



Oppdragsgiver: Norges vassdrags- og energidirektorat

# Konsekvenser av havvind for havbruk til havs

oslo**economics**

 **SINTEF**

**Tittel:** Konsekvenser av havvind for havbruk til havs  
**Utarbeidet av:** Oslo Economics og SINTEF Ocean  
**Finansiert av:** Norges vassdrags og energidirektorat (NVE)

**Publisert:** August 2024  
**Rapportnummer:** 2024-62

**Kontaktperson:** Guro Landsend Henriksen / Partner  
**E-post:** [glh@osloeconomics.no](mailto:glh@osloeconomics.no)  
**Tel:** +47 928 04 648

**Foto forside:** @joshsoreson (Pexels.com)

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>4</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>7</b>
1.1 NVEs strategiske konsekvensutredning	7
1.2 Mandat for vårt oppdrag	7
1.3 Leseveiledning	8
<b>2. Scenarier for utvikling av havbruk til havs i Norge</b>	<b>10</b>
2.1 Havbruksnæringen i Norge	10
2.2 Teknologisk utvikling i oppdrettsnæringen	12
2.3 Havbruk til havs	13
2.4 Scenarioanalyse	19
<b>3. Påvirkninger fra havvind på havbruk til havs</b>	<b>25</b>
3.1 Fremskaffelse av kunnskapsgrunnlag	25
3.2 Kunnskap om påvirkninger fra litteraturen	25
3.3 Hvordan påvirker havvind havbruk til havs?	32
3.4 Usikkerhet og kunnskapsmangler knyttet til påvirkning	34
3.5 Mulig avbøtende tiltak	35
<b>4. Metode</b>	<b>36</b>
4.1 Informasjonsgrunnlag	36
4.2 Metode for å vurdere konsekvenser av havvind	36
4.3 Usikkerhet og svakheter knyttet til metoden	39
<b>5. Nordvest A</b>	<b>42</b>
5.1 Identifiserte interesser i området	42
5.2 Verdi og påvirkning for Trænabanken	45
5.3 Konsekvenser for havbruk til havs på Trænabanken	46
5.4 Avbøtende tiltak på Trænabanken	47
5.5 Usikkerhet	48
5.6 Konsekvenser for havbruk til havs på Sklinnabanken	48
<b>6. Nordvest B</b>	<b>51</b>
6.1 Identifiserte interesser	51
6.2 Verdi og påvirkning for Frøyabanken nord	53
6.3 Konsekvenser for havbruk til havs på Frøyabanken nord	54
6.4 Avbøtende tiltak	55
6.5 Usikkerhet	56
<b>7. Nordvest C</b>	<b>58</b>
7.1 Identifiserte interesser	58
7.2 Verdi og påvirkning for Frøyabanken nord	60

7.3	Konsekvenser for havbruk til havs i Frøyabanken nord	61
7.4	Avbøtende tiltak	62
7.5	Usikkerhet	63
7.6	Konsekvenser for havbruk til havs på Frøyabanken sør	63
<b>8.</b>	<b>Øvrige utredningsområder som også utredes for havbruk</b>	<b>65</b>
8.1	Vestavind F	65
8.2	Nordavind C	67
8.3	Nordavind D	69
<b>9.</b>	<b>Samlet vurdering</b>	<b>72</b>
9.1	Overordnede betraktninger	72
9.2	Forutsetninger om verdi og påvirkning	73
9.3	Samlede vurderinger av konsekvenser	73
9.4	Avbøtende tiltak	74
9.5	Behov for videre kunnskap	75
<b>Vedlegg A</b>	<b>Sammendrag av utredningsområder</b>	<b>76</b>
<b>10.</b>	<b>Referanser</b>	<b>78</b>

# Sammendrag

*Denne rapporten utgjør hovedleveransen i fagutredningen om virkninger av havvind for havbruk til havs. Hensikten med oppdraget er å belyse om og hvordan områder som er anbefalt åpnet for havbruk til havs kan sameksistere med overlappende områder som er identifiserte for havvind. Arbeidet inngår i en strategisk konsekvensutredning (SKU) som utføres av NVE på oppdrag fra Energidepartementet.*

*Hvor store konsekvenser utbygging av havvind vil ha for havbruk til havs, avhenger av flere betingelser, blant annet hvilken påvirkning havvind har på havbruk, og hvilke verdier som blir påvirket. Metoden vi benytter operasjonaliserer konsekvensene i et kart.*

## Verdien av arealene i havet forutsetter at havbruk til havs realiseres som lønnsom næring

Havbruk til havs finnes enda ikke i Norge, men anses som en næring som kan bli viktig i fremtiden. Kystnært havbruk har siden 1970-tallet utviklet seg fra å være «en attåtnæring» til å bli vår nest største eksportnæring. Utfordringer med forurensing, sykdomsproblematikk samt lakselus har i en periode begrenset næringens vekst langs kysten.

Ny teknologi åpner for å benytte arealer lenger ut til havs, men det forutsetter gode naturgitte forhold for laksens velferd. I tillegg må lokalisering av oppdrettsanlegg planlegges nøye for å redusere biologisk risiko. Det er mange forhold som vil avgjøre om det vil være kommersielt fornuftig å drive med HTH i fremtiden, henholdsvis teknologisk utvikling, internasjonale laksepriser, utbyggingskostnader, samt politiske og økonomiske rammebetingelser.

For å illustrere hvordan næringen kan utvikle seg i fremtiden, gitt naturgitte forhold og biologisk risiko, har vi utviklet vi fire scenarier med mulige plasseringer av oppdrettsanlegg til havs. Hensikten med scenarioene er å illustrere at dersom havbruksnæringen realiseres vil arealene i havet ha verdi for næringen. Dersom det viser seg at havbruk til havs blir en lønnsom næring, men at de ønskede arealene allerede er benyttet til havvind, vil det utgjøre et samfunnsøkonomisk tap, fordi arealene kunne hatt en mer verdifull anvendelse. Denne konsekvensutredningen tar derfor utgangspunkt i en fremtid hvor havbruksnæringen blir realisert, og hvor dette blir en lønnsom og verdiskapende næring. Dersom næringen ikke realiseres, vil konsekvensene av å bygge ut havvind i områder som utredes for havbruk til havs ikke ha nevneverdige konsekvenser for i denne sammenheng.

## Påvirkning fra havvind

Til grunn for utredningen ligger en gjennomgang av over 100 vitenskapelige artikler, rapporter og andre publikasjoner som vi vurderer som relevante for dette tema. Det er lite litteratur som undersøker hvordan havvind påvirker fisken og dens biologiske egenskaper. Det er imidlertid litteratur på oppdrett generelt, og påvirkning fra havvind på ville dyr og økosystemer. Vi har også gjennomgått litteratur som vi mener har overføringsverdi til dette tema. Denne belyser påvirkninger på miljø generelt, miljøkonsekvensvurderinger (EIA), livssyklusanalyser (LCA), effekten av kunstige rev, støy fra havvindanlegg, støy i oppdrettsanlegg og virkninger av elektromagnetiske felt (EMF) på dyreliv.

Vurderingene av påvirkning fra havvind tar inn over seg hvor attraktivt et område er for en havbruksaktør. Herunder om havvindturbiner og havvindsanlegg på noen måte vil kunne negativt påvirke produksjonen, lønnsomheten, kostnader eller investeringsbehovet for en havbruksaktør. Vi finner at de mest aktuelle påvirkningene fra flytende havvind på havbruk til havs er støy, elektromagnetiske felt, akutt forurensning og utslipp, endrede miljøforhold og skaderisiko.

Vår vurdering er, basert på eksisterende kunnskap, at støy fra flytende havvindanlegg maksimalt vil kunne høres opp til 5 kilometer unna anlegget. Vi vurderer imidlertid at dette er en lite vesentlig påvirkningsfaktor. Elektromagnetiske felt vil ikke påvirke lengre enn 500 meter fra et havvindanlegg eller en strømførende kabel. Vi vurderer også dette som en lite vesentlig påvirkningsfaktor. For både forurensing/utslipp og endrede miljøforhold, vil påvirkningen kunne skje lenge enn 5 kilometer unna. Vi anser derimot denne påvirkningen som mindre vesentlig, i og med at dette kan spre seg over et større område. Den mest vesentlige påvirkningen fra

havvind på havbruk til havs er risikoen for skade. Dette medfører en anbefalt sikkerhetsavstand på to kilometer fra et flytende havvindanlegg. Denne påvirkningsfaktoren gjør at vi vurderer at samlokalisering av havbruk og havvindanlegg er lite aktuelt.

Det er betydelig usikkerhet i litteraturen om hvordan havvind påvirker det marine miljøet. Denne usikkerheten er ekstra stor for havbruk til havs ettersom dette temaet er lite studert. For å ta høyde for at kunnskapsgrunnlaget er begrenset og det dermed eksisterer kunnskapshull som kan ha stor betydning, har vi i denne fagutredningen valgt en forsiktig tilnærming. Det innebærer at de potensielle konsekvensene og begrensningene vi har identifisert er store, og kan være overvurdert. Med mer kunnskap og empiriske data i fremtiden kan enkelte påvirkninger som påpekes her, vise seg å være mindre enn det vi legger til grunn. Samtidig kan det også dukke opp ny kunnskap om faktorer som har større påvirkning enn antatt.

### Store konsekvenser, men mye usikkerhet og flere frihetsgrader

Hvor store konsekvenser utbygging av havvind vil ha for havbruk til havs, avhenger av flere betingelser. Blant annet hvilken påvirkning havvind har på havbruk, og hvilke verdier som blir påvirket. Metoden vi benytter operasjonaliserer konsekvensene i et kart. Vi benytter scenarioene vi har utviklet for å si noe om hvilken verdi deler av utredningsområdene for havbruk til havs har for havbruksnæringen. Vi benytter kunnskapen om påvirkning til å vise hvordan disse verdiene påvirkes av utbygging av havvind i utredningsområdene. Det er store usikkerheter ved analysene våre, og ulike metodiske valg kunne gitt andre resultater.

For det første er det verdt å peke på at det i konsekvenskartene er en høy andel statistikkruiter som vurderes å ha alvorlig eller svært alvorlig konsekvens for havbruk til havs ved havvindsutbygging. Dette reflekterer at det er betydelig usikkerhet knyttet til hvor og hvordan havbruksnæringen kommer til å utvikle seg i fremtiden. Med den havvindutviklingen vi skal legge til grunn i utredningen, vil det være mange ruter hvor havvind har en betydelig påvirkning for mulighetene til å bygge ut havbruk. Dermed kan de fleste rutene være aktuelle og verdifulle for utbygging av havbruk til havs, men plassering av havvindturbiner på de samme rutene, eller innenfor sikkerhetssoner til oppdrettsanleggene, vil forhindre dette.

Usikkerheten nevnt ovenfor er også et uttrykk for at det på nåværende tidspunkt er mange frihetsgrader i planleggingen av både havvind og havbruk. Etter hvert som frihetsgradene innskrenkes, ved at man tar avgjørelser som påvirker beslutningene til både havvind- og havbruksaktører, vil usikkerhetene også synke, og konsekvenskartene bli mer presise. Dersom man for eksempel bygger ut havbruk i en rute i kartet, vil andre havbruksaktører ikke anse rutene som ligger tett på denne ruten som attraktive. Konsekvensene av å bygge havvind i de samme rutene vil dermed synke, gitt at det fremdeles overholder en viss sikkerhetsavstand til oppdrettsanlegget.

Samtidig hviler analysen av konsekvenser på en forutsetning om at havbruk blir en lønnsom næring som det er mulig å bygge opp. Konsekvenskartet er slik sett betinget av at havbruk *ville blitt realisert*. Dersom havbruk ikke realiseres i den aktuelle ruten, eller under fem kilometer fra, vil det antagelig ha liten eller ubetydelig konsekvens å bygge ut havvind i den aktuelle ruten.

### Mange muligheter for avbøtende tiltak kan redusere konsekvensene betydelig

Scenarioanalysen vår viser at man i de fleste overlappsområder vil kunne kombinere utbygging av havvind og havbruk til havs ved å gjøre geografiske eller arealmessige avbøtende tiltak. Med tilstrekkelige tiltak vil konsekvensen av å bygge havvind kunne reduseres til nær null. Dette forutsetter at havvind realiseres effektivt og konsentrert på noen områder. For å redusere påvirkningen på havbruksnæringen vil god arealplanlegging være særlig effektivt som avbøtende tiltak, fordi havbruksnæringen krever større avstander til andre havbruksklynger, enn til havvindturbiner. Dette kan muliggjøre utbygging av vindturbiner mellom havbruksanleggene uten at dette negativt påvirker oppdrettsnæringen i nevneverdig grad. Gitt våre antagelser er arealbehovet til en havbruksklynge antagelig i størrelsesorden 80 km<sup>2</sup>. God planlegging bør derfor kunne begrense arealkonfliktene mellom havvind og havbruk til havs.

Effekten av slike geografiske og arealmessige avbøtende tiltak vil avhenge av i hvilken grad utbygging av havbruksklynger i utgangspunktet begrenses både av andre havbruksklynger og av vindkraftanlegg. Dette vil blant annet avhenge av kravet til sikkerhetsavstand mellom en klynge og en havvindturbin, men også avstanden som kreves for å redusere biologisk risiko mellom hver klynge. Her er det foreløpig et begrenset kunnskapsgrunnlag og stor usikkerhet om hvilke avstander som vil gi mest rasjonell utbygging.

Generelt ser vi at når sikkerhetsavstanden som kreves mellom hver havbruksklynge øker, vil det være enklere å realisere arealmessige avbøtende tiltak. Dette følger av at det vil være større frihetsgrader til å plassere

havvindturbiner i forhold til hver havbruksklynge, og større mulighet til å eksempelvis plassere en havvindspark mellom to havbruksklynger. Når sikkerhetsavstanden som kreves mellom hver klynge blir mindre, vil også potensialet for havbruk til havs øke i hvert område, ettersom man får plass til flere klynger med anlegg i områdene. Dette medfører også at det blir mer utfordrende å plassere inn et stort havvindsanlegg i samme område.

## Utredningsområdene

**Nordvest A** ligger i et område som er godt egnet for havbruk til havs, og overlapper med to tilrådde områder for havbruk til havs; Trænabanken (NO5) og Sklinnabanken (NO1). Samlet sett er Nordvest A lokalisert i et område med gode temperatur og strømforhold for velferden og tilveksten til laksen. Området har noe krevende bølgeførhold og er dypt. Derimot er området pekt på som attraktivt av aktører i oppdrettsnæringen. Verdikartet indikerer dermed at det er særlig det vestlige området av Trænabanken som i stor grad vil være attraktivt for havbruk til havs næringen. Dette følger av at næringen ønsker større sikkerhetsavstander til kystnært havbruk av smittehensyn. Konsekvenskartet viser at dersom det bygges ut havvind i området hvor Trænabanken og Nordvest A overlapper, vil dette potensielt ha alvorlige konsekvenser for mulighetene for havbruk til havs. Dette følger av at havvind vil beslaglegge over halvparten av arealet i Trænabanken, og at man potensielt mister muligheten til å plassere ut mellom 9 og 2 klynger i området, avhengig av hvilken sikkerhetsavstand som kreves mellom hver klynge.

**Nordvest B** ligger i et område som er godt egnet for havbruk til havs, og overlapper med det tilrådde områder for havbruk til havs; Frøyabanken nord (NO11). Samlet sett er Nordvest B lokalisert i ett område med gode temperaturforhold for velferden og tilveksten til laksen, men med noe sterke strømforhold sammenlignet med Nordvest A. Området har i tillegg noe krevende bølgeførhold og er dypt. Verdikartet indikerer at tilnærmet hele det området hvor Frøyabanken nord og Nordvest B overlapper, vil potensielt være attraktivt for havbruk til havs næringen. Dette følger av at næringen ønsker større sikkerhetsavstander til kystnært havbruk av smittehensyn, og store sikkerhetsavstander mellom klynger av oppdrettsanlegg innad i området. Grunnet at Frøyabanken nord har en særegen utforming, vil potensielt hjørnene av området få større verdi, dersom man ved utbygging av oppdrett i dette området vil maksimere oppdrettsproduksjonen. Konsekvenskartet viser at dersom det bygges ut havvind i området hvor Frøyabanken nord og Nordvest B overlapper, vil dette potensielt ha alvorlige konsekvenser for havbruk til havs. Dette følger av at havvind vil beslaglegge et verdifullt område for havbruk til havs, og at man potensielt mister muligheten til å plassere ut mellom 1 og 2 klynger i området, avhengig av hvilken sikkerhetsavstand som kreves av hensyn til biosikkerhet. Vi tror også at attraktiviteten for havbruksaktørene for dette området vil påvirkes av om det på forhånd bygges ut havbruk i Nordvest C.

**Nordvest C** ligger i et område som godt egnet for havbruk til havs, og overlapper med to tilrådde områder for havbruk til havs; Frøyabanken nord (NO11) og Frøyabanken sør (NO10). Samlet sett overlapper Nordvest C med to havbruksområder som har gode temperaturforhold for velferden og tilveksten til laksen, og som har noe mindre havdybde. Områdene har noe mer krevende strømshastighet, og særlig den vestlige delen av Frøyabanken nord ser ut til å ligge mer eksponert til, men dette området er også dagens lokasjon til det eneste havbruk til havs-prosjektet, Smart Fish Farm, som har fått tillatelse etter akvakulturloven. Basert på de miljømessige faktorene virker arealet hvor Frøyabanken Nord og Sør og Nordvest C overlapper, å være egnet for å drive med havbruk til havs. Vi har kun utarbeidet verdi-, påvirknings- og konsekvenskart for området som overlapper med Frøyabanken nord. Verdi-kartet viser at det er en betydelig andel av det sørlige området i Frøyabanken nord som vurderes å ha stor eller svært stor verdi. Dettens skyldes at store deler av det sørlige området i Frøyabanken Nord, sannsynligvis vil være mer aktuelt for utbygging av havbruk til havs, gitt ulike forutsetninger om sikkerhetsavstand mellom klynger av oppdrettsanlegg til havs og avstand til kystnært havbruk. Konsekvenskartet viser at dersom det bygges ut havvind i området hvor Frøyabanken nord og Nordvest C overlapper, vil dette potensielt ha alvorlige konsekvenser for oppdrettsnæringen. Dette følger av at havvind vil beslaglegge en betydelig del av arealet i Frøyabanken nord, og at man potensielt mister muligheten til å plassere ut mellom 4 og 2 oppdrettsklynger i området, avhengig av hvilken sikkerhetsavstand som kreves mellom klyngene.

Utredningsområdene **Vestavind F**, **Nordavind C** og **Nordavind D** overlapper med områder som utredes for havbruk, men som ikke er pekt på som de tre mest aktuelle. Vår vurdering er at disse områdene er mindre attraktive for havbruk nå, fordi de har mindre gunstige naturgitte forhold og større risiko for smitte til og fra kystnært havbruk. Endringer i vanntemperatur som følge av klimaendringer, og valg av produksjonsteknologi kan endre dette.

# 1. Innledning

*Denne rapporten utgjør hovedleveransen i fagutredningen om virkninger av havvind for havbruk til havs. Hensikten med oppdraget er å belyse om og hvordan områder som er anbefalt åpnet for havbruk til havs kan sameksistere med overlappende områder som er identifiserte for havvind. Arbeidet inngår i en strategisk konsekvensutredning som utføres av NVE på oppdrag fra Energidepartementet.*

## 1.1 NVEs strategiske konsekvensutredning

Regjeringen har en ambisjon om å legge til rette arealer for utbygging av 30 GW havvind. En slik utbygging vil tilsvare nesten en dobling av norsk kraftproduksjon. Energidepartementet ga i februar 2022 Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) oppdrag om å identifisere nye områder for fornybar energiproduksjon til havs, og lage utkast til konsekvensutredningsprogram (Olje- og energidepartementet, 2022).

I april 2023 leverte NVE 20 utredningsområder som kan være egnet for havvind (se side 9). Områdene er de arealene NVE og samarbeidende direktorater anser som mest egnet for havvind, basert på kjent kunnskap. Det betyr at områdene er teknisk egnet, og har lave interessekonflikter. Samtidig vil også disse områdene kunne ha interessekonflikter, knyttet til for eksempel havbruk, fiskeri, miljøinteresser, petroleum og skipsfart. Det er derfor behov for mer kunnskap om hvert enkelt område.

Energidepartementet har bedt NVE gjennomføre en strategisk konsekvensutredning, i samsvar med to fastsatte konsekvensutredningsprogram.<sup>1</sup> I arbeidet skal NVE involvere direktoratene som var med på å identifisere 20 utredningsområder som kan være egnet for havvind, samt andre relevante direktorater og fagetater.

Den strategiske konsekvensutredningen skal inkludere miljø- og samfunnsmessige forhold,

<sup>1</sup> Det ene konsekvensutredningsprogrammet gjelder for områdene Sørvest F, Vestavind B og Vestavind F. Disse utredes særskilt med sikte på åpning i 2025. Disse er i

herunder virkninger for andre næringsinteresser. Utredningen skal gjøres på et overordnet nivå, og har som mål å fremskaffe beslutningsrelevante kunnskap om utredningsområdene. Områdene som utredes vil vurderes opp mot hverandre, og det vil avdekkes ny informasjon om potensielle konflikter med andre interessenter. Utredningene vil også belyse kunnskapsmangler (NVE, 2023a).

NVEs frist for å levere den strategiske konsekvensutredningen til Energidepartementet er utgangen av juni 2025. Etter at en strategisk konsekvensutredning er gjennomført, vil Energidepartementet vurdere hvilke områder/deler av områder som kan åpnes, jf. havenergilova § 2-2. Ved åpning av områder skal avgjørelsen bygge på funn i gjennomført strategisk konsekvensutredning.

Selskaper som ønsker å bygge energianlegg, må ha konsesjon fra norske myndigheter. En konsesjons-søknad skal inneholde en prosjektspesifikk konsekvensutredning, i tråd med et utredningsprogram som er fastsatt for det konkrete området. Den strategiske konsekvensutredningen er derfor første ledd av utredninger som skal gjøres før eventuell åpning, konsesjonsbehandling og planlegging av arealer for havvind (NVE, 2023a).

## 1.2 Mandat for vårt oppdrag

NVE tildelte Oslo Economics med SINTEF Ocean og Safetec som underleverandører, oppdraget om å gjennomføre fagutredning for virkninger av havvind for havbruk til havs.

Hovedproblemstillingen i vårt oppdrag er å utrede: «om og hvordan områder som er anbefalt åpnet for havbruk til havs kan sameksistere med overlappende områder som er identifiserte for havvind» (NVE, 2023a).

I tillegg har NVE (2023a) gitt felles føringer for utredningsprogrammet. De relevante føringene for vår fagutredning sier at:

«De strategiske konsekvensutredningene skal først vurdere virkninger av havvind generelt. Relevante virkninger skal beskrives. Deretter skal de samme virkningene vurderes for hvert av de identifiserte områdene.» De relevante områdene er i vår fagutredning Nordvest A, Nordvest B og Nordvest C. Etter nærmere avtale med oppdragsgiver har vi

utgangspunktet ikke relevante for vår fagutredning, og vil kun omtales forenklet i denne utredningen.



også inkludert en forenklet omtale av områdene Vestavind F, Nordavind C og Nordavind D.

*«Konsekvensutredningene skal, så langt som mulig, basere seg på eksisterende relevant og tilgjengelig kunnskap, og nødvendig oppdatering av denne. Det faglige kunnskapsgrunnlaget i forbindelse med forvaltningsplanarbeidet for norske havområder skal benyttes der relevant.»*

*«Utredningene skal gjøres slik at det er mulig å både sammenligne og rangere de identifiserte områdene, og å sammenligne og rangere innad i et område for å avdekke om deler av området har høyere konfliktnivå eller teknisk egnethet.»*

*«Utredningene skal, så langt det lar seg gjøre, beskrive virkninger for fire hovedfaser i livsløpet til et vindkraftverk til havs: konsesjon/detaljplanlegging, utbygging, drift/overvåkning og fjerning/nedleggelse.»*

*«Utredningen skal beskrive aktuelle avbøtende tiltak for vesentlige virkninger for miljø og samfunn, både i bygge-, drifts- og utviklingsfasen.»*

*«Eventuell manglende kunnskap som vil være relevant for åpning av et område for havvind, men som ikke fanges opp av denne konsekvensutredningen, skal beskrives for de områdene der dette er relevant.»*

*«Det skal utredes arealer for bruk til både bunnfaste og flytende fundamenter. For bunnfaste fundamenter er det lagt til grunn dybder ned til 70 meter og for flytende fundamenter er det lagt til grunn dybder mellom 100 og 1000 meter.»* For områdene som er aktuelle for vår utredning er det flytende fundamenter som er aktuelle.

Oppdraget har blitt gjennomført i tidsperioden mellom desember 2023 og august 2024.

## 1.3 Leseveiledning

NVE har laget et overordnet oppsett som gjelder for de ferdige rapportene fra fagutredningene. Denne rapporten følger i hovedsak dette oppsettet.

I kapittel to benytter vi en scenarioanalyse til å konstruere mulige plasseringer av havbruksklynger som gir informasjon om utredningsområdenes verdi for havbruksnæringen. Siden det ikke eksisterer havbruk til havs i dag utleder vi scenarier for utvikling av havbruk til havs basert på informasjon om hvilke naturgitte forhold som er viktige og hvilke biologiske risikofaktorer som kan påvirke utviklingen av næringen. Vi ser hen til den historiske utviklingen i denne analysen. Vi gjør imidlertid ikke vurderinger av lønnsomhet og

sannsynligheten for at havvind faktisk vil etableres og utvikles. Scenarioanalysen viser slik en mulig rasjonell utvikling innenfor de ulike områdene gitt at næringen realiseres.

