine mammals in the Horns Rev area*. ELSAMPROJEKT A/S.
- HPP. (2023). Valtioneuvoston suostumusta koskeva hakemus Suomen talous-
vyöhykkeellä sijaitsevan alueen hyödyntämiseen energian tuottamiseksi meri-
tuulivoimalla. *Työ- ja elinkeinoministeriön kirjaamo*.
- Hutchison, Z.;Gill, A.;Sigray, P.;He, H.;& King, J. (2020). Anthropogenic electromagnetic fields (EMF) influence the behaviour of bottom-dwelling marine species. *Scientific Reports*.
- Hutchison, Z.;Secor, D.;& Gill, D. (2020). The interaction between resource species and electromagnetic fields associated with electricity production by offshore wind farms. *Oceanography*.
- Huusko, R. (2023). *Mitä tiedetään vaelluskalojen liikkumisesta ja kantojen tilasta Perämerellä ja Pohjanlahdella*. Luonnonvarakeskus, merellinen tuulivoima ja vaelluskalat -seminaari, 22.-23.3.2023.
- Hvidt, C.;Leonhard, S.;Klaustrup, M.;& Pedersen, J. (2006). *Hydroacoustic monitoring of fish communities at offshore wind farms, Horns Rev offshore wind farm, Annual Report 2005*. Bio/Consult AS.
- IALA AISM. (2023). *IWRAP*. Noudettu osoitteesta <https://www.iala-aism.org/technical/risk-analysis-and-management/risk-management-tools/quantitative-risk-management-tools-iwrap/>
- ICES. (2023). Workshop on a Research Roadmap for Offshore and Marine Renewable Energy (WKOMRE). *ICES Scientific Reports* 5:56, 32.
- Ikonen, E. (2006). The role of the feeding migration and diet of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in yolk-sack-fry mortality (M74) in the Baltic Sea.
- Ilmatieteen laitos. (2023). *Suomen tutkaverkko*. Noudettu osoitteesta <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/suomen-tutkaverkko>
- IMO. (2023). *Formal Safety Assessment*. Noudettu osoitteesta <https://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Pages/FormalSafetyAssessment.aspx>

- IMO. (2023). *United Nations Convention on the Law of the Sea*. Noudettu osoitteesta <https://www.imo.org/en/ourwork/legal/pages/unitednationsconventiononthelawofthesea.aspx#:~:text=The%20United%20Nations%20Convention%20on,the%20oceans%20and%20their%20resources>.
- Kallio-Nyberg, I.; Veneranta, L.; Saloniemä, I.; Jutila, E.; & Pakarinen, T. (2017). Spatial distribution of migratory *Salmo trutta* in the northern Baltic Sea. *Boreal Environment Research*.
- Kihlman, S. (2023). Merituulivoima geologisesta näkökulmasta. *GTK:n seminaarisitys. Merituulivoimaseminaari 5.6.2023*.
- Kraftnät. (2023). *Svenska kraftnät publicerar delrapport om status för arbetet med havsbaserad vindkraft*. Noudettu osoitteesta <https://www.svk.se/press-och-nyheter/nyheter/allmanna-nyheter/2023/svenska-kraftnat-publicerar-delrapport-om-status-for-arbetet-med-havsbaserad-vindkraft/>
- Krone, R.; Dederer, G.; Kanstinger, P.; Kramer, P.; Schneider, C.; & Schmalenbach, I. (2017). Mobile demersal megafauna at common offshore wind turbine foundations in the German Bight (North Sea) two years after deployment—increased production rate of *Cancer pagurus*. *Marine Environmental Research*.
- KVY Tutkimus Oy. (2020). *Suomen Hyötytuulen suunnitteilla olevan merituulipuiston laajennuksen vedenalaisen luonnon tilan arviointi*.
- Laine, A. (2023). Vedenalaiset kartoitukset. *Metsähallituksen seminaarisitys. Merituulivoimaseminaari 5.6.2023*.