I kapittel tre redegjør vi for kunnskapsgrunnlaget som ligger til grunn for å svare på om og hvordan havbruk til havs kan sameksistere med overlappende områder som er identifiserte for havvind. Vi redegjør for hvilke metoder for informasjonsinnhenting vi har benyttet, hvordan havbruk påvirkes av havvind, og hva som er aktuelle avbøtende tiltak. Vi drøfter så usikkerheter og kunnskapsmangler knyttet til påvirkning.

I kapittel fire gir vi en beskrivelse av metoden som er brukt i fagutredningen. Vi redegjør for hvilke informasjonsgrunnlag vi har benyttet. Vi viser stegvis hvordan vi har benyttet analysen av områdenes verdi, og sammenstillingen av kunnskap om påvirkning til å utlede hvilken konsekvens havvind vil ha på havbruk til havs. Vi drøfter usikkerhetene som ligger i vår metode, svakhetene ved resultatet som følge av valgene vi har tatt, og peker på hvordan mer kunnskap og forskning kan brukes til å videreutvikle metoden og resultatene våre.

I kapittel fem, seks og syv gir vi område spesifikk beskrivelser av utredningsområdene Nordvest A, Nordvest B og Nordvest C. Vi identifiserer havbruksnæringens interesser i område, og redegjør for dets verdi. Vi redegjør for hvilken påvirkning havvind vil ha på disse verdiene, og vår vurdering av hvilke konsekvenser det vil ha at utredningsområdet bygges ut. Vi kommer også med forslag til avbøtende tiltak for hvert utredningsområde, og drøfter hvordan konsekvensen for havbruk endres dersom man foretar slike avbøtende tiltak.

I kapittel åtte gir vi en overordnet vurdering av utredningsområdene Vestavind F, Nordavind C og Nordavind D. Vi har ikke foretatt en scenarioanalyse av disse områdene, men redegjør for vår vurdering av hvorvidt disse områdene er aktuelle og verdifulle for en fremtidig utvikling av havbruk til havs.

I kapittel ni kommer vi med overordnede betraktninger og vurdering av samlede virkninger. Vi sammenlikner konsekvensen av utbygging av havvind i de ulike utredningsområdene, og gir vår vurdering av hvor det vil ha mer alvorlige konsekvenser for havbruksnæringen. Vi oppsummerer det vi mener er relevante avbøtende tiltak. Vi peker på kunnskapsmangler, og kommer med forslag til videre utredning.

I Vedlegg A finnes et sammendrag av konsekvensvurderingen av utredningsområdene Nordvest A, Nordvest B og Nordvest C.

Figur 1-1: Identifiserte områder for havvind



Kilde: Identifiserte områder for havvind, hentet fra *Identifisering av utredningsområder for havvind (kapittel Nye områder for havvind)*, av NVE (NVE, 2023a)

## 2. Scenarier for utvikling av havbruk til havs i Norge

Havbruk til havs finnes enda ikke i Norge, men anses som en potensiell viktig næring i fremtiden. Kystnært havbruk har siden 1970-tallet utviklet seg fra å være «en attåt-næring» til å bli vår nest største eksportnæring. Utfordringer med forurensing, sykdomsproblematikk og lakselus har i en periode begrenset næringens vekst langs kysten. Ny teknologi åpner for å benytte arealer i havet. Dette forutsetter tilfredsstillende naturgitte forhold. I tillegg må det planlegges for å redusere biologisk risiko. For å illustrere hvordan næringen kan utvikle seg i fremtiden utvikler vi fire scenarier som tar hensyn til dette. Hensikten med scenarioene er å illustrere at arealene i havet har verdi for en fremtidig havbruksnæring.

### 2.1 Havbruksnæringen i Norge

Norge har gode forutsetninger for å drive med havbruk grunnet naturgitte forhold som dype fjorder, oksygenrikt vann og gode strøm- og

temperaturforhold. Dette skaper god velferd for laksen, og medfører at norsk fiskeoppdrett kan produsere fisk til en lavere kostnad sammenlignet med andre land med mindre gunstige forhold (Nærings- og fiskeridepartementet, 2021).

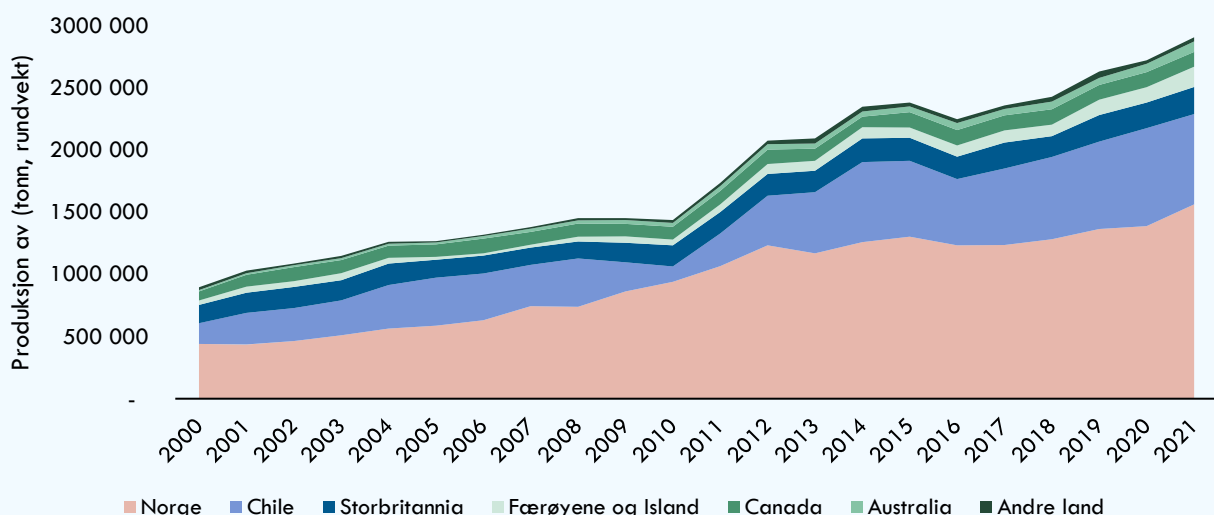
Havbruk har siden 1970-tallet hatt en sterk vekst og utvikling i Norge. I dag produseres det i all hovedsak laks og regnbueørret. Særlig produksjonen av laks har hatt en betydelig vekst de siste tiårene, og Norge er i dag en av verdens største produsenter av atlantisk laks (Figur 2-1) (NOU 2023: 23).

Oppdrett er dermed en av våre viktigste eksportnæringer, og bidrar til betydelig direkte verdiskaping i form av inntekter og arbeidsplasser i landet. Akvakultur er i tillegg en viktig distriktsnæring, og i dag foregår det meste av produksjonen lenger nord langs kysten, hvor tillatelseskapasiteten har økt mest i Midt- og Nord-Norge (NOU 2023: 23).

#### 2.1.1 Kapasitetsbegrensninger i næringen

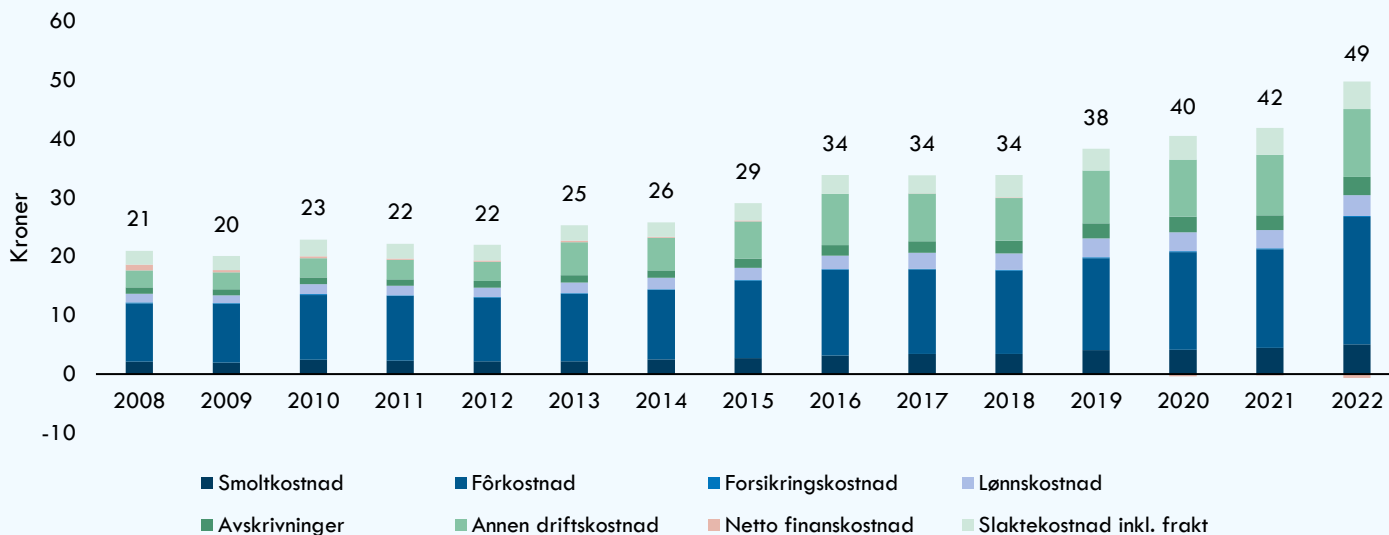
Siden 2010-tallet har produksjonsveksten i havbrukssektoren i Norge flatet ut. Dette følger i all hovedsak av at miljø- og helseutfordringer i oppdrettsanleggene har begrenset mulighetene for å øke produksjonskapasiteten. Det er særlig lakselus som er hovedårsaken til at nye kapasitetstillatelser for matfisk har blitt begrenset (Nærings- og fiskeridepartementet, 2019; NOU 2023: 23).

Figur 2-1: Produksjon av atlantisk laks



Kilde: Statistikk fra Food and Agriculture Organization of the United Nations (FOA) (2021).

Figur 2-2: Beregnede kostnader i kroner per kilo produsert fisk



Kilde: Statistikk fra Fiskeridirektoratet sin lønnsomhetsundersøkelse (2023a). Kronebeløpene er ikke inflasjonsjustert.

I tillegg til at helse- og miljøutfordringene har påvirket tillatt produksjonskapasitet i kystnært oppdrett, har det også medført strengere krav til i hvor stor grad oppdretterne kan utnytte tildelt areal langs kysten. Blant annet stilles det krav i Mattilsynets veileder om en minsteavstand på fem kilometer mellom nye brakkleggingsgrupper/lokaliteter av hensyn til biosikkerhet (Tveterås, et al., 2023; Mattilsynet, 2024).

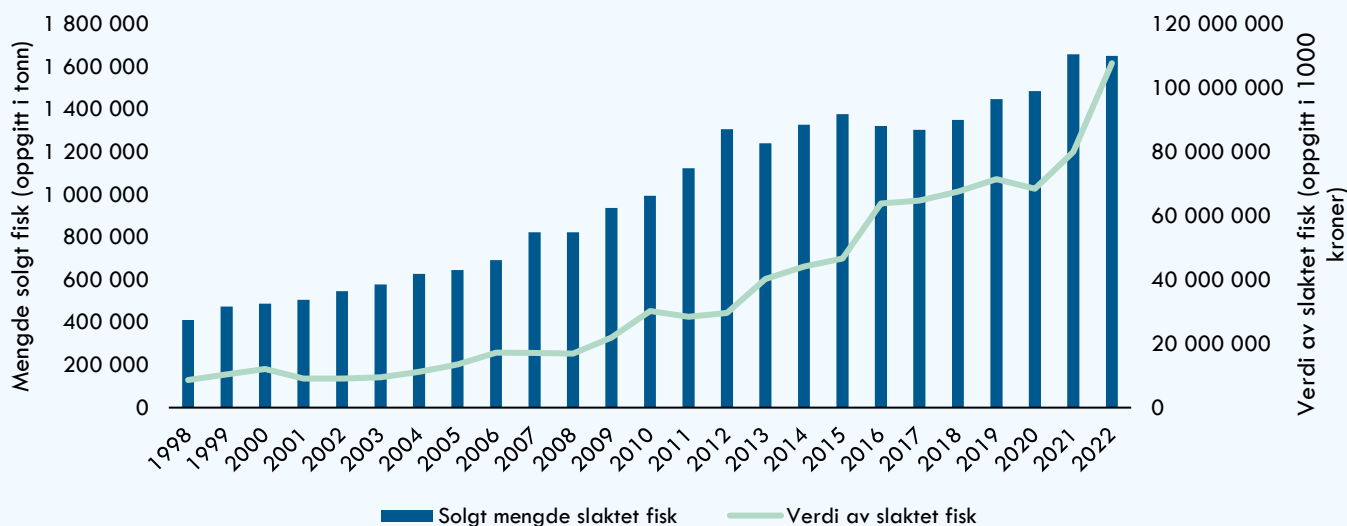
Videre har økt forekomst av lakselus bidratt til å øke gjennomsnittskostnadene per kilo produsert matfisk i kystnært oppdrett, som vist i Figur 2-2 (se kostnadspost «annen driftskostnad»). I tillegg har det vært en vekst i fôrkostnader og smoltkostnader (NOU 2023: 23).

Til tross for at produksjonsveksten har avtatt de siste årene, har verdien på oppdrettsproduksjonen i Norge økt de siste årene. Dette skyldes høyere priser på laks og svekket kronekurs, som har medført at førstehåndsverdien på oppdrett har økt (Figur 2-3) (NOU 2023: 23).

### 2.1.2 Regulering og tillatelser

I tillegg til krav om minsteavstand mellom hvert anlegg i dagens oppdrettsnæring, har det blitt innført et reguleringsystem som er ment å redusere spredning av sykdom og negativ påvirkning på miljø.

Figur 2-3: Mengde solgt og verdi av laks, ørret og regnbueørret



Kilde: Statistikk fra Fiskeridirektoratet (2023b). Figuren viser oversikt over solgt mengde av slaktet fisk oppgitt i mengde tonn rundvekt (WFE), mens verdien av slaktet fisk er oppgitt i 1000 kroner. Merknad: mellom 1998 og 2004 er noe annen ørret også inkludert i kategorien «regnbueørret». Kronebeløpene er ikke inflasjonsjustert.

For å drive med havbruk må havbruksaktørene ha akvakulturtillatelser registrert i Akvakulturregisteret. Akvakulturtillatelser består av selskapstillatelser og lokalitetstillatelser. Produksjonsmengden hver aktør kan produsere er begrenset av maksimal tillatt biomasse (MTB) som er angitt i tillatelsene. Med maksimal tillatt biomasse menes hvor mye levende fisk (målt i kilo eller tonn) en havbruksaktør kan til enhver tid ha stående i anleggene sine (Fiskeridirektoratet, 2024a).

Selskapstillatelsen gir innehaveren rettigheter til å produsere en bestemt art innenfor et bestemt omfang på selskapsnivå, mens lokalitetstillatelsen gir innehaveren rett til å produsere en viss mengde fisk innenfor et areal (NOU 2023: 23). Dette innebærer at flere selskapstillatelser kan være tilknyttet en lokalitetstillatelse, og motsatt.

Kapasiteten i næringen kan økes enten gjennom at det utstedes nye tillatelser, eller at det tildeles økt kapasitet på eksisterende tillatelser (Nærings- og fiskeridepartementet, 2019). Siden 2017 har kapasiteten i oppdrettsnæringen vært regulert gjennom Trafikklyssystemet. Trafikklyssystemet ble introdusert i Havbruksmeldingen (Meld. St. 16 (2014-2015)), og formålet med systemet er å gi en forutsigbar og bærekraftig vekst i oppdrett av laks og ørret (NOU 2023: 23; Meld. St. 16 (2014-2015)).

Trafikklyssystemet innebærer at kystnær oppdrettsproduksjon er delt inn i 13 produksjonsområder, hvor produksjonskapasiteten i hvert område blir regulert basert på en miljøindikator. Miljøindikatoren består av målt påvirkning av lakselus på villfisk i hvert område (Figur 2-4) (Nærings- og fiskeridepartementet, 2019).

Hver selskapstillatelse er innplassert i et produksjonsområde. Hvert produksjonsområde får hvert andre år et trafikklys av Nærings- og fiskeridepartementet. Dette trafikklyset vil være avgjørende for om angitt MTB i selskapstillatelsene kan øke eller må reduseres (Fagerbakke, 2020; Thommessen, 2022). Et rødt lys innebærer at produksjonskapasiteten i et produksjonsområde må reduseres, og motsatt ved grønt lys (Nærings- og fiskeridepartementet, 2020; NOU 2023: 23).

I siste kapasitetsjustering i 2024, fikk seks av tretten produksjonsområder grønt lys. Totalt fem områder fikk gult lys, noe som innebærer at produksjonsområdene kun kan opprettholde dagens kapasitet. Dette gjelder produksjonsområde 5, 6, 7 og 8, utenfor Norskehavet, og produksjonsområde 2 ved Nordsjøen. Produksjonsområde 3 og 4 ved

Figur 2-4: Kapasitetsjustering i 2024



**Kilde:** Hentet fra Fiskeridirektoratets kartlag, Yggdrasil (2024a)  
**[Kart for akvakultur med oversikt over produksjonsområder].**  
Hentet fra: [Akvakultur \(fiskeridir.no\)](https://www.fiskeridir.no)

Nordsjøen fikk rødt lys, og må dermed redusere produksjonskapasiteten (Nærings- og fiskeridepartementet, 2024).

## 2.2 Teknologisk utvikling i oppdrettsnæringen

Oppdrettsnæringen i Norge har tradisjonelt sett bestått av lokaliteter plassert langs kysten, beskyttet mot ekstreme værforhold. I dag foregår lakseoppdrett primært i åpne og fleksible merdkonstruksjoner, som innebærer at merden er åpen for vanngjennomstrømming (NOU 2023: 23).

Dagens produksjonssystem medfører ulike miljøutfordringer. Blant annet er det utfordringer knyttet til sykdomsutbrudd og lakselus i oppdrettsanleggene. En risikorapport publisert av Havforskningsinstituttet påpekte blant annet at høy dødelighet er et tegn på dårlig velferd, og at tall fra Fiskeridirektoratet viser at det i 2022 var litt under 60 millioner oppdrettslaks som døde eller var i så dårlig befatning at de ble registrert som utkast. Dette gjaldt særlig for produksjonsområde 2 til 5 på vestlandet (Grefsrud, et al., 2023).

Videre har dagens produksjon i åpne anlegg negativ påvirkning på omkringliggende marint miljø. Dette følger av at strømforholdene i sjøen gir vannutveksling og spredning av avfall som fôrrester, ekskrementer og legemidler (Tveterås, et al., 2023; Miljødirektoratet, 2024).

I tillegg er den en risiko for at oppdrettslaks rømmer fra oppdrettsanlegget. Dette medfører negative konsekvenser for villaksen i form av spredning av lakselus og annen sykdom og genetiske endringer. Blant annet trakk Havforskningsinstituttet frem i sin risikorapport at seks av dagens produksjonsområder langs kysten vurderes til å ha høy risiko for ytterligere genetiske endringer hos villaksen som følge av at det har vært regelmessige større rømningshendelser fra oppdrettsanleggene (Grefsrud, et al., 2023).

Som følge av blant annet kapasitetsbegrensninger og de negative konsekvensene som følger av dagens oppdrett, har den teknologiske utviklingen i oppdrettsnæringen utviklet seg i et høyt tempo de siste årene. I tillegg ble det i 2015 innført en midlertidig ordning gjennom utviklingstillatelser, som hadde som formål å bidra til å løse flere areal- og miljøutfordringer i havbruksnæringen (Fiskeridirektoratet, 2024b). Utviklingstillatelser har bidratt til å sette fart på flere nye teknologiske løsninger i havbruksnæringen ( (Nærings- og fiskeridepartementet, 2021; Nærings- og fiskeridepartementet, 2019).

Noen av konseptene som søkte om utviklings- tillatelser var teknologiske konstruksjoner som var semi-lukkede og helt lukkede ( (Nærings- og fiskeridepartementet, 2019). Semi-lukkede anlegg innebærer at deler av tankvolumet er dekket med tette skott, eller at innløpsvannet ikke renses. Lukkede anlegg innebærer en teknologisk konstruksjon hvor hele tankvolumet er dekket med tette skott slik at innholdet i merden er helt adskilt fra ytre omgivelser. I tillegg vil et lukket anlegg ha et system for rensing av innløpsvann (Misund & Thorvaldsen, 2022; Kristiansen, et al., 2018).

Lukkede anlegg kan bidra til å redusere de negative påvirkningene fra dagens oppdrettsproduksjon. Tveterås m.fl. (2023) viser blant annet til simuleringer gjort av Havforskningsinstituttet, som illustrerer at strategisk lukking av enkeltlokaliteter med høyt smittepress kan redusere smittepresset betydelig i et produksjonsområde med mye forekomst av lakselus. I tillegg påpekes det at strategisk lukking av enkeltlokaliteter kan medføre økt driftsmargin og redusert dødelighet blant resterende åpne merdanlegg i produksjons- området. Derimot viser noe kunnskap at lukkede systemer kan redusere velferden for fisken fordi det kan oppstå sår på fisken, og dårligere vannkvalitet (Misund & Thorvaldsen, 2022). Lukkede systemer fjerner dermed ikke helt de eksisterende problemene knyttet til fiskevelferd- og fiskehelse, som allerede eksisterer i dagens åpne merdkonstruksjoner.

I tillegg til lukkede og semi-lukkede anlegg ble det søkt om utviklingstillatelser for konsepter som innebar nedsenkbar drift (Nærings- og fiskeridepartementet, 2019). Nedsenket drift betyr at laksen senkes på under 20 meters dyp, og erfaringer med nedsenket drift tyder på at dette bidrar til å begrense lakselus i oppdrettsanleggene (Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering (FHF) , u.d.). Studier viser derimot at også nedsenket drift kan ha negativ effekt på velferden til laksen. Warren-Myers et al. (2022) viser eksempelvis at det er utfordringer knyttet til høyere dødelighetsrate og lavere tilvekst blant fisk i nedsenkede anlegg sammenlignet med fisk plassert i merder i overflaten.

## 2.3 Havbruk til havs

Teknologisk utvikling av anlegg har medført at produksjon på mer eksponerte lokaliteter har blitt mer aktuelt for havbruksnæringen. Flere av konseptene som har blitt utviklet består av større og stivere konstruksjoner, som er ment å være mer egnet på lokasjoner i krevende miljøomgivelser. Slike anlegg har også mulighet til å integrere automatiske løsninger, eller tar sikte på å senke anlegget slik at man skjærer konstruksjonen for de største bølgebevegelsene. Potensialet for vekst i havbruksnæringen gjennom tilgang til nye lokasjoner lengre ut til havs, anses dermed som stort (NOU 2023: 23).

Hvas m.fl. (2019) trekker frem flere fordeler med mer eksponert oppdrett ved å se på eksisterende litteratur. Eksempelvis kan vannkvaliteten være bedre for fisken ettersom man oppnår mer effektiv vanngjennomstrømming. I tillegg vil gunstigere temperatur, oksygen og saltholdighet i vannet kunne øke produksjonskapasiteten. Videre kan mer eksponert oppdrett føre til mindre spredning av sykdomsfremkallende virus eller bakterier blant oppdrettslaksen, som følge av større avstander mellom hver lokalitet (Hvas, Folkedal, & Oppedal, 2019; Holmer, 2010). Oppdrettsanlegg som ligger eksponert til eller til havs, kan dermed ha gode produksjonsvilkår.

### 2.3.1 Utvalgte områder for havbruk til havs

Det har allerede blitt igangsatt en del arbeid med å tilrettelegge for havbruk til havs. I 2019 publiserte Fiskeridirektoratet en rapport om mulige områder som er egnet for havbruk til havs (Fiskeridirektoratet, 2019). Til sammen identifiserte Fiskeridirektoratet 11 områder som kunne være egnet for havbruk til havs, og som ble anbefalt for videre utredning (

Figur 2-5: Anbefalte områder for havbruk til havs



**Kilde: Fiskeridirektoratets kartlag, Yggdrasil (2024b) [Kart for havbruk til havs. Oversikt over områder for havbruk til havs. Herunder Fiskeridirektoratets anbefalte områder i 2019 (skraverte områder) og anbefalte områder i 2022 (mørkeblå områder). Hentet fra: [Havbruk til havs \(fiskeridir.no\)](https://www.fiskeridir.no)**

Figur 2-5).

Nærings- og fiskeridirektoratet ba i etterkant Fiskeridirektoratet om å velge ut tre av de opprinnelig 11 anbefalte områdene som skulle gå videre til konsekvensutredning. Direktoratet ble bedt om å peke ut et område sør, midt og nord i landet. Fiskeridirektoratet utga i 2022 en ny anbefaling om hvilke tre områder som bør konsekvensutredes (Fiskeridirektoratet, 2022):

- Trænabanken (NO5)
- Frøyabanken nord (NO11)
- Norskerenna sør (NO2)

Per i dag gjennomføres konsekvensutredningen av disse tre områdene, på oppdrag for Nærings- og fiskeridepartementet (DFØ, 2024). Formålet med konsekvensutredningen er å sammenstille en kunnskapsoppsummering om hvilke konsekvenser dette har for miljø, fiskevelferd og sameksistens med andre næringer. Dette vil brukes som beslutningsgrunnlag for om myndighetene bestemmer om hele eller deler av de tre områdene

<sup>2</sup> Forfaktor (Engelsk: Feed conversion efficiency (FCE)) er et standardmål i oppdrettsnæringen som måler hvor effektivt fisken utnytter føret. Dette måles ved å beregne hvor mange kilo fôr fisken trenger for å vokse til 1 kilo i vekt (Store norske leksikon, 2023).

er aktuelle for havbruk til havs, og hvilke deler som bør lyses ut først.

### 2.3.2 Miljøomgivelser egnet for havbruk til havs

Selv om havbruk til havs potensielt kan være en stor næring i fremtiden, vil det være en del problemstillinger som må løses. Blant annet vil det være utfordringer knyttet til kraftige og skiftende vind-, bølge- og strømforhold. Dette vil blant annet ha en innvirkning på velferden til laksen, på konstruksjonene og mulighetene for å opprettholde en stabil produksjon (NOU 2023: 23). Dersom man skal flytte oppdrettsnæringen til mer eksponerte forhold, eller til havs, vil det være nødvendig å finne lokaliteter som har miljøforhold som fremdeles anses som egnet for oppdrett.

Det er flere kriterier som bestemmer hvor godt et område regnes for å drive med oppdrett av laks til havs. Vi diskuterer i dette kapittelet faktorer som temperatur, strømhastighet og bølgehøyde, som vi har fokusert på i denne utredningen. I tillegg drøfter vi andre miljømessige faktorer som påvirker egnetheten av et område.

#### Temperatur

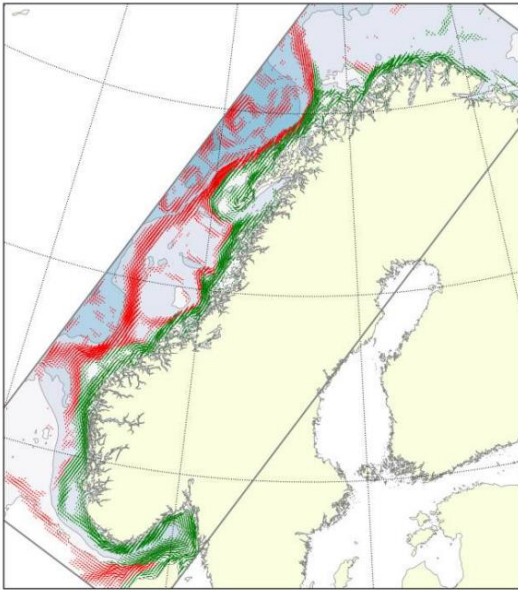
Temperaturforholdene i havet er en av de mest avgjørende faktorene som avgjør hvor egnet et område er for havbruk til havs. Laks vil ha samme kroppstemperatur som omgivelsene sine. Temperaturen i havet vil derfor påvirke laksens fysiologiske funksjoner, og påvirker også hvor godt laksen trives i sine omgivelser (Fry, 1971; Hvas, Folkedal, & Oppedal, 2019). Handeland, et al. (2008) viser blant annet hvordan temperatur påvirker både vekstraten, matinntaket og fôrfaktor (FCE<sup>2</sup>), og finner at fôrintaket og vekstraten er størst for atlantisk laks som plasseres i havvann med 14 grader celsius. I tillegg viser studien indikasjoner på at den øvre grensen for vekst og utvikling av atlantisk laks ligger på rundt 18 grader celsius.

Atlanterhavsstrømmen beveger seg nordover i norske farvann, og bringer med seg jevn temperatur på over 8 grader celsius gjennom hele vinteren og opp mot 14 grader celsius om sommeren (Figur 2-6). I områdene som berøres av Atlanterhavsstrømmen vil temperaturen for fisken være tilnærmet optimal året rundt (Albretsen, et al., 2019).

I tillegg til at temperaturen påvirker vekstraten og fôrfaktoren til laksen, viser funn fra Hvas, et al. (2019) at laksens kritiske svømmehastighet<sup>3</sup> er best i

<sup>3</sup> Kritisk svømmehastighet er definert som den svømmehastigheten laksen kan svømme i kortere perioder før den blir utmattet (Hvas, Folkedal, & Oppedal, 2019).

Figur 2-6: Atlanterhavs- og kyststrømmen



Kilde: Figur 1b. Modellområdet til NorKyst-800 med middelstrøm for simuleringsperioden. Kyststrømmen i grønt og Atlanterstrømmen i rødt. Hentet fra Ådlandsvik (Havbruk til havs - smittespredning, 2019a, s. 6)

temperaturintervallet 13 til 18 grader celsius. Dette innebærer at laksen i kortere perioder kan tåle en sterkere vannstrøm, sammenlignet med en situasjon hvor laksen er i kaldere vann.

### Strømhastighet

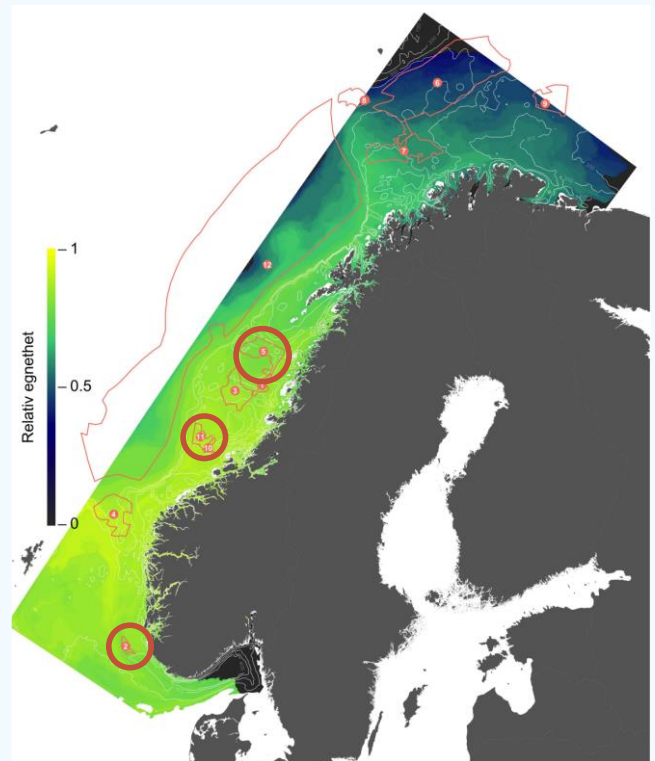
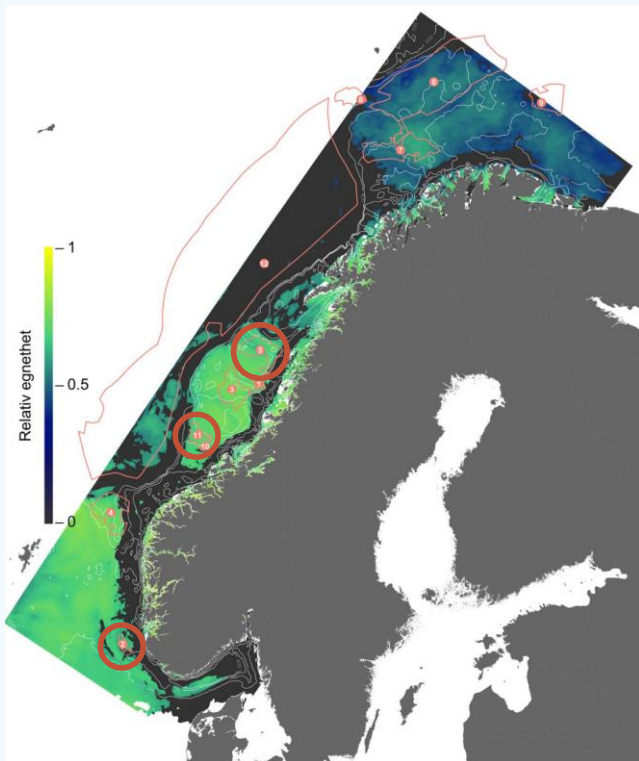
Strømhastighet og strømforhold er også en viktig faktor som avgjør hvor godt fisken vil trives i sine omgivelser. Dersom strømforholdene i havet blir for krevende vil fisken kunne rammes av fysisk utmattelse som følge av akutt stress. I tillegg vil fisken kunne få fysiske skader som følge av kollisjon med notveggen eller annen fisk (Hvas, Folkedal, & Oppedal, 2019).

Hvas, Folkedal og Oppdal (2019) trekker frem at eksisterende litteratur viser at det tar tid før biologiske parameter til fisken går tilbake til normalt etter å ha blitt utsatt for akutt stress som følge av sterk vannstrøm. Wood, Turner, & Graham (1983) viser til og med at fisken kan få så store syrebase-forstyrrelser at de dør noen timer etter stresset ble påført. Strømforholdene må derfor ikke overskride fiskens svømmekapasitet.

Figur 2-7: Relativ egnethet i utredningsområdene fra Fiskeridirektoratet med hensyn til:

(A) Strømforhold

(B) Temperaturforhold



Kilde: Figur 9.16a Relativ egnethet av havbruksområder for havbruk til havs, gitt laksens toleranse for strømhastighet, og Figur 9.16b. Relativ egnethet av havområder for havbruk til havs, gitt laksens toleranse for temperatur, men her med tanke på betydning for svømmeevne, hentet fra Albretsen m.fl. (2019, ss. 71-72). Sorte områder indikerer områder som er uegnet for oppdrett av laks, hvor gjennomsnittsstrømhastigheten er over 0,48 m/s (laksens vedvarende svømmehastighet) eller 95 persentilen av strømhastighet går over 0,6 m/s (laksens kritiske svømmehastighet). Hvite linjer representerer 100, 200, 300 og 400 meter dybdekonturer. De oransje merkene indikerer tidligere utredningsområdene foreslått fra Fiskeridirektoratet, mens røde sirkler indikerer de tre utredningsområdene som er på høring per dags dato.



Områder som berøres av Atlanterhavsstrømmen vil være egnet for havbruk med tanke på gunstige temperaturforhold. Derimot vil Atlanterhavsstrømmen også medføre mer utfordrende svømmeforhold for laksen grunnet sterkere strømhastighet som overstiger laksens svømmeevne. Albretsen m.fl. (2019) forutsetter at laksens vedvarende svømmeevne er 0,48 meter/sekund. Dette er basert på Hvas m.fl. (2019) og Hvas & Oppedal (2017) som konkluderte med den vedvarende svømmehastigheten til Atlantisk laks settes til 80 prosent av den kritiske svømmehastighet. I Albretsen m.fl. (2019) er det forutsatt at laksens kritiske svømmehastighet er på 0,6 meter/sekund, mens Hvas m.fl (2019) definerer den kritiske svømmehastigheten til en laks på 20 centimeter og 80 gram til 0,8 meter/sekund.

I tillegg til å se på hvordan strømforholdene påvirker laksens velferd, vil strømretning og vannslektskap til kystnært havbruk også være en avgjørende faktor for hvor egnet et område er for havbruk til havs. Det er blant annet ønskelig å finne områder som har en tilstrekkelig ensrettet strømretning, og hvor havstrømmen ikke medfører

vannslektskap med annen oppdrett til havs eller med kystnært oppdrett. Dette vil være avgjørende for å begrense overføringssmitte av lakselus og andre sykdommer mellom lokaliteter. Vi diskuterer slike biologiske faktorer i mer detalj i kapittel 2.2.3.

### Bølgeforhold

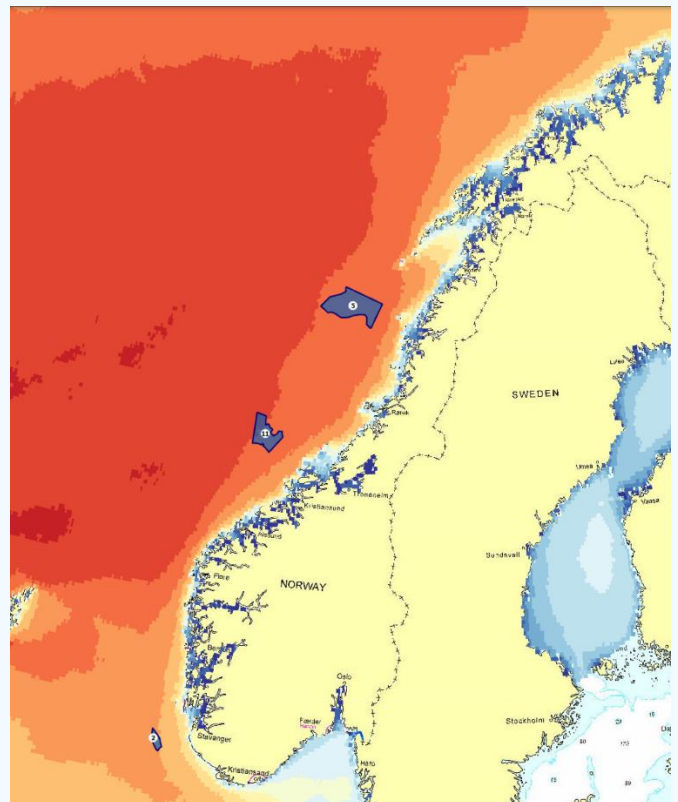
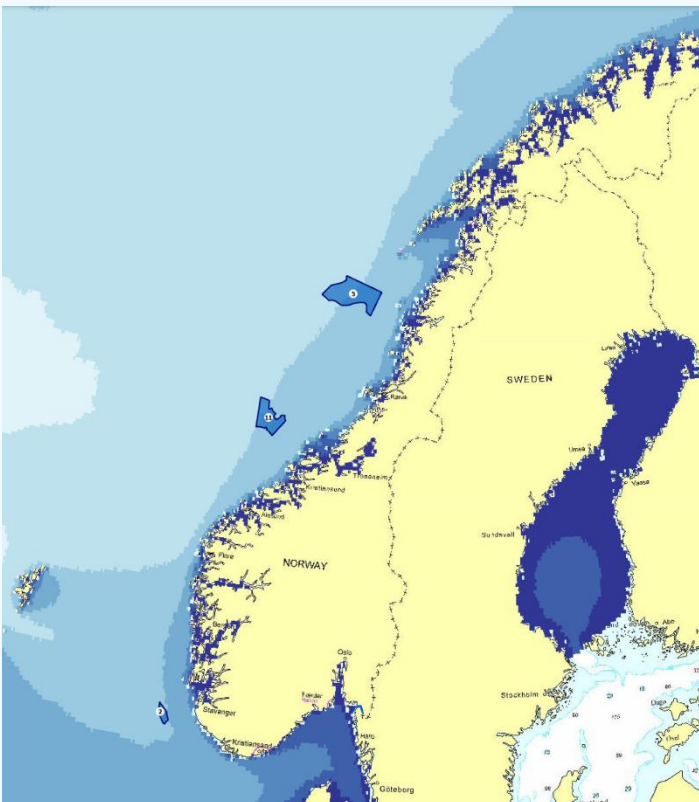
Bølgeforhold vil også påvirke hvilke områder som er egnede for å drive med oppdrett. Det er fremdeles lite kunnskap om hvordan bølger påvirker laksens adferd og helse, men kraftige bølgeforhold kan medføre at laksen blir utmattet eller kolliderer med eksempelvis notveggen eller notbunnen. I tillegg til å kunne påvirke velferden til laksen, vil områder med større bølger kunne skape utfordringer med tanke på konstruksjonen til merden (Albretsen, et al., 2019; Hvas, Folkedal, & Oppedal, 2019).

Ifølge Tveterås mfl. (2020) vil bølger ha høy statistisk variasjon i lik sjøtilstand, betegnet som signifikant bølgehøyde ( $H_s$ ). Signifikant bølgehøyde defineres som gjennomsnittet av de 1/3 høyeste bølgene innenfor en gitt tidsperiode. Basert på Meteorologisk institutt sin bølgemodell The Wave Model (WAM), vil de største signifikante

Figur 2-8: Bølgehøyde i utredningsområdene for havbruk til havs

(A) Signifikant bølgehøyde (Median)

(B) Signifikant bølgehøyde (95-persentil)



Kilde: Hentet fra Fiskeridirektoratet sin kartløsning, Yggdrasil (2024c). [Hentet fra kart for Havbruk til havs. Oversikt over sjødata, herunder signifikant bølgehøyde (95-persentil) og signifikant bølgehøyde (median)]. Hentet fra: [Havbruk til havs \(fiskeridir.no\)](https://www.fiskeridir.no). Figurene viser kart basert på operasjonelle varsler fra Meteorologisk institutt sin WAM-modell for hele 2018 (oppløsning 4x4km). Signifikant bølgehøyde defineres som gjennomsnittlig bølgehøyde for de 33 prosent høyeste bølgene innenfor et gitt tidsintervall. Maksimal bølgehøyde vil overgå 95-persentilen, og i tillegg kan enkeltbølger være 2-3 ganger høyere enn maksimal signifikant bølgehøyde (Albretsen, et al., 2019; Fiskeridirektoratet, 2024c)

bølgehøydene (i form av median og 95 persentil) være lenger ut til havs, og nær norskekysten fra øverste del av vestlandet og nordover (Albretsen, et al., 2019) (Figur 2-8).

For fisken handler bølgeforhold om to ting: reduksjon av tilgjengelig merdvolum ved tørrlegging og skvalpesone, og hastighet på bølgepartikkelbevegelse.

Tveterås, et al. (2020) påpekte at funn fra enkelte studier viser noe tegn til at laksen starter å svømme nedover i noten når det oppstår bølger (Tveterås, et al., 2020; Johannesen, Patursson, Kristmundsson, Dam, & Klebert, 2020). Studien til Johannesen, et al. (2020) viser også at adferden til laksen ved forekomst av bølger varierer med blant annet styrken på målt strømhastighet og tidsrommet for bølgene.

Tveterås, et al. (2020) fremhevet videre at bølgepartikkelbevegelsene vil være størst i vannoverflaten, og at det dermed er naturlig at laksen trekker nedover i noten ved bølger. Videre påpekes det at det er en rimelig antagelse at merden må være dypere når den blir plassert i mer eksponerte områder med mer krevende strøm- og bølgeforhold. Dette slik at laksen har tilstrekkelig med rom til å svømme lenger ned i merden når større bølger inntreffer.

Funn fra Ocean Farm 1 tyder på god fiskevelferd selv om lokasjonen var plassert mer eksponert til. Det ble rapportert at fisken ble observert i overflaten i bølger opp til 4 meter, og hadde en naturlig føringsadferd selv når bølgene målte 4,5 meter (Kongsberg Maritime, 2020). Salmar vurderte også plasseringen av Smart Fish Farm som gunstig når signifikante bølgehøyder målte under 5 meter 90 prosent av tiden, og over 8 meter kun 1 prosent av tiden (SalMar Aker Ocean AS, 2021). Selv om slike grenseverdier ikke er like forankret i litteraturen, så gir det en maksimumsverdi for akseptert signifikant bølgehøyde som kan brukes i søken etter egnede områder for havbruk til havs.

## Havdybde

Havdybde vil også være en miljømessig faktor som påvirker hvor det er optimalt å plassere et oppdrettsanlegg til havs. Fiskeridirektoratet (2019) påpekte at egnet havdybde for havbruk til havs i stor grad vil være et kostnadsspørsmål. Dypere havbunn vil innebære større kostnader knyttet til forankring av anlegget.

Direktoratet trakk paralleller til havvind og utredningen *Havvind – forslag til utredningsområder*, hvor områder egnet for flytende havvind var på havdyp mellom 120 og 400

meter. Med dette som bakgrunn ekskluderte ikke Fiskeridirektoratet noen områder basert på havdybde, men påpekte at det burde vektlegges positivt dersom enkelte områder hadde mer moderat havdybde.

Smart Fish Farm var opprinnelig tenkt lokalisert i et område med vandyp på 320 meter (SalMar Aker Ocean AS, 2021). Derimot er det i dag prosjektert lenger ut enn tenkt, på et havdyp nærmere 350 meter (Fiskeridirektoratet, 2024e).

Tilstrekkelig med havdybde vil også være nødvendig for nedsenket drift, hvor man trenger en dyp not. Nedsenket drift vil være en aktuell teknologi som kan brukes når man flytter oppdrettsanlegg til mer eksponerte værforhold.

## 2.3.3 Eksternaliteter og biologiske begrensinger ved havbruk til havs

Havbruk fører med seg lokal forurensing (utslipp), risiko for spredning av virus og sykdommer samt spredning av lus. Havet, i likhet med fjordene, er en allmenning, hvor produksjon hos en produsent kan forringe egnetheten for produksjon hos en annen produsent (Misund B., 2022). Påvirkningen fra en havbruksaktør på en annen havbruksaktør er derfor det økonomer kaller *negative eksterne effekter* eller *negative eksternaliteter*.

Misund (2022) peker på at biologiske risikofaktorer er en viktig driver for kostnadene i oppdrettsnæringen. Biologiske problemer kan føre til forsert slakting og lavere slaktevekter som både øker kostnadene og reduserer prisoppnåelsen på fisken. Sykdommer og parasittinfeksjoner som påvirker fiskens utseende kan gi kvalitetsnedklassifiseringer og dermed prisrabatter. Biologiske problemer vil også gi suboptimal utnyttelse av produksjonskapasiteten, slik at de faste kostnadene fordeles på færre solgte kilo. Dødelighet medfører også tap av medgåtte utgifter til fôr og røktning i fiskens levetid.

I all biologisk produksjon vil det være noe risiko for sykdom og påvirkning på ytre miljø. Ervik m. fl (2020) identifiserer flere biologiske risikofaktorer for havbruksvirksomhet i sjøfasen:

- Introduksjon av smitte ved utsett av smolt eller fisk flyttet fra annet anlegg
- Introduksjon av smitte ved utsett eller flytting av rensefisk
- Introduksjon av smitte fra båter og utstyr som har vært i kontakt med andre anlegg
- Overføring av smitte til andre anlegg ved flytting av sjø satt laks
- Overføring av smitte mellom generasjoner i samme anlegg

- Introduksjon av smitte via vannkontakt fra nærliggende sjøanlegg

For de første fire kulepunktene kan aktørene redusere smitterisiko ved tilstrekkelige rutiner for smittehåndtering knyttet til operasjoner og utstyr. For de to siste kulepunktene, som handler om overføring av smitte i de frie vannmassene, vil det være vanskelig å fjerne risikoen for sykdom og lus fullstendig.

Oppdrettsselskapene har derfor sterke incentiver til å ta biosikkerhet med i sine vurderinger av hvor det er egnet å drive havbruk til havs. Avstanden til kystnært havbruk, og avstanden til andre havbruksanlegg i havet er derfor relevant å vurdere. Selv om næringen har incentiver til å redusere risiko selv, er det å forvente at biosikkerhet vil tas i betraktning når myndighetene skal utvikle et tillatelsesregime for havbruk til havs.

I det videre drøfter vi hvordan kjent risiko for sykdommer og lus, og gjenstående kunnskapsmangler for disse, kan påvirke arealbruken i sjøen.

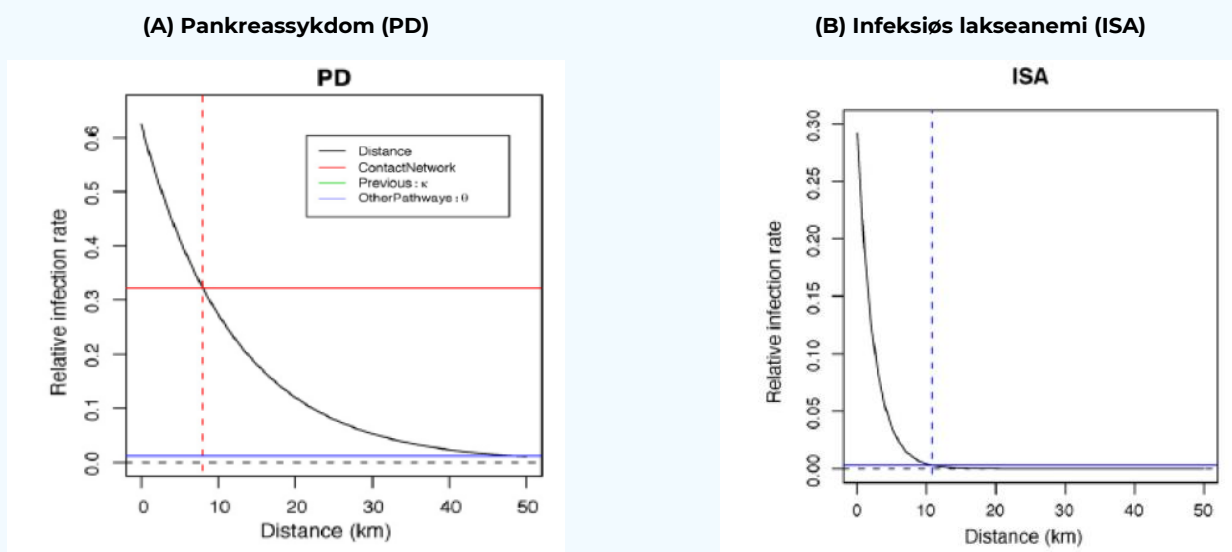
### Biologiske risikofaktorer

Ervik m. fl (2020) trekker frem Pankreassykdom (PD) som et eksempel på en sykdom som smitter over lange avstander i sjø. Sykdommen har vært en betydelig utfordring i norsk oppdrettsnæring, og det er derfor gjennomført mye forskning og læring knyttet til hvordan man kan begrense spredningen av sykdommen i sjøfasen. Det er stor risiko for PD-smitte mer enn 10 km fra en lokalitet som er

smittet. Virusutskillelse og smittespredning er stor før sykdomsutbrudd oppstår. Det tar gjerne lang tid før sykdomstegn avdekkes, eller at smitte oppdages ved smitteovervåkning. Smitten har derfor ofte spredd seg til et stort antall nye lokaliteter når sykdom først oppdages på en lokalitet i et smittefritt område. Dette gjør at helsekontroll og prøvetakingsregime er tiltak med begrenset effekt for å forhindre spredning til nabolokaliteter. God koordinering av utslakting og usett, og strenge smitteskjeller mellom ulike soner kan forhindre spredning av PD-sykdom. Ervik m. fl (2019) peker på at dersom man skal forhindre spredning av PD mellom enkeltlokaliteter, må avstanden mellom lokalitetene være svært stor. Hvorvidt avstandene fra tidligere forskning på overføring av smitte i kystnært oppdrett er overførbare til åpent hav er uklart.