- Langhamer, O.; Wilhelmsson, D.; & Engström, J. (2009). Artificial reef effect and fouling impacts on offshore wave power foundations and buoys – a pilot study. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*.
- Langston, R.; & Pullan, J. (2003). Windfarms and Birds: An analysis of the effects of windfarms on birds, and guidance on environmental assessment criteria and site selection issues. . *CONVENTION ON THE CONSERVATION OF EUROPEAN WILDLIFE*, 58.
- Lappalainen. (2023). Tuulivoima ja kalat/kalastus. *LUKE:n seminaarisitys. Merituulivoimaseminaari 5.6.2023*.
- Lappalainen, J. (2019). *Merituulivoiman taloudellinen potentiaali Pohjanlahdella, Diplomityö, Aalto yliopisto*.
- Lappalainen, J.; Kurvinen, L. & Kuismanen, L. 2020. Suomen ekologisesti merkittävät vedenalaiset meriluontoalueet (EMMA) – Finlands ekologiskt betydelsefulla marina undervattensmiljöer (EMMA). Suomen ympäristökeskuksen raportteja. 8.
- LaSalle, M. (1990). Physical and chemical alterations associated with dredging: an overview. In: *Simenstad, C.A. (Ed). Effects of dredging on anadromous pacific coast fishes. Workshop Proceedings, Washington Sea Grant, Seattle, WA, USA. 1–12. .*
- Law, C. (26. 10 2023). Noudettu osoitteesta <https://cms.law/en/int/expert-guides/cms-expert-guide-to-offshore-wind-in-northern-europe/netherlands>

- Lehtoranta, J. (2003). Dynamics of sediment phosphorus in the brackish Gulf of Finland. *Monograph of the Boreal Environment Research*.
- Leinonen, T.;Kallio-Nyberg, I.;Koljonen, M.;Venetranta, L.;& Jokikokko, E. (2020). Pohjanlahden siikakantojen vaelluserot ja ikäluokkien kokoerot: Siikakantojen ekologisten ominaisuuksien tutkimus geneettisen kannantunnistuksen avulla. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus*.
- Liikenne- ja viestintäministeriö. (2012). *Tuulivoimaloiden vaikutukset liikenneturvallisuuteen. Selvitys etäisyysvaatimuksista tie-, rautatie-, meri- ja lento-liikenteen osalta*. Noudettu osoitteesta <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/78012>
- Lindén, A. (2023). Merituulivoima, linnut ja hylkeet. *LUKE:n seminaariesitys. Merituulivoimaseminaari 5.6.2023*.
- Lindfors, A.;& Kiirikki, M. (2012). *Arvio läjitystoiminnan aiheuttamasta veden same-
nemisestä uusien läjityspaikkojen ympäristössä*. Luode Consulting Oy.
- Love, M.;Nishimoto, M.;Snook, L.;Schroeder, D.;& Scarborough Bull, A. (2017). A Comparison of Fishes and Invertebrates Living in the Vicinity of Energized and Unenergized Submarine Power Cables and Natural Sea Floor off Southern California, USA. *Journal of Renewable Energy*.
- Luonnonvarakeskus. (2024). *Merihylkeet*. Noudettu osoitteesta <https://www.luke.fi/luonnonvaratieto/tiedetta-ja-tietoa/merihylkeet>
- Luonnonvarakeskus. (2023). *Suomen troolilaivaston kalastusalueet Itämerellä vuosina 2010–2022*. Noudettu osoitteesta <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/554030>
- MacArthur, G. (2012). *Vulnerability of Scottish seabirds to offshore wind turbines*. Noudettu osoitteesta <https://www.gov.scot/binaries/content/documents/govscot/publications/impact-assessment/2012/09/vulnerability-scottish-sea-birds-offshore-wind/documents/00401641-pdf/00401641-pdf/govscot%3Adocument/00401641.pdf>
- Madsen, P.;Wahlberg, M.;Tougaard, J.;Lucke, K.;& Tyack, P. (2006). Wind turbine underwater noise and marine mammals, implications of current knowledge and data needs. *Marine Ecology Progress Series*.