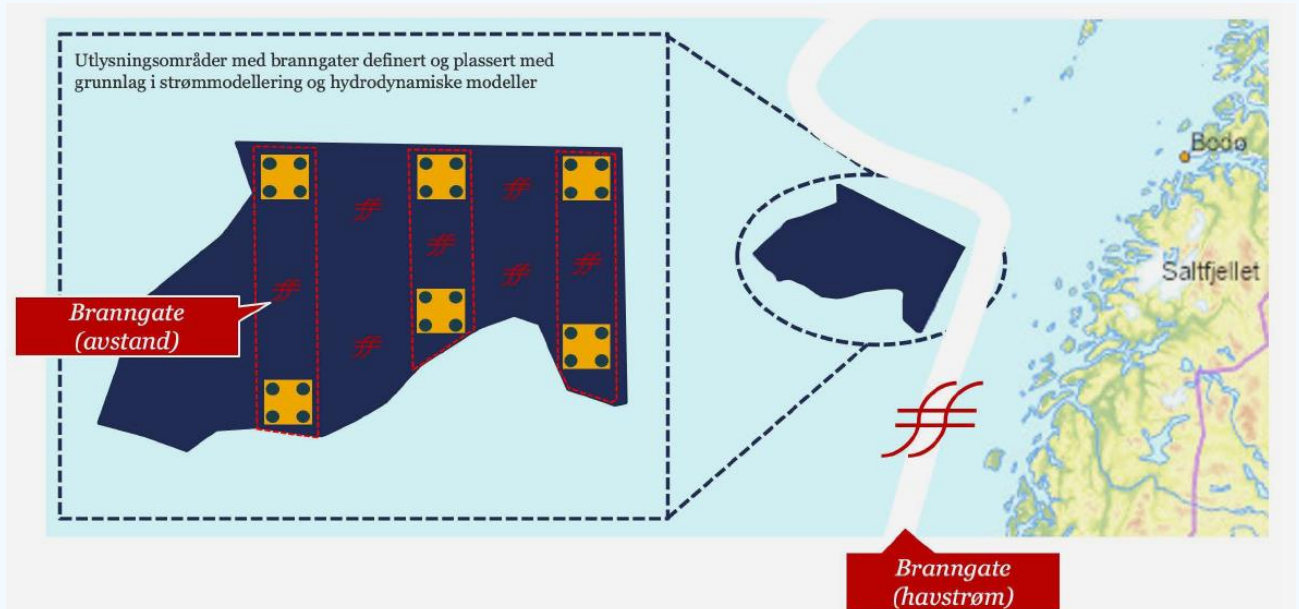
Ervik m. fl (2020) trekker videre frem at det er eksempler på virus- eller bakteriesykdommer i oppdrettspopulasjonen som smitter i sjø, men som ikke er like smittsomme over svært lange avstander som PD. Et eksempel på en slik sykdom er Infeksiøs lakseanemi (ILA). ILA er en sykdom som sprer seg i sjø, men der sykdomsutviklingen går sent og viruset ser ikke ut til å spre seg over svært lange avstander. Grafen i Figur 2-9 viser at ved en avstand på 10 kilometer er insidensen av smitte av ILA (ISA) fra det ene anlegget til det andre ikke høyere enn den naturlige risikoen for smitte som eksisterer uten et naboanlegg.

Figur 2-9: Faksimile av fremstilling av sammenhengen mellom avstand og smittepress



Kilde: Figur A: Figur 9. PD smitter lett over store distanser. Hentet fra *Smittesikring og biosikkerhet i norsk lakseproduksjon* (s. 34), av Ervik, et al. (2020). Figur B: Figur 10. Figuren illustrerer at ILA (ISA, engelsk) ikke smitter like lett som PD over store distanser (jæmfør figur 9). Hentet fra *Smittesikring og biosikkerhet i norsk lakseproduksjon* (s. 35), av Ervik, et al. (2020).

Figur 2-10: Forslag til operasjonalisering av sikkerhetsavstander mellom havbruksklynger



Kilder: Figur 45. Illustrasjon av ulike branngater i et åpent havområde for HTH. Hentet fra *Havbruk til havs - Industrihåndbok* (s. 76), av Utror (2023)

Lakselus er et parasittisk krepsdyr på laksefisk (laks, ørret og røye), som finnes naturlig i alle havområder på den nordlige halvkuke. Ved å spise slim, hud og blod fra verten, påfører lakselusa fisken skader. Dette gjør at fisken blir mer mottakelig for andre infeksjoner som bakterier, virus og sopp, og det påvirker også fiskens saltbalanse. Store mengder lakselus kan føre til at fisken dør, men også indirekte skader. Siden oppdrett av laks i stor grad skjer i åpne merder langs kysten, kan parasitter som lakselus fritt spre seg fra oppdretts- til villfisk. Den store økningen i mengden tilgjengelige verter langs kysten, har ført til økt forekomst av lakselus på vill laksefisk. For å redusere mengden lus på villfisk er der derfor innført grenser for hvor mye lakselus laks i oppdrettsanlegg kan ha (Havforskningsinstituttet, 2021).

### Smitte mellom kyst og hav

Havforskningsinstituttet har modellert risiko for smitte mellom kystnære lokaliteter og lokaliteter i havet. Et av hovedresultatene er at smitte fra åpne anlegg til havs kan smitte kystlokaliteter. Kystlokaliteter kan også smitte lokaliteter i havet. Dette gjelder for lokaliteter som ligger ut til 20–30 nautiske mil i nord fra grunnlinjen. Største distansen på 30 nautiske mil gjelder Sør-Norge, mens 20 nautiske mil er i Nord-Norge. Lengre ute er smittepotensialet lavere og ubetydelig sammenlignet med smittepotensialet mellom eksisterende kystlokaliteter (Ådlandsvik, 2019a).

En konsekvens av dette er at ved opprettelsen av havbruk til havs for nære grunnlinjen, så kan disse fungere som en smittevei fra produksjonsområder i Sør til produksjonsområder i nord. Smitte fra land kan ramme havlokaliteter, som så kan spre smitte

til kystlokaliteter enda lengre nord. Ådlandsvik (2019a) peker derfor på at uavhengig av yttergrensene vil havlokaliteter innenfor 20–30 nautiske mil utenfor produksjonsområder med dokumenterte luseproblemer i trafikklyssystemet, kunne forverre situasjonen i produksjonsområdet.

### Smitte mellom lokaliteter til havs

Det er også en risiko for at havbruk til havs-anlegg kan smitte hverandre. Det sterke strømsystemet utaskjærs, samt fravær av kyst og øyer, gjør at tilstøtende geografiske områder får stor utveksling av lusesmitte og at det ikke kan etableres tilstøtende områder som er smittemessig isolert fra hverandre (Fiskeridirektoratet, 2019). Ådlandsvik (2019a) understreker at resultatene fra Havforskningsinstituttets modelløvelse tyder på at man bør unngå å legge havlokaliteter på rekke og rad langs en dominerende strømretning. Nærliggende lokaliteter bør heller legges på tvers av strømmen.

Havbruksselskapet Utror tar til orde for å utnytte graden av vannslektskap mellom områder, slik at man skaper soner som i tilstrekkelig grad er smittemessig isolert fra hverandre. For å få til det kan man se for seg å opprette tilstrekkelige branngater eller sikkerhetssoner mellom klynger av oppdrettsanlegg (Utror, 2023).

## 2.4 Scenarioanalyse

### 2.4.1 Forutsetninger og fremgangsmåte

For å belyse hvordan tilgangen til areal spiller sammen med utviklingen i næringen, og de ulike teknologiske og regulatoriske forutsetningene for utvikling, har vi valgt å gjennomføre en scenario-

analyse. I analysen har vi sett på hvordan ulike forutsetninger endrer verdien av arealet i HTH-områdene.

Det er betydelig usikkerhet knyttet til hvordan havbruk i åpent hav vil påvirke fiskens velferd, og den biologiske risikoen ved produksjon. Hvorvidt havbruk til havs bidrar til å redusere de biologiske kostnadene knyttet til produksjon av oppdrettsfisk, kan avgjøre om investeringer i havbruksvirksomhet til havs er lønnsomme. Det er derfor et mål for både havbruksnæringen og for myndighetene at havbruk til havs utvikles på en måte som gjør at det blir minst mulig slike biologiske risikofaktorer. Antagelig vil disponeringen av areal avhenge av hvordan man ønsker å møte de biologiske risikofaktorene.

Videre er det usikkerhet knyttet til hva som vil bli de reelle kostnadene ved drift i åpent hav, og hvilken lønnsomhet prosjektene vil få. Hvis ikke havbruk til havs blir lønnsomt vil ikke arealene være verdifulle for næringen. Hvor stor verdi arealene i havet får for næringen er slik sett et resultat av hvordan arealet reguleres.

De relevante forutsetningene er hva som er rimelig produksjonskapasitet per anlegg, hvor mange anlegg som bør ligge sammen i en klynge, avstanden mellom anlegg i en klynge, og avstand mellom klynger.

Vi legger til grunn at det er tre anlegg per klynge, med en avstand på 1000 meter mellom hvert anlegg. I scenarioanalysene våre forutsetter vi en produksjon per anlegg på mellom 15 – 20 000 tonn i året, slik at produksjonen per klynge blir om lag 50 000 tonn årlig. Flere andre rapporter og analyser forutsetter at nye anlegg for HTH får en produksjonskapasitet på om lag 20 000 tonn i året, se for eksempel Grønvik m. fl (2023). Aktører vi har snakket med i intervjuer har også kommet med anslag på mellom 15 000 – 20 000 tonn i produksjonskapasitet i året. Smart Fish Farm (SalMar AkerOcean) fikk godkjent en lokalitet på 9000 – 19 000 MTB, noe som vil tilsvare en årlig produksjon på mellom 10 000 – 30 000, avhengig av hvordan den maksimale tillatte biomassen utnyttes (Fiskeridirektoratet, 2023c).

Vår analyse viser at det er sikkerhetsavstanden mellom klynger som i størst grad påvirker hvordan arealet bør brukes. I de ulike scenarioene holder vi derfor kapasitet per anlegg, avstand mellom anlegg i en klynge, og produksjon per klynge fast. Avstanden mellom hver klynge settes hovedsakelig for å unngå smitte av sykdommer og lus fra en klynge til en annen. Hvilken avstand man velger avhenger av hvilken risiko man kan leve med for

smitte fra en klynge til en annen, og smitte fra kyst til hav og vice versa. I de ulike scenarioene varierer vi sikkerhetsavstanden mellom klyngene, og legger i et scenario til en sikkerhetsavstand til nærmeste kystbaserte oppdrettsanlegg.

Vi plasserer deretter ut klynger med sikkerhetsavstand på en slik måte at vi maksimerer antallet klynger i hvert HTH-område. Vi starter i det hjørnet hvor vi gjennom intervjuer med bransjeaktørene har inntrykk av at det er mest attraktivt for aktørene å plassere seg. På den måten sikrer vi at dette arealet utnyttes best mulig.

## 2.4.2 Scenarier

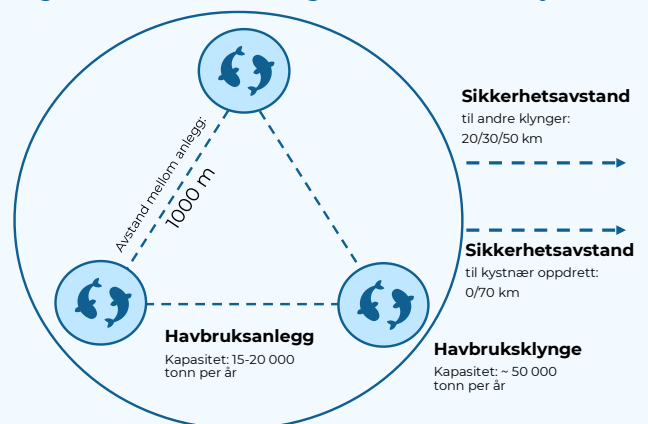
### Scenario 1: 20 km sikkerhetsavstander

I vårt første scenario har vi lagt til grunn at det plasseres ut klynger med oppdrettsanlegg med en sikkerhetsavstand på 20 kilometer mellom klyngene.

Vellykket smittehåndtering vil forutsette god smittekontroll i brønnbåter og ved bruk av delt utstyr, samt planlegging av regelmessige brakkleggingsperioder. Gjenværende smitterisiko handler derfor om spredning av lus og virus i sjøen. Hvorvidt 20 kilometer er tilstrekkelig for å redusere risikoen for smitte tilstrekkelig vil avhenge av en rekke konkrete forhold knyttet til lokaliteten, for eksempel vannslektskap mellom ulike deler av området. Eksisterende kunnskap fra litteratur om smitte av virus i fjorder tilsier at 20 kilometer er tilstrekkelig for å redusere smitte av ISA-virus ned til naturlig nivå, mens det vil være noe risiko for smitte av PD-virus. Det er usikkert om disse avstandene lar seg overføre til det åpne hav.

Når vi maksimerer antallet klynger med disse forutsetningene får vi plass til 18 klynger på

Figur 2-11: Forutsetninger i scenarioanalysen



Illustrasjon: Oslo Economics og Sintef Ocean

Trænabanken (900 000 tonn), 11 klynger på Frøyabanken 550 000 og tre klynger i Norskerenna Sør (150 000 tonn). I dette scenariet er det samlede produksjonspotensialet i arealet til de tre HTH-områdene på 1,6 millioner tonn i året.

### Scenario 2: 30 km sikkerhetsavstander

I vårt andre scenario har vi lagt til grunn at det plasseres ut klynger med oppdrettsanlegg med en sikkerhetsavstand på 30 kilometer mellom klyngene.

Basert på forskning om overføring av smitte i kystnært oppdrett vil en slik økning i sikkerhetssonen videre redusere risikoen for PD-virus, men vil antagelig ikke påvirke smitterisikoen for overføring av ISA-virus. Igjen må det understrekes at det er usikkerhet om dette kan overføres til det åpne hav. 30 kilometer vil antagelig gi mindre risiko for spredning av lus, men vi har ikke grunnlag for å si nøyaktig hvor mye.

Når vi maksimerer antallet klynger med disse forutsetningene får vi plass til ni klynger på Trænabanken (450 000 tonn produksjon per år), seks klynger på Frøyabanken (300 000 tonn produksjon per år) og to klynger i Norskerenna Sør (100 000 tonn produksjon per år). I dette scenariet er det samlede produksjonspotensialet i arealet til de tre HTH-områdene på 850 000 tonn i året.

### Scenario 3: 30 km sikkerhetsavstander og avstand til land

I vårt tredje scenario har vi lagt til grunn at det plasseres ut klynger med oppdrettsanlegg med en sikkerhetsavstand på 30 kilometer mellom klyngene. I tillegg har vi lagt til grunn at det skal være en sikkerhetsavstand til kystnært havbruk. Denne avstanden er satt til 70 kilometer. Sikkerhetssonen på 70 kilometer er begrunnet utfra en antakelse om at oppdrettere ønsker seg en tilstrekkelig stor avstand mellom kystnært og havbasert oppdrett.

Sikkerhetsavstanden på 30 kilometer mellom anlegg har samme begrunnelse som i scenario 2, men vi illustrerer i tillegg at en sikkerhetsavstand til land gjør at man må plassere ut lokalitetene på nytt for å maksimere antallet klynger i området som ligger utenfor sikkerhetssonen.

Når vi maksimerer antallet klynger med disse forutsetningene får vi plass til syv klynger på Trænabanken (350 000 tonn produksjon per år), fem klynger på Frøyabanken (250 000 tonn produksjon per år) og to klynger i Norskerenna Sør (100 000 tonn produksjon per år). I dette scenariet er det samlede produksjonspotensialet i arealet til de tre HTH-områdene på 850 000 tonn i året.

### Scenario 4: 50 km sikkerhetsavstand

I vårt fjerde scenario har vi lagt til grunn at det plasseres ut klynger med oppdrettsanlegg med en sikkerhetsavstand på 50 kilometer mellom klyngene.

En slik sikkerhetsavstand på 50 kilometer ville vært tilstrekkelig til å redusere risikoen for smitte av ISA-virus, og PD-virus ville vært nede på naturlige nivåer i kystnært oppdrett. Dette kan derfor være en sikkerhetsavstand mellom klynger som er aktuell også i havbruk til havs. Hvordan virus faktisk smitter i åpent hav, og hvor stor smitten av lus vil være med 50 kilometer sikkerhetsavstand må antagelig belyses nærmere.

Når vi maksimerer antallet klynger med disse forutsetningene får vi plass til fire klynger på Trænabanken (200 000 tonn produksjon per år), tre klynger på Frøyabanken (150 000 tonn produksjon per år) og en klynge i Norskerenna Sør (50 000 tonn produksjon per år). I dette scenariet er det samlede produksjonspotensialet i arealet til de tre HTH-områdene på 400 000 tonn i året.

Tabell 2-1: Oppsummering av produksjonspotensial ved ulike scenarier

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4
Trænabanken	900 000	450 000	350 000	200 000
Frøyabanken	550 000	300 000	250 000	150 000
Norskerenna Sør	150 000	100 000	100 000	50 000
Sum	1 600 000	800 000	700 000	400 000

Kilde: Oslo Economics og SINTEF Ocean

### 2.4.3 Usikkerhet ved beregninger av produksjonspotensialet og forbehold ved scenarioanalysene

Anslaget vi kommer med på produksjonskapasitet (oppsummert i tabell 2-1) knytter seg altså kun til hva som er mulig å produsere innenfor det gitte arealet i sjøen. Det kan godt være andre begrensninger som gjør at det ikke er mulig å produsere det volumet vi videre anslår. For eksempel kan lavere tilbud av settefisk på grunn av mangel på egnede areal eller mangel på kraft eller nett begrense utbyggingen av landbaserte settefiskanlegg. Tilsvarende kan det være kostnader i andre deler av verdikjeden som gjør at det ikke er økonomisk hensiktsmessig å benytte alt det tilgjengelige arealet i sjø til å bygge ut maksimalt produksjonsvolum. Våre anslag på potensielt produksjonsvolum i sjø må derfor ikke anses som en predikasjon på hvor stor HTH-næringen vil bli i form av hverken produksjon, sysselsetting eller andre ringvirkninger.

Anslagene vår er imidlertid i nærheten av det andre analysemiljøer har kommet med, med litt ulike forutsetninger. Menon Economics gjør anslag på ringvirkningene av en samlet produksjon på 480 000 tonn laks årlig fra og med 2033. Anslaget tar utgangspunkt i at fire oppdrettsaktører har seks anlegg med en årlig produksjon på 20 000 tonn hver. Det understrekes at anslaget er usikkert, og at produksjonen kan bli både høyere og lavere, avhengig av næringens lønnsomhet. Forfatterne mener selv anslaget er konservativt (Grønvik m.fl.

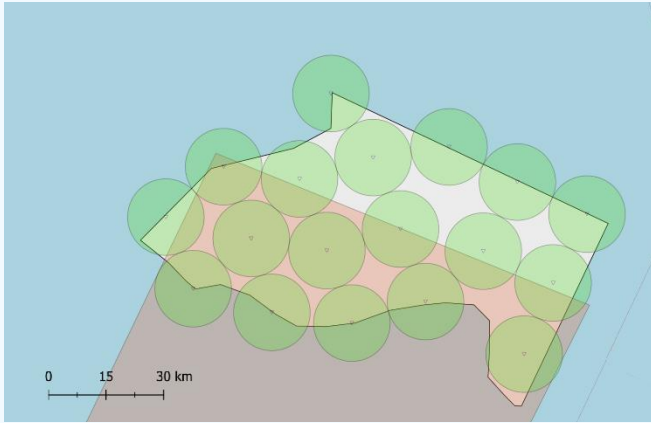
(2023)), særlig fordi analysen tar hensyn til behovet for å investere i leverandørindustri, og andre ledd i verdikjeden som må til for å realisere et potensial.

Heskestad m.fl. (2023) har gjort en mer detaljert studie av potentialet ved ett av de utpekte områdene, Norskerenna sør. De anslår at potentialet for produksjon i dette området er 70 000 tonn i lavscenario, 100 000 tonn i mellomscenariet og 140 000 tonn i høyscenariet. Forfatterne legger til grunn at det kan bygges ut seks lokaliteter i Norskerenna sør. Anslaget bygger på en antagelse om at det er en lav risiko for at lus spres mer enn 15 km i strømrretningen (nord-nordvest) og 10 km på tvers av strømrretningen. Den totale produksjonskapasiteten avhenger blant annet av størrelsen på anleggene, og driftsmodellen for produksjon i hvert anlegg.

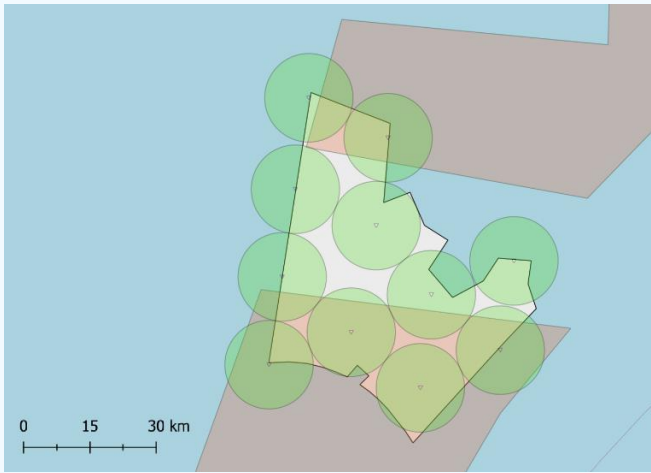
Tveterås et al. (2020) gjør anslag basert på vekst i den globale etterspørselen, Norges markedsandeler, produktivitetsvekst i havbruk til havs og fremtidige reguleringer. De anslår at produksjonen kan øke fra 50 000 tonn i 2030 til 540 000 tonn i 2050 i et lavscenario, og fra 130 000 tonn i 2030 til 1,8 millioner tonn i 2050 i et høyscenario. De høye anslagene forutsetter blant annet at havbruk til havs lykkes med betydelige forbedringer i fiskehelse sammenliknet med kystnært havbruk, at havbruk til havs lykkes med å takle luseutfordringer, samt at produksjonen på grunn av redusert dødelighet og bedre helse kan benytte lavere förfaktor.

Venstre kolonne: Figur 2-12: Illustrasjon av scenario 1: 20 km avstand mellom klynger

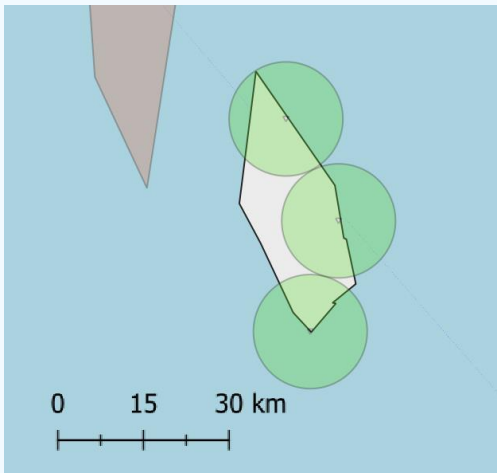
i) Trænabanken



ii) Frøyabanken



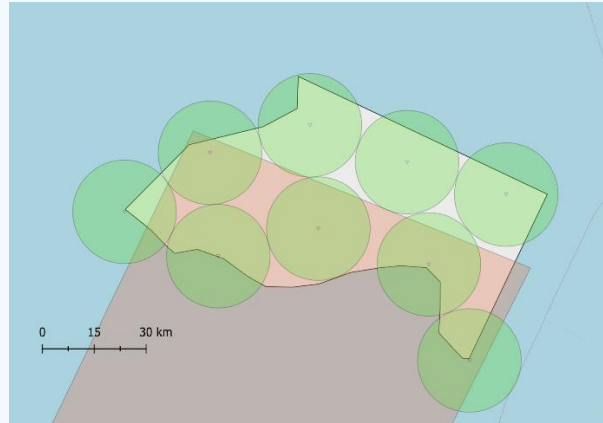
iii) Norskerenna Sør



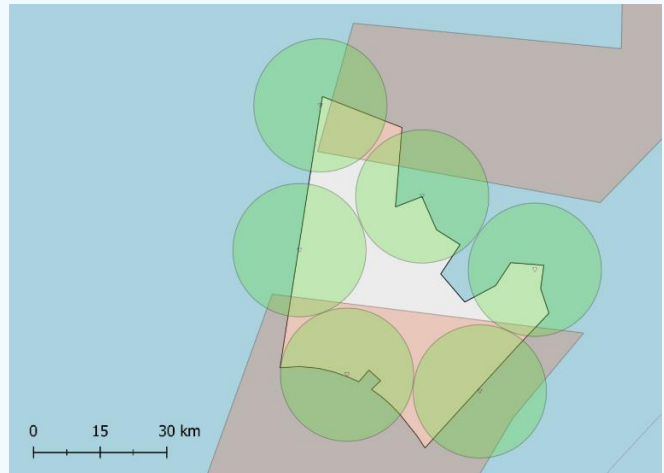
Kilde: Oslo Economics og SINTEF Ocean.

Høyre kolonne: Figur 2-13: Illustrasjon av scenario 2: 30 km mellom klynger

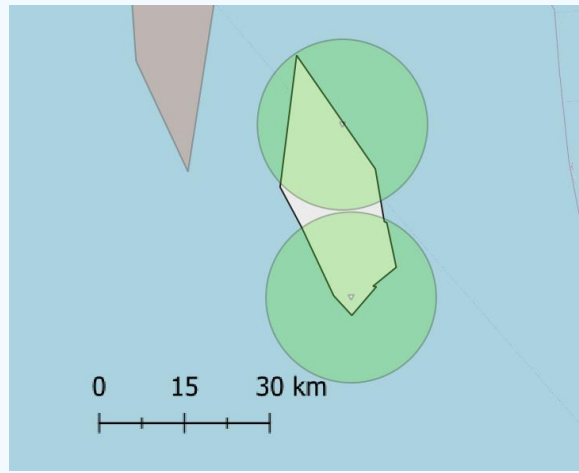
i) Trænabanken



ii) Frøyabanken



iii) Norskerenna Sør



Kilde: Oslo Economics og SINTEF Ocean.



Figur 2-14: Illustrasjon av scenario 3: 30 km avstand mellom klynger og sikkerhetsavstand til kystnært havbruk

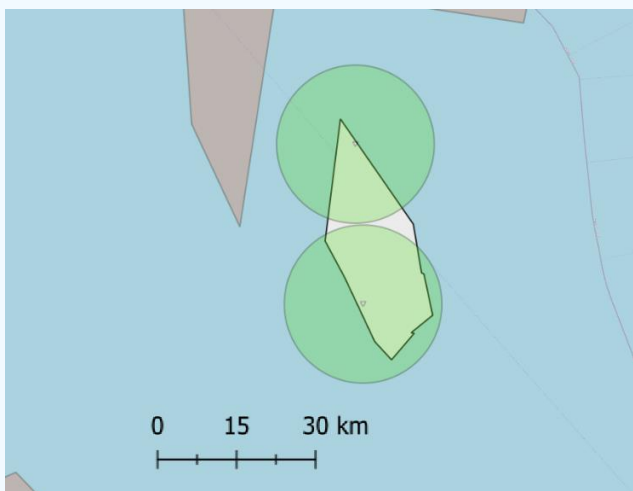
i) Trænabanken



ii) Frøyabanken



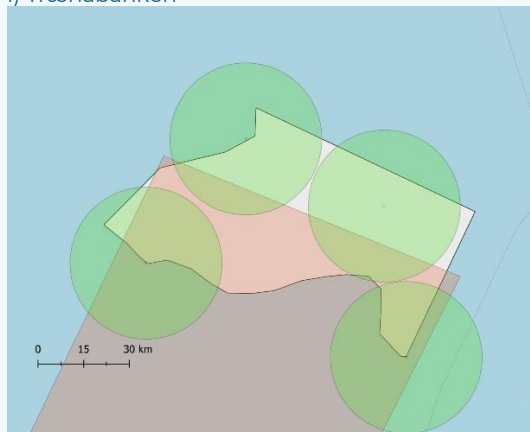
iii) Norskerenna Sør



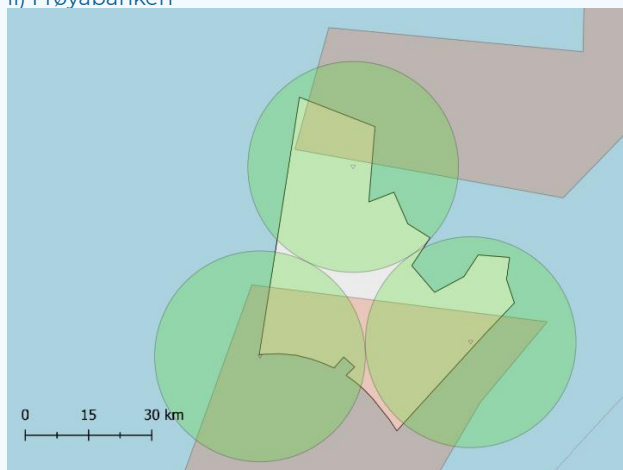
Kilde: Oslo Economics og SINTEF Ocean.

Figur 2-15: Illustrasjon av scenario 4: 50 km avstand mellom klynger

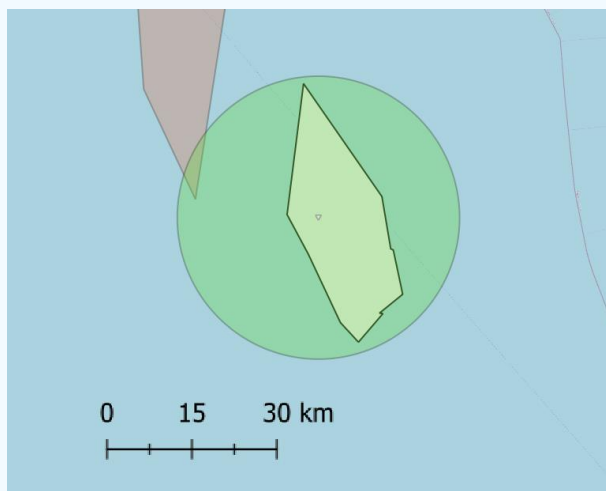
i) Trænabanken



ii) Frøyabanken



iii) Norskerenna Sør



Kilde: Oslo Economics og SINTEF Ocean.

## 3. Påvirkninger fra havvind på havbruk til havs

*Dette kapittelet beskriver kunnskapsgrunnlaget som finnes for å vurdere påvirkninger fra havvind på oppdrett av laks, og vår vurdering av hvordan dette kan brukes opp mot formålet til denne rapporten.*

Kapittel 3.1 viser relevant litteratur som er funnet gjennom strukturerte søk, tips fra intervjuer og deltakere på arbeidsmøter, kombinert med ekspertise hos SINTEF Ocean om havbruk og havvind, og hos Safetec om sikkerhet og risiko.

Kapittel 3.2 sammenstiller kunnskap fra litteraturen og innspill fra intervjuer og arbeidsmøter slik at kunnskapsstatus kan forstås med hensyn til rapportens formål.

### 3.1 Fremskaffelse av kunnskapsgrunnlag

Innledningsvis ble det gjennomført strukturerte søk i litteraturen for å kartlegge kunnskapsstatus på alle relevante temaer. Her var hensikten å søke bredt. Dette bidro også som kvalitetssikring med hensyn til å få med alle mulige påvirkninger fra havvind på HTH i den videre vurderingen.

Med bakgrunn i dybdeforhold på de aktuelle havvindområdene hvor det kan være arealkonflikter med de anbefalte områdene for havbruk til havs, så er det litteratur som omhandler flytende havvind som er mest aktuell/presis.

Formålet med litteratursøket var derfor å se om det finnes litteratur helt konkret på temaet:

«Påvirkninger fra flytende havvind på oppdrett av laks til havs», eller litteratur som vil kunne være relevant for dette.

Fra innspill fra intervjuer og arbeidsmøter og tidligere kunnskap om temaet har vi også et grunnlag for å undersøke spesifikke mulige påvirkninger.

På dette grunnlaget ble følgende ord valgt ut for det strukturerte søket:

- Fish farming
- (marine) Aquaculture
- Salmon (farming)
- Fin fish (farming)
- Mariculture
- Offshore wind

- Wind farm
- Offshore energy
- Floating wind
- Spar
- Effects
- Impact
- Emissions
- Noise
- Environment
- Ecosystem
- Habitat
- Species
- Stepping stone
- Upwelling
- Stratification
- Anthropogenic mixing

Resultatet var over 100 vitenskapelige artikler, rapporter og andre publikasjoner som virket relevante basert på tittel og sammendrag. Disse ble deretter videre vurdert ved fullstendig gjennomgang, noe som medførte at utvalget ble betydelig mindre.

### 3.2 Kunnskap om påvirkninger fra litteraturen

Litteraturen som viste seg å være mest relevant kan, i grove trekk, sies å ta opp følgende tema:

- Generelt om påvirkninger på miljø
- Miljøkonsekvensvurderinger (EIA)
- Livssyklusanalyser (LCA)
- Kunstig rev (-effekt)
- Marine Spatial Planning for sameksistens
- Beslutningstaking med flere kriterier
  - For plassering av havvind
- Støy fra havvinnanlegg
- Støy i oppdrettsanlegg
- Virkning av elektromagnetiske felt (EMF) på dyreliv

Et viktig funn er at det ble funnet lite relevant litteratur fra flytende havvind og lite relevant litteratur om påvirkninger på oppdrett av fisk / fisk i fangenskap. Påvirkninger fra havvind er kun undersøkt for ville dyr og økosystemer.

#### 3.2.1 Generelt om påvirkninger fra havvind

Maxwell et al. (2022) beskriver ulike teknologiske løsninger for flytende havvind og mulige påvirkninger på marine pattedyr, fugler, fisk og bunnsonen. De ser på risiko for at dyr kan sette seg fast, fortrenning av habitat, ødelegging/forstyrning

av habitat, at dyr kolliderer med fartøy, at fugler kolliderer med turbinblader, og at elektromagnetisk stråling kan påvirke oppførsel. Av det som er relevant for denne fagutredningen nevner Maxwell et al. (2022) at det mangler kunnskap om effekten av EMF fra kabler som henger i vannsøylen, slik de gjør mellom flytende havvindturbiner. Feltstudier knyttet til EMF fra havvind har blitt gjort på nedgravde kabler.

Videre viser Maxwell et al. (2022) til studier som sier at lyder fra flytende havvind i hovedsak er lavfrekvent, med dominante frekvenser på ca. 1 kHz eller lavere. De sier også at det stort sett er uvisst hvordan lydnivåer fra flytende havvind vil være annerledes fra lyd fra bunnfast havvind. «*Noise levels associated with construction of FOWT are likely to be markedly less than with construction of pile-driven, fixed-foundation turbines, but are expected to be similar during operation and maintenance, although no information is available on the latter*» Maxwell et al. (2022).

Wageningen Marine Research et al. (2021) dekker en litteraturstudie på virkninger av havvind på havbruk og fiskeri innenfor; økologi, management, lovgivning, sosioøkonomi, interessenter og styresett. Innenfor økologi finner de at utbyggingsfasen for bunnfaste havvindturbiner har stor innvirkning på økosystemet som følge av forflytning av sedimenter og støy fra peling. I driftsfasen vil vindturbinene bidra til endring av karakteristikken i habitatet og dermed kunne påvirke økosystemet både positivt og negativt. De poengterer at det her kan være endringer som ikke ennå er tilstrekkelig studert og som ikke dekkes i miljøkonsekvensvurderinger. Når det gjelder avviklingsfasen for havvindsprosjekter sier de at kunnskap om dette må innhentes.

Farr et al. (2021) estimerer mulige miljøpåvirkninger fra flytende havvind ved å gjennomgå litteratur fra andre felt som kan gi relevant kunnskap. Dette er f.eks. bunnfast havvind, landbasert vindkraft, og offshore olje og gass. Motivasjonen for denne metodikken er det manglende kunnskapsgrunnlaget for effekter fra flytende havvind. Påvirkningskategoriene de undersøkte var; endringer i dynamikk i sjø eller luft, elektromagnetiske felt, endringer i habitat for fisk og virvelløse dyr, støy i sjø, fysiske hindringer og endringer i vannkvalitet. Konklusjonen er at endringer i dynamikk og introduksjon av fysiske hindringer potensielt kan ha moderat miljømessig effekt, mens de andre påvirkningskategoriene potensielt har minimal miljømessig effekt.

Rezaei et al. (2023) har gjennomgått litteraturen for å undersøke hvilke effekter som er observert og

dokumentert gjennom overvåkningsprogrammer i ferdigbygde havvindparker. De ser på kunstig rev-effekt, EMF, støy, påvirkning på sjøfugl, forurensning fra korrosjon, og vertikal blanding av vannlag. Konklusjonen er «*The monitoring studies showed little or only local impacts of offshore wind farms on the marine environment, either during their construction or the operational phases*» (Rezaei et al. (2023)). Imidlertid så påpeker de at det er usikkerhet og kreves mer forskning.

Et annet eksempel på litteratur som ser på virkninger fra bunnfast havvind på miljøet er Bergström et al. (2014). De gjennomgikk empiriske resultater i litteraturen og vurderte ulike effekter på en skala fra 1 (lav) til 3 (høy). De vurderte både utbyggingsfasen og driftsfasen. I utbyggingsfasen dekket de støy fra peling, annen støy og spredning av sediment. I driftsfasen vurderte de støy, EMF, ekskludering av fiskeri og forbedring av habitat. De to siste er regnet som positive effekter i studien, mens de første fem er regnet som negative. Bergström et al. (2014) gir hver påvirkning en score på 1-3 for hver av tre parametere; romlig omfang, varighet i tid og sensitivitet – slik at hver påvirkning får en totalskår mellom 3 og 9. I tillegg gjøres en vurdering av usikkerheten i vurderingen basert på litteraturen. Konklusjonen er at det er med stor sikkerhet at de vurderer at: peling har middels til høy påvirkning på fisk og annen støy ved utbygging har liten påvirkning på fisk. Det er moderat sikkerhet for at: fisk blir lavt til moderat påvirket av støy under drift, og at det er moderat til høy positiv påvirkning på fisk sitt habitat. Vurderingen er også at EMF har liten påvirkning på fisk, men her er det stor usikkerhet. Generelt vurderer Bergström et al. (2014) støy til å ha påvirkning med en rekkevidde på ca. 1000 meter og EMF å ha en rekkevidde på under 100 meter.

Det er gjentakende at litteraturen påpeker den betydelige usikkerheten rundt påvirkninger fra havvind på fisk. Dette understøttes også blant annet av Paula et al. (2022) og Gill et al. (2020) som sier: «*Changes in the sensory environment related to sound, as well as electromagnetic fields and physical alterations of current and wind wakes, may have as yet unknown impacts on fisheries resources. Understanding the interactions among effect type, OWF development phase, and spatiotemporal population dynamics of commercial and recreational species remains challenging, (...)*».

Det er også beskrivende at Svendsen et al. (2022) i en litteraturgjennomgang for å sammenstille mulige påvirkninger fra havvind på fisk og fiskeri, fant at mesteparten av litteraturen ikke var empirisk. De undersøkte fire påvirkningskategorier;

EMF, støy, partikkelbevegelse og vibrasjon, og så kun på driftsfasen – siden den varer lengst. Av den litteraturen som var empirisk så handlet de fleste om EMF og støy. Svendsen et al. (2022) etterspør mer feltarbeid for å innhente relevant data.

Danovaro et al. (2024) mener denne usikkerheten og den begrensede forståelsen av påvirkninger, spesielt for flytende havvindparker, kan føre til en mer forsiktig tilnærming, og begrense utviklingen.

Litteraturen som er presentert gir mer detaljert informasjon om påvirkninger, men ettersom dette ikke er direkte sammenlignbart eller på samme form, vil det være svært omfattende å gjengi presist her. Informasjonen gjelder f.eks. en rekke ulike arter og prosjektspesifikke resultater. Vi velger derfor heller å vise til den refererte litteraturen for detaljer.

### 3.2.2 Positive miljøeffekter i havvindparker

En stor andel av litteraturen vi fant trekker frem positive miljøeffekter i og rundt havvindparker, eller sier at det ikke er noen effekter (Wang et al. (2019), Hammar et al. (2016), Leonhard et al. (2011), Lindeboom et al. (2011), Hofstede et al. (2022), Reubens et al. (2014)). Dette inkluderer at det er observert lik eller større biologisk mangfold og lik eller større mengde dyr (biomasse) i havvindparker enn for referanseområder. Som et eksempel på det som går igjen sier Bergström et al. (2013): «*The studies revealed no large-scale effects on fish diversity and abundance after establishment of the wind farm when compared to the development in 2 reference areas.*».

Et tilsvarende sitat fra Stenberg et al. (2015) er: «*Overall fish abundance increased slightly in the area where the OWF was established but declined in the control area 6 km away. None of the key fish species or functional fish groups showed signs of negative long-term effects due to the OWF.*».

Van Hal et al. (2017) gjorde en studie i mindre skala med lik konklusjon: «*The monopile structure did not clearly affect the schooling behaviour of the fish in the vicinity.*».

En meta-analyse på hvordan havvindparker påvirker fiskepopulasjoner i området ble gjennomført av Methratta & Dardick (2019). De fant at: «*The overall effect size was positive and significantly different from zero, indicating greater abundance of fish inside of wind farms.*».

Det skal sies at denne effekten kan mistenkes å stamme fra fraværet av fiske heller enn direkte positive effekter fra havvindparken.

### 3.2.3 Synergier og forhold for flerbruk

En generell observasjon er også at mye av litteraturen som kom frem i søket har lite eller ingen fokus på mulige negative påvirkninger fra havvind på miljøet rundt eller havbruk. For det som handler om kunstige rev, aktiv oppbygning av miljø rundt vindturbiner og løsninger/konsepter for flerbruksløsninger, så er det heller synergier som trekkes frem. Den absolutte driveren her er ønsket om å utnytte arealer best mulig. I denne gruppen finnes Chu (2021), Buck et al. (2008), Villalba et al. (2022), Weiss et al. (2020), Michler-Cieluch et al. (2009), Mikkola et al. (2018), Hooper et al. (2014), Degraer et al. (2020), Glarou et al. (2020), Wever et al. (2015) og Pardo et al. (2023). Et viktig poeng er at når det i litteraturen er snakk om flerbruk med havvind og havbruk så er det ofte lav-trofiske arter som skjell og tare som omtales.

Litteratur som dekker LCA har fokus på klimagassutslipp og er derfor ikke relevante, selv om tittelen kan virke relevant. Eksempler er Yuan et al. (2023), Poujol et al. (2020), Brussa et al. (2023) og Yildiz et al. (2021).

Litteratur som dekker beslutningstaking for å finne og velge områder både for havvind og flerbruk/ samlokalisering mellom havvind og havbruk benytter enten kriterier for eksterne forhold, inkludert miljøforhold, eller avstander til sentrale hensyn (Abramic et al. (2024), Di Tullio et al. (2018), O'Shea et al. (2024), Weiss et al. (2018), Gimpel et al. (2015)). Eksempler på dette er å søke områder som har en god kombinasjon/ kompromiss mellom forhold for havvind og forhold for havbruk til havs, f.eks. gode nok vindforhold og samtidig gode nok temperaturforhold i sjø. Et annet eksempel er å regne avstand til migrasjonsruter for dyr og beskyttede områder inn som en faktor som vektet i valg av plassering. I Díaz et al. (2022) og Díaz et al. (2021) er slike avstander vektet og vurdert kvalitativt. Det oppgis at det er stor konsensus blant eksperter for relativt høy vektning av disse avstandene.

Som motsats tar van den Burg et al. (2020) opp risikoutfordringer ved tareoppdrett i en havvindpark. Steins et al. (2021) trekker også frem utfordringer ved sameksistens/ flerbruk utover det å finne optimal plassering: «*In practice, regulatory, technical and socio-economic factors often hinder multi-use.*».

Vi har i denne fagutredningen valgt å ikke gå dypere inn på mulige synergier mellom havvind og havbruk til havs på bakgrunn av to forhold:

- Begge næringene er umodne og har lite fokus på synergier med andre aktiviteter

- De synergiene som er mest aktuelle mellom havvind og havbruk til havs vil ikke ha noen innvirkning på formålet med denne fagutredningen – det å sette relativ verdi på havarealer

Disse to vurderingene støttes av intervjuer og arbeidsmøter i fagutredningen, og vår vurdering av litteraturen.

I det videre går vi nærmere inn på de påvirkningskategoriene som vi mener er mest aktuelle å vurdere for effekter fra flytende havvind på havbruk til havs. Dette er basert på hva som er funnet i litteraturen og kommet frem gjennom intervjuer og arbeidsmøter. Påvirkningskategoriene er:

- Støy
- Elektromagnetiske felt
- Forurensning / utslipp
- Skaderisiko
- Endrede miljøforhold

### 3.2.4 Støy

Støy fra havvindprosjekter er dekket i Havforskningsinstituttets rådgivning for menneskeskapt støy i havet – Grunnlag, vurderinger og råd for 2024 (Forland, Sivle, & al, 2024). Her deles havvindprosjekter i to faser mht. støy; konstruksjonsstøy og produksjonsstøy. Disse dekker hhv. planlegging og utbygging, og drift av havvindanlegg.

Konstruksjonsstøy dekker en rekke støykilder som peling, boring, gravearbeid og båttrafikk (Thomsen et al, (2006). Peling for installasjon av bunnfast havvind er den mest støyende aktiviteten, og studier viser at fisk, nise og sel reagerer på lyden og/eller unngår områder innenfor større avstander (Tougaard, Henriksen, & Miller, 2009; Niu, et al., 2023; Benhemma-Le Gall, Graham, Merchant, & Thompson, 2021). Niu et al. (2023) fant at fisk reagerte på vibrasjonspeling på opptil 1,8 kilometer avstand og peling på opptil 4,8 kilometer avstand. Peling er derimot ikke brukt i utbygging av flytende havvind. Støy fra installasjon av flytende havvind avhenger i stor grad av forankringsmetode, f.eks. om det brukes boring og/eller GBF (Gravity Based Foundations). GBF er vist å ha mindre negativ effekt på niser enn peling (Potlock, Temple, & Berggren, 2023). Samme studie viser også at niser unngår skipstrafikk med opptil rundt 4 kilometer. Forland et al. (2024) påpeker i sin rapport at dette kanskje er den viktigste støykilden å hensynta under utbygging ettersom den «som regel er konstant gjennom hele produksjonsfasen».

Selv om utbyggingen er avgrenset i tid så kan denne vare i flere måneder.

Produksjonsstøy har et mye lavere lydnivå enn konstruksjonsstøy, og lydnivået avhenger av vindstyrken (Pangerc, Theobald, Wang, Robinson, & Lepper, 2016). En studie fra Tougaard et al. (2020) viser at produksjonsstøy også er lavere enn støy fra skip. Det påpekes imidlertid at varigheten på lyden må tas med i betraktning ettersom produksjonsstøy er kontinuerlig. «The distance over which noise from fixed-foundation wind farms extends is only a few kilometers in low ambient noise conditions» (Tougaard, Hermannsen, & Madsen, 2020)

Støy fra vindturbinbladene som sprer seg i luften har liten effekt på støynivå i sjøen (Tougaard, Henriksen, & Miller, 2009) (Betker, 2014). Dette vil dermed ikke påvirke laksen, men kan være kilde til støy for personell som jobber på oppdrettsanlegget. Lyden som spres under vann kommer i hovedsak fra girkasse og generator via vibrasjoner i konstruksjonen, og fra forankringen.

Wahlberg & Westerberg (2005) studerte hvordan fisk reagerer på lyder fra havvindparker og fant at betydelige negative påvirkninger krever svært kort avstand fra vindturbinøylen: «Windmill noise does not have any destructive effects upon the hearing abilities of fish, even within distances of a few metres. It is estimated that fish are consistently scared away from windmills only at ranges shorter than about 4 meters, and only at high wind speeds (higher than 13 m s<sup>-1</sup>). Thus, the acoustic impact of windmills on fish is restricted to masking communication and orientation signals rather than causing physiological damage or consistent avoidance reactions. These conclusions must be viewed with great caution, however, as the existing data are prone to large uncertainties. Further studies on more detailed measurements of the sound-field and of fish behaviour around windmills are needed» (Wahlberg & Westerberg, 2005)

Mooney et al. (2020) sier følgende om virkningen av støy fra havvind på fisk: «it is difficult to evaluate impacts with any certainty, underscoring the need for further studies to adequately address impacts of offshore wind farms on vulnerable and ecologically and economically important taxa».

Svendsen et al. (2022) om støy: «Although behavioural and physiological changes have been reported in fish exposed to UWN levels associated with operational OWF, the changes appear to be limited».

Risch et al. (2023) gir mer informasjon om støy fra flytende havvind, spar og semi-sub. Her dekkes også støy fra forankringen til flytende havvind. Vi velger å presentere to sitater fra denne rapporten:

- «Like operational noise of fixed offshore wind turbines, noise emissions from FOW turbines were concentrated in the frequencies below 200 Hz and showed distinct tonal features, likely related to rotational speed, between 50 and 80 Hz at Kincardine and 25 and 75 Hz at Hywind Scotland. Median one-third octave band levels below 200 Hz were between 95 and 100 dB re 1  $\mu$ Pa at about 600 meters from the closest turbine for both wind farms. These measured received levels are similar to those measured for operational noise from fixed offshore wind turbines at comparable distances. Emitted noise levels showed strong positive correlations with wind speed and slightly weaker positive correlations with wave height. The biggest difference between fixed and floating offshore wind turbines in relation to underwater noise generation is mooring-related noise. During higher wind speeds the number of impulsive sounds or transients from mooring-related structures increased at both Kincardine and Hywind Scotland. Transients were observed more frequently at Kincardine compared to Hywind Scotland, at similar wind speeds, which was also illustrated by higher mean kurtosis values at the former location» (Risch et al. (2023)).
- «Assuming 15 m/s wind speed, predicted noise fields for unweighted sound pressure levels were above median ambient noise levels in the North Sea for maximum distances of 3.5 - 4.0 kilometers from the centroid of the Kincardine 5-turbine array, and 3.0 - 3.7 kilometers for the 5-turbine array at Hywind Scotland» (Risch et al. (2023)).
- «While RAS systems are a markedly louder environment for species otherwise held in earthen ponds, the net pen environment clearly represents the most variable and loudest aquaculture holding system, reaching noise levels capable of eliciting a measurable physiological response in many species and revealing a likely source of chronic stress» (Radford & Slater (2019)).
- «The long-term stress response of culture animals and performance cost of inappropriate soundscapes remains undetermined» (Radford & Slater (2019)).
- «A precautionary approach and optimised system engineering is recommended to reduce the sound impact on culture animals to optimise growth performance» (Radford & Slater (2019)).