- Market Coupling Steering Committee. (2023). *Offshore Wind Study: Explanatory note for 2030 Future of the Algorithm*.
- Masden, E. A. (2016). Avian collision risk models for wind energy impact assessments. *Environmental Impact Assessment Review*, 43–49.
- Metsähallitus. (2023). *Merituulivoimahankkeemme*. Noudettu osoitteesta <https://www.metsa.fi/vastuullinen-liiketoiminta/tuulivoima/merituulivoimassa-suuret-mahdollisuudet/tulevat-hankkeet/>
- Mooney, T.;Andersson, M.;& Stanley, J. (2020). Acoustic Impacts of Offshore Wind Energy on Fishery Resources: An Evolving Source and Varied Effects Across a Wind Farm's Lifetime. *Oceanography*.

- Motiva. (2023). Noudettu osoitteesta https://www.motiva.fi/ratkaisut/energian kaytto-suomessa/sahkon_hankinta_ja_kulutus
- Mäkelä, P. (4.5.2023). *Lintututkajärjestelmä Tahkoluodon merituulipuistossa*. . Noudettu osoitteesta <https://hyotytuuli.fi/lintututkajarjestelma-tahkoluodon-merituulipuistossa/>
- Mäkelä, P. (21.11.2023). *Tahkoluodon saariston pesimälinnusto merituulipuiston naapurina*. . Noudettu osoitteesta <https://hyotytuuli.fi/blogi-tahkoluodon-saariston-pesimalinnusto-merituulipuiston-naapurina/>
- NASA. (23.10.2023). *Wind farms in the North Sea give rise to sediment plumes below the water's surface*. Noudettu osoitteesta NASA Earth Observatory: <https://earthobservatory.nasa.gov/images/89063/offshore-wind-farms-make-wakes>
- Nedwell, J.;& Howell, D. (2004). *A Review of Offshore Windfarm Related Underwater Noise Sources*. Subacoustech Ltd.
- Nehls, G.;Betke, K.;Eckelmann, S.;& Ros, M. (2007). *Assessment and costs of potential engineering solutions for the mitigation of the impacts of underwater noise arising from the construction of off shore windfarms*. Collaborative Offshore Windfarm Research.
- NEMO. (2023). *Finnish Maritime Single Window*. Noudettu osoitteesta <https://www.emsw.fi/>
- Newton, K.;Gill, A.;& Kajiura, S. (2019). Electroreception in marine fishes: chondrichthyans. . *Journal of Fish Biology*, 135-154.
- Nilsson, L. &. (2009). Fågelförekomsten vid Lillgrund, i relation till vindkraft – Årsrapport första året efter parkens etablering. *Ekologiska insitutionen, Lunds Universitet*.
- Norros, V.;Laamanen, T.;Meissner, K.;Iso-Touru, T.;Kahilainen, A.;Lehtinen, S.;. . . Vihervaara, P. (2022). Roadmap for Implementing Environmental DNA (eDNA) and Other Molecular Monitoring Methods in Finland – Vision and Action Plan for 2022–2025. *Suomen ympäristökeskuksen raportteja 20/2022*.
- North Sea Wind Power Hub. (2021). *Market setup options for hybrid projects*.
- Nummelin, A. (2023). Merituulivoimaloiden aiheuttamat fysikaaliset muutokset meressä ja ilmakehässä. *Ilmatieteenlaitoksen seminaariesitys*.
- Orviku, K.;Tönnisson, H.;Aps, R.;Kotta, J. K.;Martin, G.;Suursaar, Ü.;. Zalesny, V. (2008). *Environmental impact of port construction: Port of Sillamäe case study (Gulf of Finland, Baltic Sea)*. In: 2008 IEEE/OES US/EU-Baltic International Symposium.
- OX2. (27.10.2023). OX2. Noudettu osoitteesta OX2 Björkskar: <https://www.ox2.com/sv/aland/projekt/bjorkskar/>
- Peschko, V. M. (2020). Effects of offshore windfarms on seabird abundance: Strong effects in spring and in the breeding season. *Marine Environmental Research*.