Ifølge Radford & Slater (2019) er altså oppdrett i åpne merder i sjø meget støyende for laksen. Dette er noe som også stemmer med den generelle oppfatningen i oppdrettsnæringen og ble påpekt i intervjuer og arbeidsmøter i forbindelse med denne fagutredningen. Det er også interessant å merke at kostnaden/negative virkninger fra støy er ukjent selv om det altså vises at støyen skaper et «upassende lydlandskap» og gir langvarig stressrespons hos fisken.

Støy i planleggingsfasen kan inkludere seismiske undersøkelser. PGS har meldt at de skal gjennomføre «ultra-høyoppløselig» karakterisering av et europeisk havvindområde (Euronext Oslo Børs, 2023). Dette vil skje ved bruk av 3D-seismikk og ha en varighet på tre måneder. Seismikkundersøkelser og kunnskapsstatus om effekter på fisk presenteres i Forland et al. (2024). Her beskrives lyden som sammenlignbar med peling, og de påpeker at direkte skader fra seismikk kun vil skje «dersom fisken er få meter fra luftkanonene» (Forland, Sivle, & al, 2024). Med skader så menes her fysiske skader og i ytterste konsekvens død.

### 3.2.5 Elektromagnetiske felt

Atlantisk laks er såkalt magnetosensitiv, men ikke elektrosensitiv. Den bruker sannsynligvis magnetiske felt til orientering under migrasjon Forland et al. (2024). «Den viktigste forstyrrelsen av elektromagnetiske felt er sannsynligvis på fiskens orienteringsevne, med mulighet til å forstyrre vandringer» (Forland et al. (2024)).

Her er det også avhengig av frekvens og styrke om elektromagnetiske felt merkes av laksen. «AC undersea power cables associated with offshore wind energy projects within the southern New England area will generate weak EMF at frequencies outside the known range of detection

Disse sitatene fra Risch et al. (2023) er nyttige ettersom de forteller om frekvensområder for støy, lydstyrke, korrelasjon mellom vindhastighet og støy, og forholdet mellom støy fra havvind og bakgrunnsstøyen i miljøet.

Det ble ikke funnet noe litteratur om konstruksjonsstøy for flytende havvind utover skipstrafikk. Så er det også relevant å se på hvilken støy oppdrettslaks normalt opplever i dag.

Radford & Slater (2019) har undersøkt støynivåer i oppdrett av ulike arter og i ulike oppdrettsanlegg. Dette inkluderer laks i resirkulerende akvakultursystemer (RAS) på land og konvensjonelle merder, som er en relevant sammenligning for havbruk til havs. De finner at:

- «The majority of ambient noise recorded in RAS systems and net pens fell within the 100 to 500 Hz range at or near fish hearing thresholds» (Radford & Slater (2019)).

by electrosensitive and magnetosensitive fishes» (BOEM (2020)).

SEER (2022) sier følgende om elektromagnetiske felt og effekten på dyreliv, inkludert laks:

- “Subsea power cables are sources of electromagnetic fields (EMF), which are made up of induced electric fields and magnetic fields.”
- “EMFs from natural sources also exist in the marine environment. Some marine animals, such as sharks, salmon, and sea turtles, can detect naturally occurring electric and/or magnetic fields and use those signals to support essential life functions, such as navigating and searching for prey.”
- “When in close proximity to subsea cables, some animals have demonstrated behavioral responses in a few studies, such as increased foraging and exploratory movements.”
- “So far, behavioral responses of individuals have not been determined to negatively affect a species population, but further research is needed to refine our understanding of the effects of EMFs on wildlife.”

Ifølge Svendsen et al. (2022) så er påviste negative effekter fra EMF i hovedsak begrenset til laboratorieforsøk for utvikling i tidlig livsfase for fisk.

### 3.2.6 Forurensning / utslipp

Dette delkapittelet fokuserer på forurensning og utslipp fra havvindparken, som gjennom luft eller vann kan overføres til oppdrettsanlegg og ikke medfører skaderisiko. Eksempler er mikroplast, kjemikalier og metaller som føres med vannet. Støy og EMF er også forurensning, men er dekket tidligere. Akutt forurensning og større drivende objekter som kan føre til skade på oppdrettsanlegg eller fartøy tilknyttet oppdrett omtales under eget delkapittel om skaderisiko.

Vindturbiner til havs er offer for korrosjon som svekker den strukturelle styrken til konstruksjonen over tid og kan føre til kollaps. Tiltak for beskyttelse mot korrosjon er derfor nødvendig. Dette kan f.eks. være maling eller offeranoder.

Offeranoder slipper ut store mengder metaller til miljøet og maling smitter ut i vannet over tid (Kirchgeorg, et al., 2018). I følge Kirchgeorg et al. (2018) medfører dette liten miljøeffekt, men de påpeker samtidig at det er nødvendig med mer forskning. Spesifikt for offeranoder, så følger Reese et al. (2020) opp på temaet og konkluderer med at metallene vil synke til bunn i umiddelbar nærhet til vindparken: «Depending on chemical behavior in the solution phase, these elements will be transported via the water body or associated with

suspended particulate matter, which will consequentially result in the deposition of such elements in sediments in close proximity of the OWFs» (Reese, Voigt, Zimmermann, Irrgeher, & Pröfrock, 2020).

Effekten av denne spredningen på miljøet studeres av Bell et al. (2020a). De finner ingen indikasjoner på påvirkninger for de marine organismene de tester for. De sier samtidig at: “However, the accumulation of metals in, e.g., crustaceans might enhance their trophic transfer within the marine food web” (Bell, von der Au, & Regnery, 2020a).

En omfattende undersøkelse av sedimentering av metaller fra offeranoder i havvindparker ble gjennomført av Ebeling et al. (2023). Hele 215 prøver tatt i tyske havvindparker perioden 2016 til 2022 ble analysert. Resultatet viser at konsentrasjonen av metallene de undersøkte for stort sett er innenfor den kjente variasjonen i sedimentet, og at det ikke er noen indikasjoner på akkumulering av metaller fra offeranoder fra havvind.

Smitte og miljøeffekt fra maling er tema i Bell et al. (2020b) og Gaylarde et al. (2021). Bell et al. (2020b) påpeker at det ikke er noen krav knyttet til den miljømessige bærekraften til slik maling. Ved å la syv ulike malinger smitte ut i vann over 64 dager finner Bell et al. (2020b) at: “One coating system caused significant algal toxicity, none was found to cause mutagenic effects. The other coating systems mainly showed estrogenic effects and bacterial toxicity. The effects increased with increasing leaching time.”

Problemstillingen er lite studert, ifølge Gaylarde et al. (2021), som også sier at antibegroings-maling er en viktig kilde til giftige materialer i sjøen, og at kobber og sink er de viktigste giftige utslippene.

Effekt av kobber, andre metaller og andre partikler på fiskehelse er et sentralt tema også for havbruksnæringen. Her er det også relevant å nevne at oppdrett i seg selv kan være en betydelig kilde til dette, både fra oppdrettsanlegg og fartøy/aktiviteter tilknyttet dette.

### 3.2.7 Skaderisiko

Safetec har på oppdrag fra Fiskeridirektoratet levert rapporten «Utredning knyttet til sikkerhetsaspekter mellom havvind, fiskeri og havbruk til havs» (Welte T., et al., 2023). Med denne som utgangspunkt har Safetec gjort en spesifikk vurdering for forholdet mellom havvind og havbruk til havs som del av denne fagutredningen. Her er det da vurdert følgende definerte fare- og ulykkeshendelser (DFUer):

- Akutt forurensning

- Brann og eksplosjon
- Fallende gjenstander
- Tap av stabilitet/konstruksjonssvikt
- Tap av posisjon
- Kollisjon
- Helikopterulykke
- Sikringstrusler

Det tallfestes ikke risiko for de ulike DFUene, men gjøres heller en vurdering av hvilke tiltak som vil føre til en akseptabel risiko. Separasjon ved bruk av sikkerhetsavstand vurderes som hensiktsmessig risikoreduserende tiltak. Det gjøres et skille mellom DFUer som kan få akseptabel risiko med relativt kort sikkerhetsavstand og DFUer som vil kreve svært stor sikkerhetsavstand.

Anbefalt avstand mellom installasjoner for havvind og havbruk til havs er 2000 meter. Som vist i Figur 3-1 så inkluderer dette en 500 meter-soner rundt både havvind og havbruk for egen støtteaktivitet. Dermed er det en 1000 meter bred sone imellom hvor det ikke skal være typisk fartøysaktivitet. Denne skal kun brukes for transport til og fra anleggene.

En sikkerhetsavstand på 2000 meter vurderes å gi:

- Akseptabel risiko for akutt forurensning

- Tilnærmet ingen risiko for følger av brann og eksplosjon
- Tilnærmet ingen risiko for følger fra fallende gjenstander
- Akseptabel risiko for følger av tap av stabilitet/konstruksjonssvikt
- Akseptabel risiko for følger av tap av posisjon
- Tilnærmet ingen risiko for følger av helikopterulykker
- Akseptabel risiko for sikringstrusler

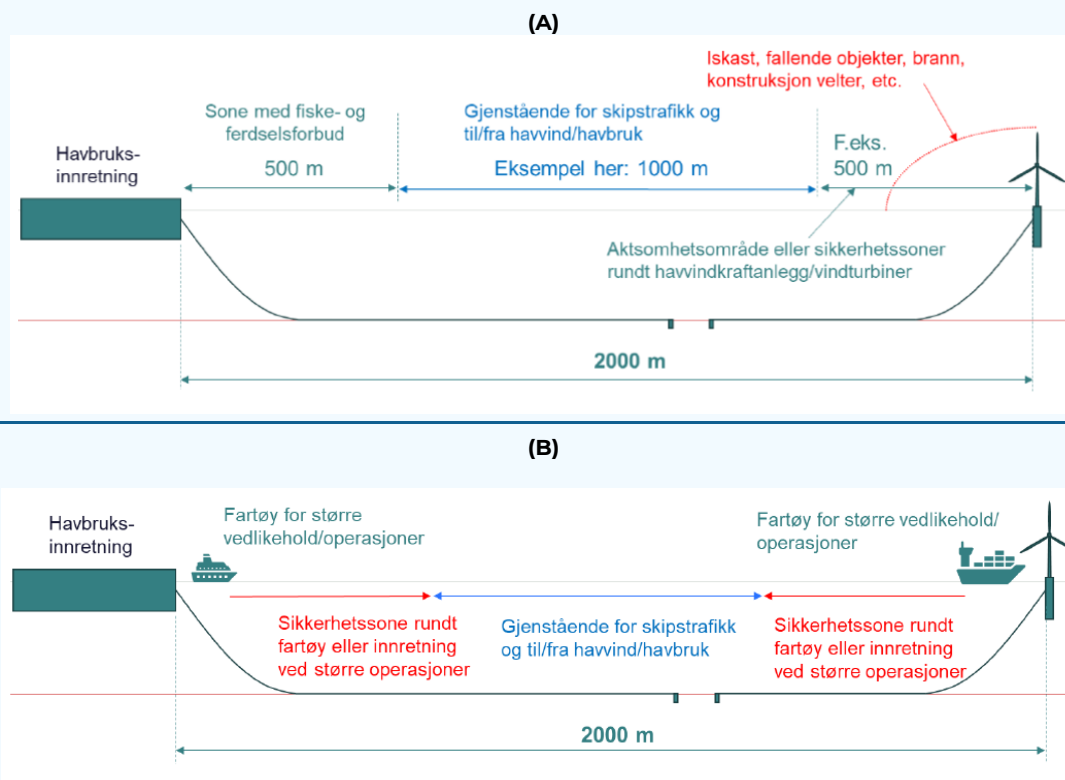
Samtidig vurderes en sikkerhetsavstand på 2000 meter ikke å kunne forhindre:

- Kollisjonsrisiko: «Selv en større avstand mellom havvind og havbruk vil ikke kunne forhindre at kollisjon vil kunne treffe innretningen i nærheten» (Welte T. , et al., 2023)
- Miljøeffekter: «Disse vil ha en stor spredningsevne og anbefalt minsteavstand vil ikke forhindre at miljøutslipp og -gifter spres til innretninger i nærheten» (Welte T. , et al., 2023)

### 3.2.8 Endrede miljøforhold

Endrede miljøforhold handler om to ulike effekter; endring av vind og strømforhold, og påfølgende virkning på vertikal blanding av vannlag, og havvindparker som springbrett for uønskede arter.

Figur 3-1: Anbefalte sikkerhetsavstander mellom havvind og havbruk til havs.



Kilde: Figur A: Figur 7-1 Illustrasjon av foreslått minste sikkerhetsavstand. Hentet fra *Utredning knyttet til sikkerhetsaspekter mellom havvind, fiskeri og havbruk til havs* (s. 96), av Welte, et al (Safetec) (2023). Figur B: Figur 7-2 Situasjon ved større operasjoner på havbruks- og havvindinnretningen Hentet fra *Utredning knyttet til sikkerhetsaspekter mellom havvind, fiskeri og havbruk til havs* (s. 97), av Welte, et al (Safetec) (2023).



Vinden er en viktig drivkraft for miksing av vannmassene, og den har særlig effekt på de øverste lagene hvor primærproduksjonene (fotosyntesen og algeproduksjon) skjer. Vind sammen med jordrotasjon, vanntemperatur, saltholdighet og månen påvirker også havstrømmene.

Ifølge en studie av Christiansen et al (2022) vil fjerning av vind i en vindskygge bak en havvindpark føre til redusert blanding av vannmassene dvs. en økning i lagdeling av vannmassene som igjen fører til lavere alge produksjon /primærproduksjon. I motsetning konkluderer Floeter et al (2022) med at fjerning av vind i et område fører til opp-/nedgående dipol strøm i utkanten av området med skiftende vindretning. Floeter et al (2022) mener at dette vil gi en økt blanding av vannmassene, dvs. høyere algeproduksjon. Disse to arbeidene er et eksempel på den uenigheten eller variasjonen en finner blant de ulike studienes resultater og derfor trenger vi data fra flere havvandanlegg for å kunne forutsi hvordan et lokalt økosystem vil bli påvirket.

Det er imidlertid mye som tyder på at storskala utbygging av havvandanlegg vil kunne påvirke det marine økosystemet ved at det påvirker primærproduksjonen og oksygenforholdene i vannmassene (Daewel, Akhtar, & Christiansen, 2022)

Andre som ser på disse effektene er Raghukumar et al. (2023), som finner at endring i vindhastighet medfører betydelige, men små effekter på blanding av vannlag: «*These changes, when expressed in terms of widely used metrics for upwelling volume transport and nutrient delivery, show that while the net upwelling in a wide coastal band changes relatively little, the spatial structure of upwelling within this coastal region can be shifted outside the bounds of natural variability*» Raghukumar et al. (2023).

Plassering av fysiske objekter i vannsøylen kan også påvirke vertikal blanding av vannlag. Dorrell et al. (2022) finner at slik infrastruktur vil ha en påvirkning, men at betydningen av dette ikke er kjent: “*Therefore, offshore wind growth may destabilize and fundamentally change shelf sea systems. However, enhanced mixing may also positively impact some marine ecosystems*” (Dorrell et al. (2022)).

Springbrett-effekten fra havvindparker er studert i De Mesel et al. (2015), Adams et al. (2013) og Coolen et al. (2020). De kommer frem til at det er klart at havvindparker vil kunne fungere som habitat for arter og dermed føre til unaturlig stor spredning – dvs. fungere som springbrett:

- “NIS (Non-indigenous species) were found to use the foundations to expand their range and strengthen their strategic position in the area” De Mesel et al. (2015).
- “New habitat close to biogeographical barriers has implications for existing species’ distributions and genetic population structure. It also affects the spread of non-native species and ‘climate migrants’. Monitoring these sites for the presence of such species will be important in determining the future ecology of coastal habitat and in maintaining economic aquaculture and marina operations. Future model studies should focus on particular species of importance, taking account of their biology and current distribution” Adams et al. (2013).
- “The marine stepping-stone effect is obviously important for the distribution of *M. edulis* in the North Sea and it may influence ecologically comparable species in a similar way. In the absence of artificial shallow hard substrates, *M. edulis* would be unlikely to survive in offshore North Sea waters” Coolen et al. (2020).

Det er altså klart at havvindparker har en effekt som springbrett for ulike marine arter. Det er usikkert i hvilken grad de vil ha en slik effekt for arter som kan utgjøre problemer for oppdrett av laks. Eksempler på dette kunne vært å bidra til algeoppblomstring, sykdomsspredning eller oppblomstring av maneter som kan medføre redusert fiskehelse og -velferd på oppdrettsanlegget.

### 3.3 Hvordan påvirker havvind havbruk til havs?

Her oppsummerer vi raskt vår vurdering av hver påvirkningskategori for hver prosjektfase for en havvindpark, når det gjelder virkninger av flytende havvind på havbruk til havs.

For hver påvirkningskategori i hver fase så presenterer vi vår vurdering av hvor godt vi mener kunnskapsgrunnlaget er, og hvordan vi tolker kunnskapen om påvirkninger som er relevante for denne fagutredningen.

Premisset er nærlokalisering, ikke samlokalisering, dvs. å finne ut hvordan avstand mellom havvind og havbruk til havs spiller inn på påvirkningen fra havvind på havbruk til havs – dvs. påvirkning som en funksjon av avstand.

Påvirkning vurderes her etter innvirkning på hvor attraktivt et område er for en oppdretter. I dette ligger hensynet til om det på noen måte vil kunne negativt påvirke produksjonen/lønnsomheten eller kostnadsbildet/investeringsbehovet for oppdrett.

Påvirkningskategoriene vurderes for følgende prosjektfaser for havvind:

- Planlegging
- Utbygging
- Drift
- Avvikling

En samlet vurdering av påvirkningsfaktorer på tvers av prosjektfasene for havvind kan leses i Tabell 3-1. Her vises et forsøk på konkretisering og tallfesting av rekkevidde for påvirkningskategoriene, samt deres vesentlighet og usikkerheten i vurderingen.

### 3.3.1 Planlegging

**Støy** vurderes å være relevant med hensyn til seismikkundersøkelser og evt. annen fartøysaktivitet i området. Som tidligere beskrevet kan lyden være merkbar for fisk i avstander i størrelsesorden 4-5 kilometer, men på bakgrunn av støybildet som finnes i oppdrettsanlegg er det vanskelig å vise til noen betydelig påvirkning fra støy over større avstander i forbindelse med planleggingsfasen for havvind.

**Elektromagnetiske felt** vurderes ikke som en relevant påvirkning for denne fasen. Dette betyr at det ikke innvirker på hva som er akseptabel minsteavstand.

**Forurensning/utslipp** vurderes ikke som en relevant påvirkning for denne fasen. Dette betyr at det ikke innvirker på hva som er akseptabel minsteavstand.

**Skaderisiko** vurderes å være relevant med hensyn til risiko for fartøyskollisjon og tap av posisjon for fartøy. Som beskrevet tidligere vil selv større sikkerhetsavstander enn 2000 meter ikke kunne forhindre kollisjon fra fartøy, men 2000 meter regnes som tilstrekkelig avstand for å håndtere tap av posisjon.

**Endrede miljøforhold** vurderes ikke som en relevant påvirkning for denne fasen. Dette betyr at

det ikke innvirker på hva som er akseptabel minsteavstand.

### 3.3.2 Utbygging

**Støy** vurderes å være relevant med hensyn til fartøysaktivitet i området, forankringsarbeid og andre aktiviteter i forbindelse med installasjon. Som tidligere beskrevet kan lyd fra fartøysaktivitet og peling være merkbar for fisk i avstander i størrelsesorden 4-5 kilometer. Peling kan være relevant om det benyttes pelingsankere. På bakgrunn av støybildet som finnes i oppdrettsanlegg er det vanskelig å vise til noen påvirkning fra støyen fra aktivitet i forbindelse med havvind.

**Elektromagnetiske felt** vurderes ikke som en relevant påvirkning for denne fasen. Dette betyr at det ikke innvirker på hva som er akseptabel minsteavstand.

**Forurensning/utslipp** vurderes ikke som en relevant påvirkning for denne fasen. Dette betyr at det ikke innvirker på hva som er akseptabel minsteavstand.

**Skaderisiko** vurderes å være svært relevant i denne fasen, med hensyn til risiko for fartøyskollisjon og tap av posisjon for fartøy eller utstyr. Det vil være stor fartøysaktivitet og risikofylte operasjoner f.eks. knyttet til slep og installasjon av havvindturbiner. Som beskrevet tidligere vil selv større sikkerhetsavstander enn 2000 meter ikke kunne forhindre kollisjon fra fartøy, mens 2000 meter regnes som tilstrekkelig avstand for å håndtere tap av posisjon.

**Endrede miljøforhold** vurderes ikke som en relevant påvirkning for denne fasen. Dette betyr at det ikke innvirker på hva som er akseptabel minsteavstand.

### 3.3.3 Drift

**Støy** vurderes å være relevant med hensyn til fartøysaktivitet i området. Annen driftsstøy vurderes som ikke relevant. Som tidligere beskrevet kan lyd

Tabell 3-1: Oppsummering av påvirkningsfaktorer

Faktor	Rekkevidde	Vesentlighet	Usikkerhet
Støy	< 5 km	Liten	Liten
Elektromagnetiske felt	< 500 m	Liten	Liten
Forurensning/utslipp	> 5 km	Liten	Middels
Skaderisiko	2 km	Stor	Liten
Endrede miljøforhold	> 5 km	Liten	Stor

fra fartøysaktivitet være merkbar for fisk i avstander i størrelsesorden 4 kilometer. På bakgrunn av støybildet som finnes i oppdrettsanlegg er det vanskelig å vise til noen påvirkning fra støyen fra aktivitet i forbindelse med havvind.

Når fritt svømmende fisk av mange forskjellige arter virker å trives i bunnfaste havvindparker, så mener vi at det er rimelig å anta at det ikke vil være betydelig negativ påvirkning på laks i havbruksanlegg i samme miljø.

**Elektromagnetiske felt** vurderes som en minimal påvirkning. Det er først i denne fasen at EMF er aktuelt, men det er ikke sannsynlig at det har en betydelig påvirkning på HTH. Litteraturen gir ingen indikasjon på at EMF vil være problematisk for HTH. Potensiell innvirkning på fiskens orienteringsevne ved svært korte avstander (<100 meter) vil trolig ikke medføre påvirkning på HTH.

**Forurensning/utslipp** vurderes som en minimal påvirkning. Det er først i denne fasen at forurensning fra metaller eller maling er aktuelt, men det er ikke sannsynlig at det har en betydelig påvirkning på HTH. Om anlegg for HTH er oppstrøms eller nedstrøms for havvinnanlegg vil ha en innvirkning på omfanget. Litteraturen gir ingen indikasjon på at denne typen forurensning vil være problematisk for HTH. Det virker å være uproblematisk selv i umiddelbar nærhet til havvindturbinene. Ettersom det også kan knyttes utslipp til oppdrett av laks, f.eks. både fra impregnering av nøter og bunnstoff på fartøy, så må eventuell påvirkning fra utslipp fra en havvindpark måtte blitt sett i sammenheng med dette.

**Skaderisiko** vurderes å være relevant her, og det vises til vurderingen som ble gjort i kapittel 2.2.7. Det vurderes at en sikkerhetsavstand på 2000 meter vil gi akseptabel risiko.

**Endrede miljøforhold** vurderes å være relevant i denne fasen. Litteraturen indikerer at havvindparker kan føre til vertikal blanding av vannlag. Dette vurderes ikke å være en betydelig påvirkning på HTH. Litteraturen indikerer også at havvindparker kan fungere som springbrett for spredning av arter, og det kan derfor ikke utelukkes at dette kan gjelde for arter som er uønsket å få spredt til havbruksanlegg. Disse effektene er lite studert og vil variere mellom ulike arter. Det antas at større avstand mellom havvindpark og havbruksanlegg vil redusere risikoen for overføring av uønskede arter, uten at dette tallfestes her.

### 3.3.4 Avvikling

**Støy** vurderes å være relevant med hensyn til fartøysaktivitet i området og evt. andre aktiviteter knyttet til demontering. Som tidligere beskrevet kan lyd fra fartøysaktivitet være merkbar for fisk i avstander i størrelsesorden 4 km. På bakgrunn av støybildet som finnes i oppdrettsanlegg er det vanskelig å vise til noen påvirkning fra støyen fra aktivitet i forbindelse med havvind.

**Elektromagnetiske felt** vurderes ikke som en relevant påvirkning for denne fasen. Dette betyr at det ikke innvirker på hva som er akseptabel minsteavstand.

**Forurensning/utslipp** vurderes ikke som en relevant påvirkning for denne fasen. Dette betyr at det ikke innvirker på hva som er akseptabel minsteavstand.

**Skaderisiko** vurderes å være svært relevant i denne fasen, med hensyn til risiko for fartøyskollisjon og tap av posisjon for fartøy eller utstyr. Det vil være stor fartøysaktivitet og risikofylte operasjoner f.eks. knyttet til slep og demontering av havvindturbiner. Som beskrevet tidligere vil selv større sikkerhetsavstander enn 2000 meter ikke kunne forhindre kollisjon fra fartøy, mens 2000 meter regnes som tilstrekkelig avstand for å håndtere tap av posisjon.

**Endrede miljøforhold** vurderes ikke som en relevant påvirkning for denne fasen. Dette betyr at det ikke innvirker på hva som er akseptabel minsteavstand.

## 3.4 Usikkerhet og kunnskapsmangler knyttet til påvirkning

Det er som beskrevet betydelig usikkerhet i mye av litteraturen på påvirkninger fra havvind på det marine miljøet, og det er spesielt stor usikkerhet på hvordan dette kan påvirke havbruk til havs – ettersom dette spesifikke temaet er lite studert. Underveis i dette kapittelet har vi pekt på usikkerheter knyttet til hvorvidt de konkrete forskningsresultatene er overførbare til vår tematikk.

For å ta høyde for at kunnskapsgrunnlaget er begrenset, og risikoen for kunnskapshull om viktige påvirkninger mellom havvind og havbruk, har vi i denne fagutredningen valgt det vi mener er en forsiktig tilnærming. Det innebærer at de potensielle konsekvensene og begrensningene vi har identifisert kan være overvurdert. Med mer kunnskap og empiriske data i fremtiden kan det

være at enkelte påvirkninger som påpekes her viser seg å være mindre enn det vi legger til grunn, men det kan også være at det dukker opp nye tema og områder der det er større påvirkning enn antatt.

## 3.5 Mulig avbøtende tiltak

Mandatet spesifiserer at utredningen skal beskrive aktuelle avbøtende tiltak for vesentlige virkninger for miljø og samfunn, både i bygge-, drifts- og avviklingsfasen. I det videre gjør vi en vurdering av hvilke avbøtende tiltak som kan være aktuelle. Vi ser på økonomiske avbøtende tiltak, tekniske avbøtende tiltak, og arealmessige eller geografiske avbøtende tiltak.

### 3.5.1 Geografiske og arealmessige avbøtende tiltak

Generelt vil tiltak som fremmer effektiv bruk av areal gjøre at potensiell konkurranse om areal blir mindre. At havvind realiseres effektivt og konsentrert på noen områder er et tiltak som vil redusere sannsynlighet for konflikt med HTH-næringen, men også andre arealkrevende næringer til havs. Effektiv bruk av areal vil redusere behovet for andre avbøtende tiltak.

Manglende kunnskap om risikoer gjør at man setter lengre sikkerhetsavstander enn strengt nødvendig. Dette gjør at arealutnyttelsen blir mindre effektiv. Gode kunnskapsgrunnlag, basert på forskning og utredning, vil derfor bidra til effektiv arealbruk. En skrittvis utbygging av både havbruk og havvind vil antagelig bidra til å bygge nødvendig kunnskapsgrunnlag som videreutvikling av reguleringer kan baseres på.

I de utredningsområdene for havvind som også er attraktive for havbruk til havs er det også mulig å gjøre områdespesifikke avbøtende tiltak. Dette kan for eksempel være å spare deler av arealet til havbruksaktivitet i fremtiden. For å gjøre slike vurderinger bør man ha en mer detaljert forståelse av potensialet for havbruk i de ulike utredningsområdene, og ha mer informasjon om naturgitte forhold samt biologiske risikofaktorer som kan påvirke lokaliseringen av havbruk til havs.

Vi drøfter geografiske og arealmessige avbøtende tiltak under omtalen av hvert utredningsområde. For å illustrere hvordan konsekvensene endrer seg når vi forutsetter at det gjennomføres slike tiltak har vi gjentatt scenarioanalysen, men med sikkerhetsavstander mellom havbruksklyngene og et referanseprosjekt for havvind.

### 3.5.2 Økonomiske avbøtende tiltak

Vår vurdering er at det ikke er nødvendig eller relevant å gjøre grundige vurderinger av

økonomiske avbøtende tiltak for aktører som driver havbruk til havs.

For det første har ikke staten solgt konsesjoner for havbruksvirksomhet til havs som eventuelt måtte blitt tilbakekalt. For det andre vil det være nok frihetsgrader til at man gjennom andre avbøtende tiltak kan gi rom for både havbruk og havvind, for de aktørene som allerede har investert i å utvikle havbruksvirksomhet til havs i fremtiden.

Per i dag har Fiskeridirektoratet gitt tillatelse til etablering av lokalitet i Frøyabanken nord for Smart Fish Farm. Dette området overlapper med utredningsområde Nordvest C som er aktuelt for havvind. SalMar Aker Ocean har foreløpig satt planene om videre realisering av prosjektet på pause, men havarealet der tillatelsen er gitt er uansett beslaglagt til formålet om havbruk til havs (Fiskeridirektoratet, 2023c) (ilaks.no, 2024).

### 3.5.3 Tekniske avbøtende tiltak

Tekniske avbøtende tiltak er tiltak som kan redusere påvirkningen fra havvind i en utbyggings-, drifts- eller avviklingsfase.

Vår vurdering er at det imellom 0 og 2 kilometer fra et havvinnanlegg ikke finnes noen mulig teknisk avbøtende tiltak. Begrunnelsen for dette er at behovet for å opprettholde sikkerhetsavstander mellom havvind og havbruk er det avgjørende for påvirkningen. Det finnes antagelig tekniske avbøtende tiltak som kan redusere påvirkningen fra havvind i sonen mellom 2 – 5 kilometer fra havvinnanleggene. Dette kan være tiltak som kan dempe støy i en anleggsfase eller redusere mulige kilder til forusensing. Vi tror likevel ikke at tekniske avbøtende tiltak vil være avgjørende for valg av plassering av havbruksanlegg, siden det ved plasseringen av et slikt anlegg antagelig vil være nok frihetsgrader til at man kan plassere seg utenfor denne sonen. Over 5 kilometer fra et havvinnanlegg mener vi det er så ubetydelig påvirkning til et havbruksanlegg at det ikke er behov for tekniske tiltak.

Uavhengig av plasseringen av anleggene mener vi det kan være verdt å ta ekstra hensyn til at kabler fra havvindparker ikke påvirker forankrings-systemer for havbruksanlegg. Det kan også være behov for tilpasning av seilingsleder gjennom større havvinnanlegg som muligjgjør frakt av fisk i brønnbåter til og fra havbruksanlegg.

## 4. Metode

*Hvor store konsekvenser utbygging av havvind vil ha avhenger av hvilken påvirkning havvind har på havbruk, og hvilke verdier som blir påvirket. Metoden vi benytter operasjonaliserer konsekvensene i et kart. Vi benytter scenarioene vi har utviklet i kapittel 2 for å si noe om hvilken verdi deler av utredningsområdene har for havbruksnæringen. Vi benytter kunnskapen om påvirkning redegjort for i kapittel 3 til å vise hvordan disse verdiene påvirkes av utbygging av havvind i utredningsområdene. Det er store usikkerheter ved analysene våre, og ulike metodiske valg kunne gitt andre resultater.*

### 4.1 Informasjonsgrunnlag

I prosjektet har vi basert oss på eksisterende forskning og litteratur, eksisterende data, samt intervjuer med bransjeaktører og workshops med fagmyndigheter og bransjeaktører innen både havvind og havbruk.

Datamaterialet vi har brukt er i stor grad hentet fra Fiskeridirektoratet. Kartene inneholder svært overordnet data for havvindområder, havbruksområder, samt dybde, bølger, temperatur og strømforhold. Vi har ikke tilgang til smitte-modelleringer eller analyser for utredningsområdene som kan fungere som grunnlag for scenarioanalysene.

Vi har videre utarbeidet kartlag med et rutenett som har oppløsning på en kvadratkilometer. Hver slik statistikkroute har fått data som indikerer deres verdi, påvirkning og konsekvens.

For å beskrive nullalternativet, og verdiene ved en fremtidig utvikling av havbruk til havs har vi benyttet oss av innsikt fra eksisterende litteratur. Det er en voksende litteratur om potensialet ved utvikling av havbruk til havs, herunder teknologiske muligheter, naturgitte forhold, biologisk risiko og andre forhold som påvirker verdien av havbruk.

For å vurdere påvirkningen fra havvind på havbruk til havs har vi basert oss på litteratur om sikkerhet knyttet til havbruksinstallasjoner, samt innspill fra fagekspertise i Safetec. Vi har også basert våre

vurderinger av påvirkning på en bred gjennomgang av tilgjengelig litteratur om havvind, og hvordan dette påvirker fiskehelse, marine økosystemer og potensielt havbruk.

Vi har også gjennomført intervjuer med bransjeaktører for å høre deres perspektiver på havbruk til havs, hva de anser som viktige faktorer for fremtidig etablering, hva som er viktige naturlige forhold for valg av plassering, samt hvilke biologiske utfordringer de ser, og hva man eventuelt kan gjøre med dette. Vi har fått innspill fra følgende selskaper:

- Utror
- Nova Sea
- Nordlaks
- ViewpointAqua/Viewpoint Seafood
- SinkabergHansen

I tillegg har vi presentert våre foreløpige funn på to arbeidsmøter. Tema for det første arbeidsmøtet var havbruk til havs, og metoder for å operasjonalisere verdien av de ulike utredningsområdene. Til stede på dette arbeidsmøtet var:

- Oslo Economics
- SINTEF Ocean
- NVE
- Fiskeridirektoratet
- UiS
- Åkerblå

Tema for det andre arbeidsmøtet var påvirkning fra havvind på havbruk, konsekvenser av havvind-utbygging og mulige avbøtende tiltak. Til stede på dette arbeidsmøtet var:

- Oslo Economics
- SINTEF Ocean
- Safetec
- NVE
- Fiskeridirektoratet
- Utror
- Åkerblå
- Norwegian Offshore Wind
- Equinor
- Deep Wind Offshore

### 4.2 Metode for å vurdere konsekvenser av havvind

Metoden vi i det videre redegjør for har til hensikt å operasjonalisere konsekvensene av utbygging av havvind i utredningsområdene på en måte som gir myndighetene et beslutningsgrunnlag for å fortsette prosessen med å prioritere hvilke områder

som skal utredes videre for eventuell utbygging. Kartgrunnlag som visualiserer konsekvensene i ulike geografiske områder, er en del av leveransen.

#### 4.2.1 Overordnet om metode

Vi definerer *konsekvensen* av havvind som en funksjon av hvilken *påvirkning* havvind har på havbruk, og hvilke *verdier* som blir påvirket. Dersom påvirkningen er stor, trekker dette i retning av større konsekvenser. Tilsvarende, dersom det er store verdier som blir berørt, blir konsekvensen større.

Figur 4-1: Metode for å definere konsekvensen av havvind



#### Illustrasjon: Oslo Economics

I det videre konkretiserer vi hvordan vi har operasjonalisert verdi, påvirkning og konsekvens, og spesifiserer hva som er nullalternativet for analysen.

#### 4.2.2 Nullalternativ

Tiltaket i denne analysen er utbygging av havvind. Konsekvensene ved bygging av havvind skal vurderes opp mot et *nullalternativ*, hvor det ikke er bygget havvind i havindområdene. Det vil si, vi vurderer konsekvensene av at det går fra ingen havvind til at det etableres havvind i områdene.

Som beskrevet i kapittel 2 er havbruk til havs enda ikke en realisert næring i Norge. Det er mange forhold som vil avgjøre om det vil være kommersielt fornuftig å drive med HTH i fremtiden, henholdsvis teknologisk utvikling, internasjonale laksepriser, utbyggingskostnader samt politiske og økonomiske rammebetingelser. Det er mulig at næringen aldri blir realisert, i så fall vil en utbygging av havvind i områder som utredes for HTH ha ubetydelig konsekvenser for næringen. I et tilfelle hvor det viser seg at HTH-næringen blir mulig å realisere som lønnsom næring, men hvor det ikke er tilstrekkelige arealer, vil det kunne oppstå samfunnsøkonomiske tap i alternativ verdiskaping. Den videre analysen tar derfor utgangspunkt i en fremtid hvor havbruksnæringen blir realisert, og hvor dette blir en lønnsom og verdiskapende næring.

Det regulatoriske regimet for havbruk til havs er under utvikling, og det utføres utredninger på oppdrag for Nærings- og fiskeridepartementet som vil bidra til å avklare egnethet for HTH- i fremtiden.

De områdene som konsekvensutredes per i dag for HTH er Trænabanken, Frøyabanken og Norskerenna Sør. Blant disse overlapper deler av Trænabanken med vårt utredningsområde Nordvest A, og Frøyabanken overlapper delvis med Nordvest B og delvis med Nordvest C. Ingen av våre utredningsområder overlapper med Norskerenna Sør, og den potensielle påvirkningen fra havvindfeltene Vestavind F og E er antagelig ubetydelig. Det er derfor ikke aktuelt å gjøre konsekvensanalyser av Vestavind E og Vestavind F, med hensyn på Norskerenna Sør. I tillegg anbefalte Fiskeridirektoratet flere områder som mulige for HTH i 2019. Vi har ikke gjort en konsekvensvurdering av havvindutbygging med hensyn på disse områdene, men omtaler dem kvalitativt.

#### 4.2.3 Verdi

Egnetheten for havbruk, og verdien av de ulike utredningsområdene avhenger slik vi forstår det av tre viktige forhold. Det første er naturgitte forhold. Dette inkluderer områdets vanntemperatur, strømforhold, dybde og bølgehøyde. Vi gjennomgikk hvordan disse forholdene påvirker attraktiviteten for havbruk i kapittel 2. Det andre er påvirkningen fra andre næringer. Dette inkluderer olje og gass installasjoner, hensyn til Forsvarets aktiviteter, maritim trafikk og så videre. Vi går ikke videre inn på dette i denne utredningen, da dette er tema som vil bli berørt i andre utredninger, og som ikke har store konsekvenser for resultatene våre.

Den tredje, og mest usikre faktoren, er hvordan havbruksnæringen påvirker seg selv, gjennom å skape smittepress for sykdommer, spre lakselus, og påføre lokal forurensing i de områder som de ligger. Den første havbrukslokaliteten som plasseres til havs vil ha fordel av å ikke bli påvirket av noen andre HTH-lokaliteter. Når den neste plasseres ut kan det imidlertid oppstå gjensidig påvirkning mellom lokalitetene. Slik vi forstår det utfra intervjuer med næringsaktørene er det en hovedprioritering for bransjeaktørene å minimere slik påvirkning. For flere aktører baserer potensiell lønnsomhet ved havbruk til havs seg på at man ønsker å redusere de biologiske kostnadene knyttet til dødelighet, sykdom og avlusingsprosesser. Slik vi forstår næringsaktørene er det derfor ønskelig at et fremtidig regime for tildeling av areal i utredningsområdene har som mål å redusere biologisk risiko.

Nøyaktig hvordan man bør operasjonalisere et regime for å minimere biologisk risiko er det fremdeles ingen konsensus om. Dette vil avhenge

av både mer forskning- og utredningsresultater knyttet til smittepress i åpent hav, vannslektskap, etc. Det vil også avhenge av preferanse for risiko knyttet til sykdommer som (nevne), og kapasiteten til for eksempel å kunne slakte ned store mengder fisk på kort varsel. Teknologi-utvikling innen brønnbåt- og slaktebåtsegmentet vil være med å bestemme dette.

Vel vitende om denne usikkerheten har vi utviklet fire mulige scenarier for hvordan et fremtidig regime kan se ut. Scenariene ble redegjort for i kapittel 2. Disse er:

- 20 kilometer mellom hver klynge
- 30 kilometer mellom hver klynge
- 30 kilometer mellom hver klynge, men i tillegg er sikkerhetssone på 70 kilometer fra nærmeste kystnære oppdrettsanlegg
- 50 kilometer mellom hver klynge

Basert på dette har vi modellert hvordan produksjonskapasiteten i de tre områdene som er aktuelle for havbruk til havs kan maksimeres. I en kartløsning har vi plassert ut klynger av oppdrettsanlegg. Basert på disse scenarioene har vi gitt alle statistikkrutene (1 kilometer \* 1 kilometer) en verdiscore.

Alle statistikkrutene har fått et poeng for hver gang sikkerhetsavstanden rundt en oppdrettsklynge overlapper med statistikkrutene. Vi har i utgangspunktet gitt alle statistikkrutene i en verdiscore én. Dette for å indikere at alle rutene i det opprinnelige HTH-området er aktuelle for havbruk til havs, og dersom de ikke hadde trengt å ta hensyn til noen andre havbruksanlegg ville de kunne velge fritt hvor de ville ligge. Dette gjør at hver rute har kunnet få mellom én og fem poeng. Dette danner grunnlaget for vår verdiskala.

#### Tabell 4-2: Forklaring og skala

Statistikkrutene overlapper ikke med HTH	0
Alle statistikkruiter innenfor HTH	1
Statistikkrutene brukes i to scenario	2
Statistikkrutene brukes i tre scenario	3
Statistikkrutene brukes i fire scenario	4
Statistikkrutene brukes i fem scenario	5

Kilde: Oslo Economics og SINTEF Ocean

#### 4.2.4 Påvirkning

Konsekvensen ved utbygging av havvind avhenger videre av hvilken påvirkning havvindinstallasjonene

vil ha på havbruk til havs. I kapittel 3 redegjorde vi for tilgjengelig kunnskapsstatus på dette området. Tabell 4-1 oppsummerer vår forståelse av påvirkningens vesentlighet og rekkevidde i antall kilometer.

Basert på dette benytter vi oss av en påvirkningsskala som går fra 0 til 2, hvor verdi 2 betyr betydelig påvirkning, verdi 1 betyr noe påvirkning og verdi 0 betyr ingen påvirkning.

I områder som er «betydelig påvirket» av havvind vil det ikke være mulig med sameksistens mellom de tekniske løsningene som ligger til grunn for denne utredningen. Basert på faktagrunnlaget vi har redegjort for tidligere, med vekt på sikkerhetsavstandene som er illustrert i figur 3-1, mener vi at dette gjelder i en to kilometers omkrets fra et havvindanlegg.

Fra 2 kilometer frem til 5 kilometer har vi fått datapunkter som med sikkerhet fastslår hvordan påvirkningen fra et havvindanlegg vil være på havbruk. Siden vi ikke kan utelukke at det kan være støy som har betydning for fisken, og det kan være faktorer i tilknytning til et havvindanlegg (trafikk, kabler og gjenstander) gir vi rutene i dette beltet verdien «noe påvirkning». Det skal nevnes at vi her har valgt å legge oss på en forsiktig linje, altså at det er mulig at påvirkningen er enda lavere, særlig i det ytterste beltet, fra 3-4 kilometer og utover. Ved å sette «noe påvirkning» mellom 2-5 kilometer beltet rundt et havvindanlegg mener vi at vi har tatt høyde for usikkerheten om kunnskapshull knyttet til mulige effekter.

Fra 5 kilometer fra et havvindanlegg og utover mener vi det ikke er noen påvirkning fra havvindanlegget på havbruket. Dette følger av at det er svært lite trolig at lyd, elektromagnetisme, etc. vil nå frem. Det er også i trygg avstand for skips- og servicefartøy som skal frem til anleggene.

Tabell 4-1: Konsekvens = sammenheng mellom verdi og påvirkning

	0	1	2	3	4	5
<b>Ingen påvirkning</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Noe påvirkning</b>	0	0	-1	-1	-2	-2
<b>Betydelig påvirkning</b>	0	-1	-2	-3	-4	-5

Kilde: Oslo Economics og SINTEF Ocean

## 4.2.5 Konsekvens

Som utgangspunkt for å vurdere konsekvensene antar vi at det er plassert turbiner i hele områdene, med en avstand mellom turbinene på 2 500 meter i hver retning. Dette er i henhold til føringer fra oppdragsgiver.

Konsekvensen ved havvind på havbruksnæringen skal operasjonaliseres på en skala som er definert av NVE, hvor -5 er svært negativt og +5 er svært positivt.

For å operasjonalisere konsekvens ser vi på sammenhengen mellom verdi og påvirkning, hvor områder som har stor verdi og stor påvirkning gir stor konsekvens. Sammenhengen mellom skalaen for verdi og skalaen for konsekvens er gitt i Tabell 4-2. Figur 4-2 illustrerer sammenhengen mellom verdi- påvirkning- og konsekvenskart.

## 4.3 Usikkerhet og svakheter knyttet til metoden

### 4.3.1 Datagrunnlaget for scenarioene

Det er usikkerhet knyttet til presisjonsnivået for datagrunnlaget for scenarioene vi har utarbeidet. Ideelt sett hadde alle statistikkrutene på en kvadratkilometer inneholdt informasjon om naturgitte forhold, som bølger, dybde, temperatur og strømretning. Noen av disse dataene finnes det tilgjengelig data for i den ønskede oppløsningen, men vi har ikke prioritert ressurser til å koble den tilgjengelige dataen med rutenettet i kartlaget vårt. Annen data (for eksempel mer presis data om strømforhold) er under innhenting i forbindelse med andre utredninger.

En videreutvikling av arbeidet vårt kan være å koble tilgjengelig og ny data om naturgitte forhold med kartlaget som vi har utarbeidet. Dette kan gi mer

presis informasjon om hvilke områder som er mest egnet for havbruk til havs, og som dermed er mest verdifulle. Mer presise data om strømforhold kan også påvirke analysene. Vi har for eksempel lagt til grunn at sikkerhetsavstander mellom havbruksklynger må være like langt i alle retninger. Dette fører til at vi får sirkulære sikkerhetssoner. En mer detaljert forståelse av strømforhold og strømretning ville kunne gitt grunnlag for å anbefale at sikkerhetsavstanden var lengre i strømretningen, og kortere i de øvrige retningene. Dette kunne gitt ovale sikkerhetssoner.

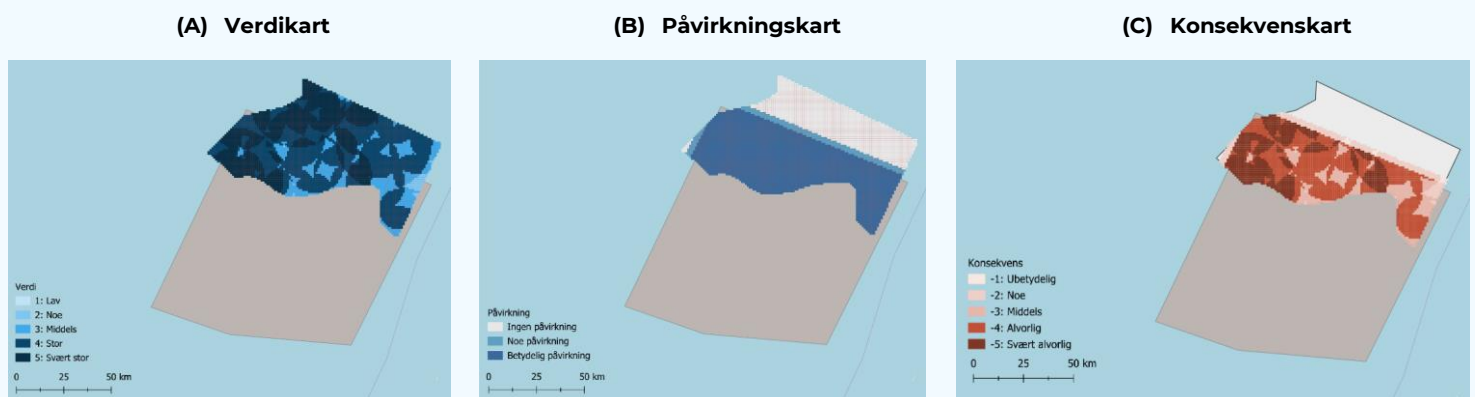
### 4.3.2 Kvalitative vurderinger i utviklingen av scenarioene

Et usikkerhetsmoment ved bruk av scenarioene til å utvikle verdikartet er at disse scenarioene er et resultat av våre kvalitative vurderinger.

Informasjonsgrunnlaget vi har benyttet for dette er både data om naturgitte forhold og intervjuer med bransjeaktører, og dagens kunnskap om havvind og havbruk, og påvirkningen mellom næringene. Scenarioene er likevel kun uttrykk for én potensiell virkelighet. Det finnes andre måter å plassere ut havbruksklyngene på som kunne gitt andre resultater. Mer kunnskap om hvilke avstander som skal til for å minimere biologisk risiko, eller også andre forhold om hvordan havbruksnæringen påvirker seg selv eller havvind og havbruk kan sameksister, vil også kunne endre hvilke plasseringer av havbruksanlegg som optimerer verdien av produksjonen, og dermed hvilke scenarioer som er relevante.

Vi har også vurdert om det er alle rutene i sikkerhetssonen som bør få en verdi i verdikartet, eller om det kun er rutene hvor havbruksklyngen er fysisk plassert. Det er argumenter for å løse dette på sistnevnte måte, fordi dette ville reflektert hvor lite areal som egentlig trengs for å plassere en

Figur 4-2: Sammenhengen mellom verdi, påvirkning og konsekvens (Trænabanken)



Kilde: Oslo Economics og SINTEF Ocean



havbruksklynge til havs. På den annen side ville det blitt svært få verdier i verdikartet, og verdikartet ville blitt enda mer preget av våre vurderinger knyttet til hvor havbruksklyngen ble plassert på kartet. Vi forkastet derfor en slik alternativ løsning.

#### 4.3.3 Vektingen av hvert enkelt scenario i verdikartet

Verdikartet er basert på et poengsystem hvor hvert scenario gir ett poeng. Dette betyr at alle de fem scenarioene har lik vekt i verdikartet, og de mest verdifulle rutene vil være de der det antas utbygging i flest av scenariene. Dette er en forenkling som innebærer usikkerhet. I realiteten vil de ulike scenariene ha ulik verdi, fordi de medfører ulik total produksjon. En vekting som tar hensyn til dette ville gitt mer vekt til scenariene med lave sikkerhetsavstander, fordi her blir total produksjon høyere. Motsatt kunne vi vektet basert på sannsynlighet for at de ulike scenariene blir realisert. Siden vi ikke har noe objektiv informasjon om sannsynligheter måtte vi gjort en kvalitativ vurdering av hvilket scenario som skulle få hvilken vekt. Dette åpner for stor grad av skjønn, og gir ikke nødvendigvis mer presise resultater. Begge metodene gir et uriktig inntrykk at vi har mer informasjon enn det vi har om hvordan næringen vil utvikle seg i fremtiden.