- Peschko, V. M. (2020). Telemetry reveals strong effects of offshore wind farms on behaviour and habitat use of common guillemots (*Uria aalge*) during the breeding season. . *Marine Biology*, 1-13.

- Peter, B.;& Verzijlbergh, R. (2022). The impact of wakes from neighboring wind farms.
- Petersen, I. C. (2006). Final results of bird studies at the offshore wind farms at Nysted and Horns Rev, Denmark. *NERI Report Commissioned by DONG energy and Vattenfall A/S*.
- Pettersson, J. (2005). Havsbaserade vindkraftverks inverkan på fågellivet i södra Kalmarsund – En slutrapport baserad på studier 1999–2003. *Ekologiska insitutionen, Lunds Universitet*.
- PIANC. (2018). *Interaction between offshore wind farms and maritime navigation*. The World Association for Waterborne Transport Infrastructure. Noudettu osoitteesta https://izw.baw.de/publikationen/pianc/0/marcom_wg_161.pdf
- Piggot, A.;Vulcano, A.;& Mitchell, D. (2022). Impact of offshore wind development on seabirds in the North Sea and Baltic Sea: Identification of data sources and at-risk species.
- Puolustusvoimat. (2023). *Puolustusvoimat*. Noudettu osoitteesta Järjestelmällinen merenmittaus: <https://puolustusvoimat.fi/merenmittaus1>
- Puolustusvoimat. (2023). *Tuulivoimaloiden lausuntoprosessi*. Noudettu osoitteesta <https://puolustusvoimat.fi/tuulivoimaloiden-lausuntoprosessi>
- Pääesikunta. (2023). Puolustusvoimat sallii yli 3400 merituulivoimalan rakentamisen.
- Qvarfordt, S.;Kautsky, H.;& Malm, T. (2006). Development of fouling communities on vertical structures in the Baltic Sea. *Estuarine Coastal and Shelf Science*.
- Richards, R.;Raoult, V.;Powter, D.;& Gaston, T. (2018). Permanent magnets reduce bycatch of benthic sharks in an ocean trap fishery. *Fisheries Research*, 208, 16-21. doi:10.1016/j.fishres.2018.07.006
- Richardson, W.;Greene, C. J.;Malme, C.;& Thomson, D. (1995). *Marine mammals and noise*. Academic Press.
- Ruotsin energiavirasto. (2023). Förslag på lämpliga energiutvinningsområden för havsplanerna Redovisning av uppdraget att ta fram ett underlag för nya eller ändrade områden för energiutvinning i havsplanerna som möjliggör ytterligare 90 TWh årlig elproduktion. *ER*.
- Ruotsin meri- ja vesivirasto. (2018). Symphony – integrerat planeringsstöd för statlig havsplanering utifrån en ekosystemansats. *Havs- och vattenmyndighetens rapport 2018:1*.
- Ruotsin meri- ja vesivirasto. (2022). *Uppdrag att utreda frågor om att anlägga vindkraftsparker (2022)*. Noudettu osoitteesta <https://www.havochvatten.se/om-oss-kontakt-och-karriar/om-oss/regeringsuppdrag/regeringsuppdrag/uppdrag-att-utreda-fragor-om-att-anlagga-vindkraftsparker-2022.html>
- Ruotsin meri- ja vesivirasto. (23. 10 2023). *Marine spatial plans*. Noudettu osoitteesta Marine spatial planning: <https://www.havochvatten.se/en/eu-and-international/marine-spatial-planning/marine-spatial-plans.html>

- Ruotsin meri- ja vesivirasto. (23. 10 2023). *Samexistens mellan havsbaserad vindkraft, yrkesfiske, vattenbruk och naturvård*. Noudettu osoitteesta Hav och vatten: <https://www.havochvatten.se/data-kartor-och-rapporter/rapporter-och-andra-publikationer/publikationer/2023-03-01-samexistens-mellan-havsbaserad-vindkraft-yrkesfiske-vattenbruk-och-naturvard.html>
- Räty, A. (2023). *Itäisen Suomen tuulivoimarakentamisen tehostaminen*. Noudettu osoitteesta https://valtioneuvosto.fi/documents/1410877/153287519/Tuulivoimaselvitys_final_AR_150323.pdf/ed8981bb-e8dd-fc65-eeb1-4d999256002c/Tuulivoimaselvitys_final_AR_150323.pdf?t=1678882585236
- Saksan liittovaltion merenkulku- ja hydrologiavirasto. (2023). *Flächenvoruntersuchung*. Noudettu osoitteesta https://www.bsh.de/DE/THEMEN/Offshore/Flaechenvoruntersuchung/flaechenvoruntersuchung_node.html
- Saksan liittovaltion oikeusministeriö. (2023). *Gesetz zur Entwicklung und Förderung der Windenergie auf See*. Noudettu osoitteesta <https://www.gesetze-im-internet.de/windseeg/>
- Saksan liittovaltion verkkovirasto. (2022). *BK6-22-326*. Noudettu osoitteesta https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Beschlusskammern/1_GZ/BK6-GZ/2022/BK6-22-326/BK6-22-326_verfahrenser%C3%B6ffnung.html?nn=1099602
- Sherwood, J.;Chidgey, S.;Crockett, P.;Gwyther, D.;Ho, P.;Stewart, S.;. . . Williams, A. (2016). Installation and operational effects of a HVDC submarine cable in a continental shelf setting: Bass Strait, Australia. *Journal of Ocean Engineering and Science*.
- Siegenthaler, A.;Niemantsverdriet, P. R.;Laterveer, M.;& Heitkönig, I. M. (2016). Aversive responses of captive sandbar sharks *Carcharhinus plumbeus* to strong magnetic fields. *Journal of Fish Biology*, 89(3), 1603-1611. doi:10.1111/jfb.13064
- Skov, H. H. (2016). Real-time species distribution models for conservation and management of natural resources in marine environments. . *Marine Ecology Progress Series*.
- SML 588/2013, S. *Finlex, ajantasainen lainsäädäntö*. Noudettu osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130588>
- Soukissian, T.;O'Hagan, A.;Azzellino, A.;Boero, F.;Brito e Melo, A.;Co-miskey, P.;. . . Pennock, S. (2023). *European offshore renewable energy: Towards a sustainable future*. Ostend, Belgium: Future science brief of the European Marine Board.
- Stoelinga et al. (2022). *ArcVera Renewables*. Noudettu osoitteesta Estimating Long-Range External Wake Losses: <https://arcvera.com/wp-content/uploads/2022/08/ArcVera-White-Paper-Estimating-Long-Range-External-Wake-Losses-WRF-WFP-1.0.pdf>

- Suomen Akatemia. (23.10.2023). *WindySea – Mallinnusmoottori kylmän meriympäristön merituulivoimapuistojen suunnitteluun, ympäristövaikutusten arviointiin ja operointiin*. Noudettu osoitteesta Tiede ja tutkimus: <https://tiedeja-tutkimus.fi/fi/results/funding/68720>
- Suomen Hyötytuuli. (2021). *Tahkoluodon merituulipuiston laajennuksen YVA-selostus*.
- Suomen Hyötytuuli. (27.10.2023). *Suomen hyötytuuli*. Noudettu osoitteesta Vastuullisuus: <https://hyotytuuli.fi/tuulivoima-on-vastuuta-luonnosta/>
- Suomen Hyötytuuli. (2023). *Tahkoluodon merituulipuisto*. Noudettu osoitteesta <https://hyotytuuli.fi/tuulipuistot/tahkoluodon-merituulipuisto/>
- Suomen Merialuesuunnitelma 2030. (2023). *Merialuesuunnitelma 2030*. Noudettu osoitteesta <https://meriskenaariot.info/merialuesuunnitelma/suunnitelma-johdanto/>
- Suomen merialuesuunnittelu-yhteistyön koordinaatio. (5.9.2023). *Merellisen ruoantuotannon edistäminen merialuesuunnittelun keinoin Suomessa*. Noudettu osoitteesta Merialuesuunnittelu: https://www.merialuesuunnittelu.fi/wp-content/uploads/2022/09/Raportti-Merialuesuunnittelu-ja-Merellinen-ruoantuotanto_23.8.2022.pdf
- Suomen Tuulivoimayhdistys. (2023). Noudettu osoitteesta Tuulivoimakartta: <https://tuulivoimayhdistys.fi/tuulivoima-suomessa/kartta>
- Suomen Tuulivoimayhdistys. (2023). Noudettu osoitteesta Merituulivoimahankkeen hankekehitys: <https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/merituulivoima/merituulivoimahankkeen-hankekehitys>
- Suomen ympäristökeskus & Metsähallitus. (2022). *Vedenalaisen meriluonnon monimuotoisuuden inventointiohjelma VELMU - Menetelmäohjeistus pohjan biotooppikartoitukseen 2022*. Helsinki: Suomen ympäristökeskus ja Metsähallitus/Luontopalvelut.
- Svenska Kraftnät, Energinet, Fingrid, Statnett. (2023). *Nordic Grid Development Perspective 2023*.
- SYKE. (27.10.2023). *Ympäristötiedon foorumi*. Noudettu osoitteesta Yhteistyöllä laadukkaampaa luontotietoa: <https://www.ymparistotiedonfoorumi.fi/yhteistyolla-laadukkaampaa-luontotietoa/>
- Tanskan Energiavirasto. (2021). *Thor Wind Farm I/S to build Thor Offshore Wind Farm following a historically low bid price*. Noudettu osoitteesta <https://ens.dk/en/press/thor-wind-farm-build-thor-offshore-wind-farm-following-historically-low-bid-price>
- Tanskan Energiavirasto. (2023). *After the conclusion of a historic 9 GW offshore wind agreement The Danish Energy Agency invites potential bidders to a market dialogue regarding the new tender framework*. Noudettu osoitteesta <https://ens.dk/en/press/after-conclusion-historic-9-gw-offshore-wind-agreement-danish-energy-agency-invites-potential>

- Tanskan Energiavirasto. (2023). *Procedures and Permits for Offshore Wind Parks*. Noudettu osoitteesta <https://ens.dk/en/our-responsibilities/wind-power/offshore-procedures-permits>
- Taormina, B.;Bald, J.;Want, A.;Thouzeau, G.;Lejart, M.;Desroy, N.;& Carlier, A. (2018). A review of potential impacts of submarine power cables on the marine environment: Knowledge gaps, recommendations and future directions. . *Renewable and Sustainable Energy Reviews* , 380–391.
- TEM. (2022). Hiilineutraali Suomi 2035 – kansallinen ilmasto- ja energiastrategia. *Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 53*.
- TEM. (1.11.2023). *Työryhmä ja lakihanke sujuvoittamaan merituulivoimahankkeita*. Noudettu osoitteesta <https://tem.fi/-/tyoryhma-ja-lakihanke-sujuvoittamaan-merituulivoimahankkeita>
- TenneT. (2023). *Offshore projects Netherlands*. Noudettu osoitteesta <https://www.tennet.eu/projects/offshore-projects-netherlands>
- Thaxter, C. B.-S. (2015). How high do birds fly? A review of current datasets and an appraisal of current methodologies for collecting flight height data: Literature review. .
- The Crown Estate. (2019). *Information Memorandum, Introducing Offshore Wind Leasing Round 4*. Noudettu osoitteesta <https://www.thecrownestate.co.uk/media/3378/tce-r4-information-memorandum.pdf>
- The Crown Estate. (2023). *Offshore Wind Leasing Round 4 – Tender process outcome* . Noudettu osoitteesta <https://www.thecrownestate.co.uk/media/3920/round-4-tender-outcome-dashboard.pdf>
- Thomsen, F.;Lüdemann, K.;Kafemann, R.;& Piper, W. (2006). *Effects of Offshore Wind Farm Noise on Marine Mammals and Fish*. COWRIE Ltd.
- Tougaard, J.;Ebbesen, I.;Tougaard, S.;Jensen, T.;& Teilmann, J. (2004). *Satellite tracking of harbour seals on Horns Reef*. Syddansk Universitet.
- Tougaard, J.;Hermanssen, L.;& Madsen, P. (2020). How loud is the underwater noise from operating offshore wind turbines? *The Journal of the Acoustical Society of America*.
- Traficom & Väylävirasto. (2023). *Merituulivoiman ja merenkulun sekä merenkulun infrastruktuurin yhteensovittaminen*.
- Traficom. (2023). *Uusi luotsauslaki voimaan 1.9.2023 – meriturvallisuu-
tta edistäviä muutoksia luotsinkäyttövelvollisuuteen, luotsien ja
luotsausvapautettujen tutkintoihin sekä tutkintoja vastaanottaviin tahoi-
hin*. Noudettu osoitteesta [https://www.traficom.fi/fi/ajankohtaista/
uusi-luotsauslaki-voimaan-192023-meriturvallisuu-
tta-edistavia-muutoksia](https://www.traficom.fi/fi/ajankohtaista/uusi-luotsauslaki-voimaan-192023-meriturvallisuu-
tta-edistavia-muutoksia)
- Tsouvalas, A. (2020). Underwater noise emission due to offshore pile installation: A Review. *Energies*.
- Tuuleenergia. (2022). *Radar system upgrade to enable establishment of wind farms to cost EUR 74.5 mln*.

- Työryhmä ja lakihanke sujuvoittamaan merituulivoimahankkeita. (Lokakuu 2023). Noudettu osoitteesta <https://valtioneuvosto.fi/-/1410877/tyoryhma-ja-lakihanke-sujuvoittamaan-merituulivoimahankkeita>
- UK Government. (2021). *Air defence and offshore wind - working together towards Net Zero*. Noudettu osoitteesta <https://www.gov.uk/government/publications/air-defence-and-offshore-wind-working-together-towards-net-zero/air-defence-and-offshore-wind-working-together-towards-net-zero>
- Valtioneuvosto. (2023). *Valtioneuvoston periaatepäätös vedystä*. Noudettu osoitteesta <https://tem.fi/delegate/file/116946>
- Vanermen, N. O. (2015). Assessing seabird displacement at offshore wind farms: power ranges of a monitoring and data handling protocol. *Hydrobiologia*, 155-167.
- Vanermen, N. O. (2015). Seabird avoidance and attraction at an offshore wind farm in the Belgian part of the North Sea. *Hydrobiologia*, 51–61.
- Vanhellemont, Q.;& Ruddick, K. (2014). Turbid wakes associated with offshore wind turbines observed with Landsat 8. *Remote Sensing of Environment*, 105-115.
- Vehanen, T.;Hario, M.;Kunnasranta, M.;& Auvinen, H. (2010). Merituulivoiman vaikutukset rannikon kaloihin, lintuihin ja nisäkkäisiin. *Riista- ja kalatalous - selvityksiä*, 38.
- VELMU. (2023). *Velmu-karttapalvelu*. Noudettu osoitteesta https://paikkatieto.ymparisto.fi/velmuviewers/Html5Viewer_2_11_1/Index.html?configBase=https://paikkatieto.ymparisto.fi/Geocortex/Essentials/REST/sites/VELMU_karttapalvelu/viewers/HTML5/virtualdirectory/Resources/Config/Default
- Verkkokiikari, Fingrid. (2023). *Fingrid verkkokiikari*. Noudettu osoitteesta <https://karttapalaute.fingrid.fi/?link=Wkgh>
- Viitasalo, M., Kostamo, K., Hallanaro, E.-L., Viljanmaa, W., Kiviluoto, S., Ekeboom, J & P. Blankett. (2017). Meren aarteet. Löytöretki Suomen vedenalaiseen meriluontoon. 518. Gaudeamus.
- Virtanen, E.;Lappalainen, J.;Nurmi, M.;Viitasalo, M.;Tikanmäki, M.;Heinonen, J.;. . . A., a. M. (2022). Balancing profitability of energy production, societal impacts and biodiversity in offshore wind farm design. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 158.
- VN TEAS. (2021). *Tuulivoimarakentamisen edistäminen: Keinoja sujuvaan hankkekehitykseen ja eri tavoitteiden yhteensovitukseen*. Noudettu osoitteesta <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-354-8>
- Vortex. (2023). *Vortex data*. Noudettu osoitteesta <https://interface.vortexfdc.com/>
- VTT. (2023). *Arktinen meriteknologia ja jäätyvien merialueiden tuulivoimarakenteet*. Noudettu osoitteesta <https://www.vttresearch.com/fi/palvelut/arktinen-meriteknologia-ja-jaatyvien-merialueiden-tuulivoimarakenteet>
- Waggitt, J. J.-B. (2020). Distribution maps of cetacean and seabird populations in the North-East Atlantic. *Journal of Applied Ecology*, 253–269.

- Wahlberg, M.;& Westerberg, H. (2005). Hearing in fish and their reactions to sound from offshore wind farms. *Marine Ecology Progress Series*.
- Walker, M. (1984). A candidate magnetic sense organ in the yellowfin tuna, *Thunnus albacares*. *Science*.
- Westerberg, H. (2000). Effect of HVDC cables on eel orientation. *Teoksessa: Merck, T. & Nordheim, H.V. (toim.), Technische Eingriffe in marine Lebensräume*.
- Wilhelmsson, D.;& Malm, T. (2008). Fouling Assemblages on Offshore Wind Power Plants and Adjacent Substrata. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*.
- Woodruff, D.;Schultz, I.;Marshall, K.;Ward, J.;& Cillinan, V. (2012). *Effects on Aquatic Organisms*.
- YK. (23.10.2022). *Floating wind turbines: a new player in cleantech*. Noudettu osoitteesta Regional information centre for Western Europe: <https://unric.org/en/floating-wind-turbines-a-new-player-in-cleantech/>
- Ympäristö.fi. (2023). *Vedenalaisen meriluonnon monimuotoisuuden inventointiohjelma*. Noudettu osoitteesta <https://www.ymparisto.fi/fi/luonto-ve-sistot-ja-meri/luonnon-monimuotoisuus/suojelu-ja-tutkimusohjelmat/velmu-ohjelma>
- Ympäristöministeriö. (2016). *Linnustovaikutusten arviointi tuulivoimarakentamisessa*. Noudettu osoitteesta https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/75407/SY_6_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ympäristöministeriö. (2016). *Maisemavaikutusten arviointi tuulivoimarakentamisessa*. *Suomen ympäristö 1/2016*.
- Ympäristöministeriö. (2016). *Tuulivoimarakentamisen suunnittelu*. Noudettu osoitteesta https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79057/OH_5_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ympäristöministeriö. (2023). *Ekologinen kompensatio*. Noudettu osoitteesta <https://ym.fi/ekologinen-kompensatio>
- Ympäristöministeriö. (2023). *Tuulivoimarakentamisen suunnittelu, luonnos*. *Ympäristöhallinnon ohjeita x/2023*.
- Öhman, M. (2023). *Effekter av havsbaserad vindkraft på fisk*. NATURVÅRDSVERKET.
- Öhman, M.;Sigray, P.;& Westerberg, H. (2007). Offshore windmills and the effects of electromagnetic fields on fish. *Ambio*, 630-633.
- Ørsted. (27. 10 2023). *Ørsted*. Noudettu osoitteesta Nature: <https://orsted.com/en/who-we-are/sustainability/nature>

tietokayttoon.fi

ISBN PDF 978-952-383-063-9
ISSN PDF 2342-6799