For å være helt åpne om hvilke konsekvenser ulik vekting kunne gitt, har vi valgt å gjennomføre en usikkerhetsanalyse, der vi synliggjør konsekvensen av ulike vekter vi kunne valgt. Analysen viser at små endringer ikke endrer resultatene våre nevneverdig.

Store endringer illustrerer noen poeng som kan være nyttige å ha med videre. Høy vektlegging av et scenario gjør noen ruter mer verdifulle. Dette illustrerer at etter hvert som man vet mer om fremtiden, vil man med større sikkerhet kunne si noe om hvilke områder som er mer verdifulle. Dette

er fordi noen scenarioer vil ekskluderes og noen vil bli mer sannsynlige. Det er mulig for relevante fagmyndigheter å bygge videre på dette etter hvert som havvind-til-havs utvikles.

#### 4.3.4 Presisjonsnivå på verdikartet

Kartleveransen vår leveres med et rutenett hvor oppløsningen er på 1 kilometer x 1 kilometer. Hensikten med å velge denne oppløsningen er å tilpasse oss formatet som de andre leveransene gjøres i, slik at det skal bli enklest mulig for NVE å bruke kartet vårt sammen med andre kart. Presisjonsnivået kan imidlertid kritiseres for å være kunstig høyt. Det er ikke nødvendigvis fra en kvadrat-kilometersrute til den neste at vurderingene våre endrer seg. En lavere oppløsning (større ruter) hadde bedre uttrykt usikkerheten som knytter seg til at vurderingene av produksjonspotensialet og verdi er omtrentlige. Datamaterialet bak et kart med grovere oppløsning ville imidlertid vært det samme. Vi har derfor valgt å legge ved original-kartet, heller enn et nytt kart med grovere oppløsning.

#### 4.3.5 Usikkerhet knyttet til påvirkning

Vi har benyttet en skala med tre nivåer for påvirkning, men det er argumenter for at vi kunne benyttet en binær skala som enten indikerte om det var *betydelig påvirkning* eller *ubetydelig eller ingen påvirkning*. Da vi likevel har valgt å ta med en mellomkategori for *noe påvirkning* er det for å fange opp at det er usikkerhet knyttet til påvirkningen mellom 2 og 5 kilometer fra et havvindanlegg. Vi har lagt oss på en forsiktig linje ved å antyde at det er *noe påvirkning* helt frem til 5 kilometer fra et havvindanlegg. Vi utelukker ikke at påvirkningen kan være nærmest *ubetydelig* også i dette intervallet. Fra og med 5 kilometer er vår vurdering at påvirkningen fra havvind på havbruk til havs er *ubetydelig*.



# Utredningsområde

## Nordvest A



---

Nordvest A ligger i et område som er egnet for havbruk til havs, og overlapper med to anbefalte områder for havbruk til havs; Trænabanken (NO5) og Sklinnabanken (NO1). Samlet sett er Nordvest A lokalisert i ett område med gode temperatur- og strømforhold for velferden og tilveksten til laksen. Området har noe krevende bølgeforhold og er dypt. Derimot er området pekt på som attraktivt av aktører i oppdrettsnæringen. Verdikartet indikerer dermed at det er særlig det vestlige området av Trænabanken som i stor grad vil være attraktivt for havbruk til havs-næringen. Dette følger av at næringen ønsker større sikkerhetsavstander til kystnært havbruk av smittehensyn. Konsekvenskartet viser at dersom det bygges ut havvind i området hvor Trænabanken og Nordvest A overlapper, vil dette potensielt ha alvorlige konsekvenser for havbruk til havs-næringen. Dette følger av at havvind vil beslaglegge over halvparten av arealet i Trænabanken, og at man potensielt mister muligheten til å plassere ut mellom 9 og 2 klynger i området, avhengig av hvilken sikkerhetsavstand som kreves mellom hver klynge. Analysen vår viser derimot at effektiv arealplanlegging og koordinering næringene imellom er et avbøtende tiltak som kan redusere konsekvensen til nær null i tre av fire scenarioer. Generelt viser analysen at når avstanden mellom havbruksklyngene øker, blir det enklere å gjennomføre avbøtende tiltak. Konsekvensen av å ikke gjøre avbøtende tiltak blir imidlertid også større når avstanden mellom havbruksklyngene øker.

---

## 5. Nordvest A

### 5.1 Identifiserte interesser i området

Nordvest A ligger utenfor Nordland fylke. Havvindsområdet er lokalisert i Norskehavet og består av et areal på 11 307 km<sup>2</sup> (NVE, 2023a).

#### 5.1.1 Tilrådte områder for Havbruk til havs

Nordvest A overlapper med to tilrådte områder for havbruk til havs (Figur 5-1). Det første området er Trænabanken (NO5) og det andre området er Sklinnabanken (NO1).

Trænabanken er et av tre områder som det i første omgang skal konsekvensvurderes og tilrettelegges for havbruk til havs (Fiskeridirektoratet, 2022; DFØ, 2024). Området er mindre enn det som opprinnelig ble foreslått av Fiskeridirektoratet i 2019 (Fiskeridirektoratet, 2019).

Årsaken til at arealet er mindre i dag, skyldes at Fiskeridirektoratet anbefalte i 2022 at grensen til det østlige området bør trekkes lengre ut til havs (20 nautiske mil). Dette etter innspill fra Miljødirektoratet om at områdene må avgrensnes lengre øst som følge av at oppdrett til havs blant annet kan påvirke ville fiskebestander langs Helgelandskysten (Fiskeridirektoratet, 2022).

Selv om det foreslåtte arealet Trænabanken ble redusert i 2022, er det fremdeles et stort areal som

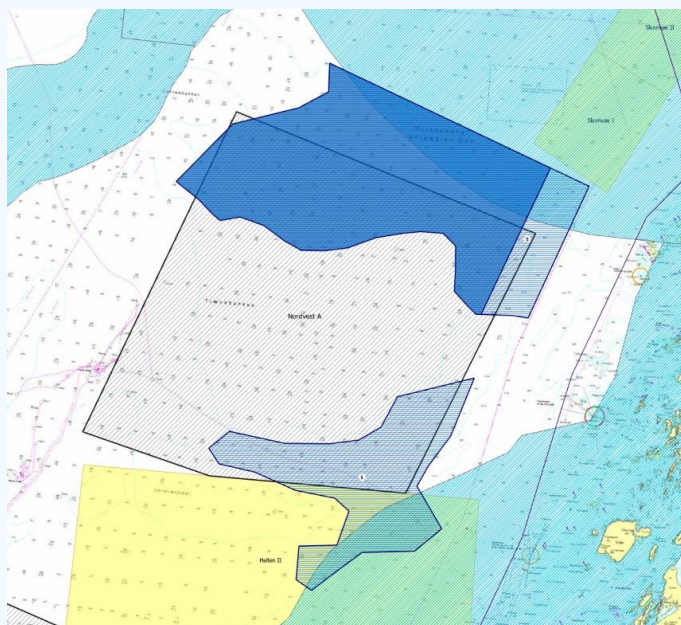
er satt av til havbruk til havs. Arealet utgjør i dag 4 698 km<sup>2</sup> (NVE, 2023b).

Sklinnabanken er et mindre område sammenlignet med Trænabanken, og ligger i det sør-østlige hjørnet av Nordvest A. Fiskeridirektoratet anbefalte i 2022 et mer avgrenset område av Trænabanken, fremfor Sklinnabanken (Fiskeridirektoratet, 2022). Begrunnelsen for dette var at modellering fra Havforskningsinstituttet talte for at Trænabanken var mer attraktiv for havbruk til havs sammenlignet med Sklinnabanken (Fiskeridirektoratet, 2022; Ådlandsvik, 2022).

Havforskningsinstituttet modellerte at smittepresset fra de to HTH-områdene generelt er lav og i stor grad går til havs, men at Sklinnabanken gir omtrent fire ganger så stort smittepress på kystlokaliteter sammenlignet med Trænabanken (Fiskeridirektoratet, 2022; Ådlandsvik, 2022).

Videre modellerte Ådlandsvik (2022) ved Havforskningsinstituttet at det også var lavere smittepress fra kystlokaliteter til Trænabanken, sammenlignet med Sklinnabanken, hvor smittepresset fra kystlokaliteter var nær null fra 20 nautiske mil fra grunnlinjen og utover for Trænabanken, mens for Sklinnabanken var smittepresset høyere frem til 30 nautiske mil fra grunnlinjen.

Figur 5-1: Overlappende havbruk til havs-områder med Nordvest A

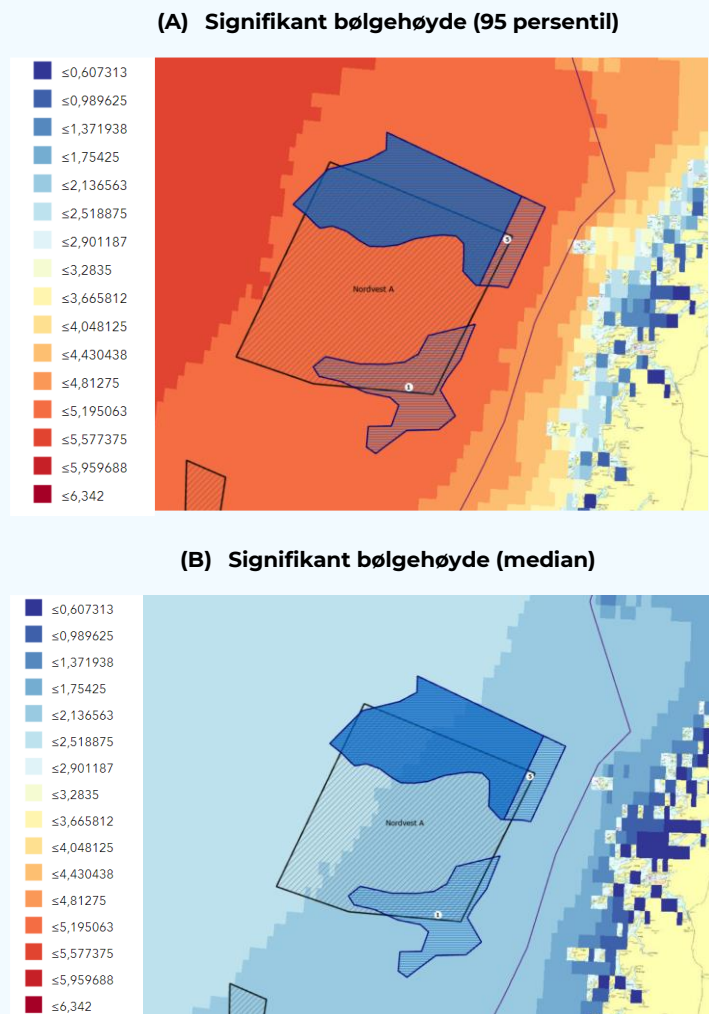


Kilde: Hentet fra Fiskeridirektoratets kartlag, Yggdrasil (2024d). [Kartlag for Havbruk til havs. Oversikt over områder for havbruk til havs (både anbefalte i 2019 og i 2022), identifiserte områder for havvind i 2023 og forbudsområder for skytefelt i sjø på høring 2021]. Hentet fra: [Havbruk til havs \(fiskeridir.no\)](https://www.fiskeridir.no)

Tabell 5-1: Temperatur og strømhastighet

	Sklinnabanken (NO1)	Trænabanken (NO5)
Temperatur, 5% (2m)	6,0	6,3
Temperatur, 5 % (20m)	6,2	6,4
Temperatur, 5 % (50m)	6,6	6,5
Temperatur, gjennomsnitt (2m)	9,4	9,1
Temperatur, gjennomsnitt (20m)	8,9	8,7
Temperatur, gjennomsnitt (50m)	8,1	7,9
Strømhastighet, gjennomsnitt (2m)	0,21	0,20
Strømhastighet, gjennomsnitt (20m)	0,16	0,15
Strømhastighet, gjennomsnitt (50m)	0,12	0,12
Strømhastighet, 95% (2m)	0,48	0,47
Strømhastighet, 95% (20m)	0,40	0,41
Strømhastighet, 95% (50m)	0,30	0,32

Figur 5-2: Signifikant bølgehøyde



Kilde: Tabell 5-1: Figur 2.15 Relativ egnethet av områder 1-12 basert på medianverdier av alle variablene innenfor polygomer i Figur 2.4. Hentet fra Albretsen et al. (2019). Figur 5-2 er hentet fra Fiskeridirektoratet sin kartløsning, Yggdrasil (2024c). [Hentet fra kart for Havbruk til havs. Oversikt over sjødata, herunder signifikant bølgehøyde (95-persentil) og signifikant bølgehøyde (median)]. Hentet fra: [Havbruk til havs \(fiskeridir.no\)](https://www.fiskeridir.no). Figuren viser (A) høyeste (95 persentil) signifikant bølgehøyde og (B) gjennomsnittlige signifikante bølgehøyde, basert på operasjonelle varsler fra Meteorologisk institutt sin WAM-modell for hele 2018 (4x4 km oppløsning).

Som følge av dette landet Fiskeridirektoratet på at Trænabanken var det området som ble anbefalt for konsekvensvurdering i 2022. I tillegg påpekte Fiskeridirektoratet i sin utredning at Trænabanken ble trukket frem av akvakulturnæringen som det mest aktuelle av de to områdene, som følge av at arealet er større og at det er bedre muligheter for sameksistens med havvind (Fiskeridirektoratet, 2022).

### 5.1.2 Naturgitte forhold i og rundt Nordvest A

Nordvest A ligger i et havområde som anses som egnet for havbruk til havs basert på naturgitte forhold.

<sup>4</sup> Vi bemerker at arealet for Trænabanken og Sklinnabanken som ble brukt i Havforskningsinstituttet sin modellering, avviker noe med dagens areal. Dette kan

### Temperatur- og strømførhold

Ifølge Albretsen, et al. (2019) ved Havforskningsinstituttet er verdiene for målt temperatur i Trænabanken og Sklinnabanken innenfor grenseverdiene for det som er ansett som gunstig for fiskens velferd og svømmeevne. Havforskningsinstituttet rapporterte at Trænabanken har en gjennomsnittstemperatur på mellom 9,1 og 7,9 grader avhengig av hvilken havdybde man ser på (Tabell 5-1). Mens temperaturforholdene i Sklinnabanken varierer mellom 9,4 og 8,1 grader, avhengig av havdybden.<sup>4</sup>

Albretsen, et al. (2019) modellerte også at gjennomsnittlig strømhastighet i både Trænabanken og Sklinnabanken var lavere enn

medføre at temperaturmodelleringen ikke samsvarer helt med det som er gjeldende for dagens områder.

grenseverdien for laksens vedvarende svømmehastighet på 0,48 meter/sekund (Albretsen, et al., 2019) (Tabell 5-1). I tillegg var ekstremverdiene av modellert strømhastighet (95-persentil) i begge områder lavere enn grenseverdien for laksens kritiske svømmehastighet på 0,6 meter/sekund.

Basert på modellert temperatur- og strømforhold konkluderte Albretsen et al (2019) med at området rundt Sklinnabanken og Trænabanken er bedre egnet for havbruk til havs, sammenlignet med de øvrige HTH-områdene.

## Bølgeforhold

Kartlag fra Fiskeridirektoratet viser at det er modellert ekstreme bølgehøyder nærmere 5 meter i havområdet hvor Nordvest A, Trænabanken og Sklinnabanken er lokalisert (Figur 5-2 (A)). Videre viser kartlag at den østlige delen av Trænabanken og hele Sklinnabanken ligger noe mer skjermet til utfra median av modellert signifikant bølgehøyde sammenlignet med den vestlige delen av Trænabanken (Figur 5-2 (B)).

Fiskeridirektoratet kommenterte i sin utredning i 2019 at median av høyeste signifikante bølgehøyde i Trænabanken og Sklinnabanken var relativt høy (Fiskeridirektoratet, 2019). Videre ble det påpekt av Fiskeridirektoratet at bølgehøyden på Trænabanken tilsvarer maksimal signifikant bølgehøyde på enkelte lokaliteter i drift på Færøyene, hvor signifikant bølgehøyde er målt til mellom 5 og 6 meter (Fiskeridirektoratet, 2019; Hvas, Folkedal, & Oppedal, 2019).

Som diskutert i delkapittel 3.2, eksisterer det lite litteratur om hvordan laksen responderer på bølger, og hva som eventuelt vil være kritisk verdi for bølgehøyde. Fiskeridirektoratet påpekte at måten man konstruerer anleggene vil kunne redusere negative effekter av både strømhastighet og bølgehøyde på laksens helse og velferd (Fiskeridirektoratet, 2019). Dette vil kunne medføre økte kostnader for havbruksaktørene, og vil slik sett kunne være en begrensende faktor for havbruk til havs i området.

## Havdybde

Havområdet som Nordvest A er lokalisert i har en gjennomsnittlig havdybde på 300 meter. Havdybden gjør området egnet for flytende havvind (NVE, 2023b). Det er dypest i det sørvestlige området, hvor blant annet deler av området overlapper med Sklinnabanken. Området hvor Trænabanken overlapper med Nordvest A ser ut til å være grunnere (Yggdrasil (Fiskeridirektoratet), 2024e).

Kartlag fra Fiskeridirektoratet som viser dybdekurver i havområder, viser at havdybden i Trænabanken varierer mellom 250 og 410 meter, mens havdypet i Sklinnabanken varierer mellom om lag 300 og 390 meter (Yggdrasil (Fiskeridirektoratet), 2024e).

Fiskeridirektoratet (2019) påpekte at havdybden i Trænabanken var ansett som relativt dypt sammenlignet med andre områder, men at havdybden tilsvarer det for Sklinnabanken. Ettersom Sklinnabanken ble omtalt som et attraktivt område av akvakulturorganisasjoner i Fiskeridirektoratet sin utredning, kan havdybden også være en miljømessig faktor med mindre betydning for potensialet for havbruk til havs i Trænabanken (Fiskeridirektoratet, 2019).

## Samlet vurdering av naturgitte forhold

Samlet sett er Nordvest A lokalisert i et område som virker å være attraktivt for oppdrettsnæringen, og både Sklinnabanken og Trænabanken virker å være godt egnet for havbruk til havs.

Det er derimot noen utfordringer ved de to HTH-områdene. Blant annet er Sklinnabanken lokalisert nærmere kystnært havbruk, noe som kan skape utfordringer knyttet til biosikkerhet. Videre er Trænabanken lokalisert langt ute til havs, med krevende vær- og vindforhold. Dette kan medføre at det vil være større kostnader knyttet til havbruk til havs i Trænabanken, og det vil kunne være kostnadsbesparende å plassere anlegg i et område nærmere kystlinjen.

Vårt inntrykk er at en av de mest avgjørende faktorene for oppdrettsnæringen er smittepress til og fra kystnært havbruk, i tillegg til temperatur- og strømforhold. Enkelte havbruksaktører har opplyst i intervju at HTH-produksjon representerer en «ny start» for næringen, og bør være helt adskilt fra produksjonen langs kysten av hensyn til biosikkerhet. Derfor har vi i vår scenario-analyse lagt mindre vekt på betydningen av eksempelvis bølgehøyde, sammenlignet med avstand til kystnært oppdrett og andre HTH-anlegg. Dette påvirker verdi- og konsekvenskartet i neste delkapittel.

Vår samlede vurdering er at, basert på miljøforhold og hensynet til biosikkerhet, vil tilnærmet hele området av Trænabanken kunne benyttes til havbruk til havs, mens deler av Sklinnabanken vil være mindre aktuelt som følge av at området ligger nærmere kystnært havbruk.

## 5.2 Verdi og påvirkning for Trænabanken

I dette delkapittelet presenterer vi verdi og påvirkning for Trænabanken. Vi vil derimot også drøfte mer kvalitativt verdien av havbruk til havs på Sklinnabanken, og eventuelle konsekvenser av å utvikle havvind i HTH-området.

### 5.2.1 Verdi

I scenario-analysen vår har vi kun tatt hensyn til hvordan smittepress påvirker krav til avstander mellom oppdrettsklynger til havs, samtidig som man forsøker å utnytte arealet i størst mulig grad. Med krav til små sikkerhetsavstander på 20 kilometer får vi plassert 18 klynger i havbruksområdet, hvorav 9 av klyngene er plassert i området hvor Trænabanken og Nordvest A overlapper.

Når kravet til sikkerhetsavstand mellom hver oppdrettsklynge øker til 50 kilometer, vil hjørnene av Trænabanken i større grad sikre mest mulig utnyttelse av avsatt areal. Med angitt sikkerhetsavstand får vi plass til totalt fire klynger, hvorav to av disse er plassert i nedre del av overlappsområdet.

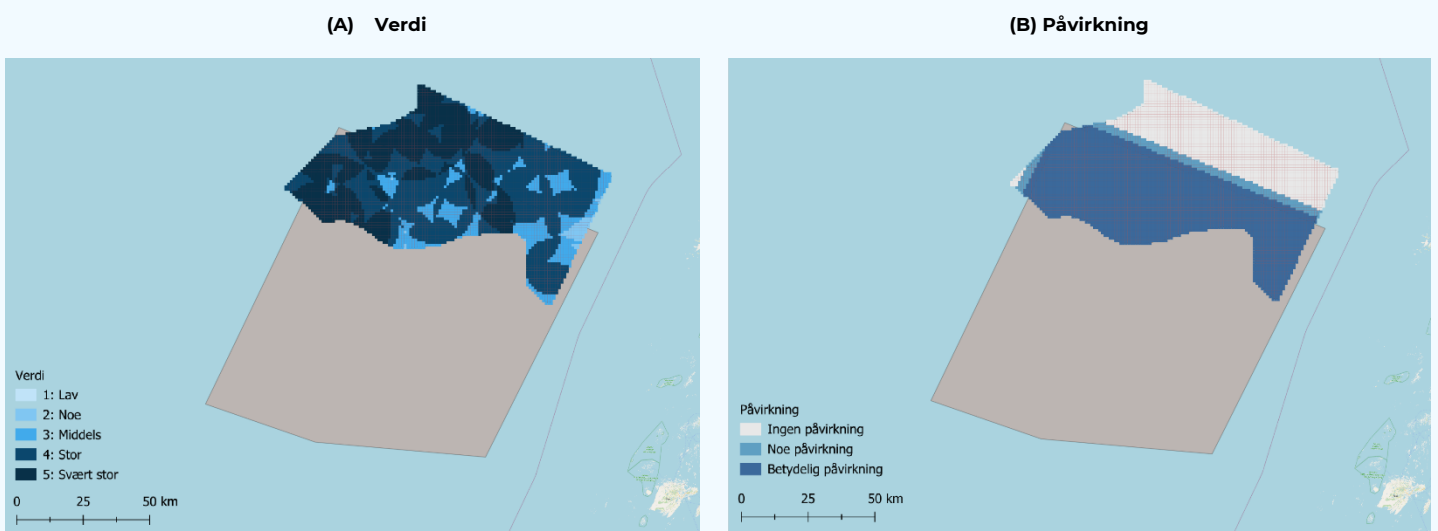
Figur 5-3 (A) viser verdi-score i havbruk til havs-området Trænabanken. En betydelig andel av området er vurdert til å ha stor verdi (48 prosent) eller svært stor verdi (36 prosent). Dette skyldes at store deler av Trænabanken vil være aktuelle for utbygging av havbruk til havs i de fleste av scenarioene våre med ulike sikkerhetsavstander mellom hver oppdrettsklynge.

Områdene med svært stor verdi er i all hovedsak konsentrert i de vestlige delene av Trænabanken. Dette følger av at i alle fem scenarioer vil de vestlige delene av Trænabanken være beslaglagt av oppdrettsklynger og deres tilhørende sikkerhetssone. I praksis betyr dette at disse områdene vil være attraktivt for havbruk til havs ettersom det gir i stor grad fleksibilitet til å maksimere havbruk til havs i området, gitt ulike krav til sikkerhetsavstander.

Vi bemerker derimot at det ikke vil bygges ut havbruk til havs i alle statistikkruiter som har svært stor eller stor verdi. Når en klynge med oppdrettsanlegg lokaliseres i et område, vil mange statistikkområder rundt klyngen ikke lenger være aktuelt for havbruk til havs grunnet sikkerhetssone som kreves mellom hver klynge. Derimot er det, gitt dagens kunnskapsgrunnlag, større potensial for at statistikkruiter med svært stor eller stor verdi vil brukes til lokalisering av havbruk til havs, sammenlignet med andre områder med lavere verdi-score.

Flere av statistikkrutene i Trænabanken med lavere verdi-score, er lokalisert i den østlige delen av området. Vår vurdering er at det er mindre potensial for utbygging av havbruk til havs i disse statistikkrutene. Dette skyldes at områdene kun brukes til utbygging av klynger av oppdrettsanlegg i to eller tre av scenarioene med ulike forutsetninger for sikkerhetsavstander. Hvis næringen forsøker å maksimere arealet avsatt til havbruk til havs, vil disse områdene være mindre aktuelle å bruke til HTH-produksjon, gitt bestemte sikkerhetsavstander til andre HTH-klynger og kystnært havbruk.

Figur 5-3: Verdi- og påvirkningskart av havvind på havbruk til havs i Trænabanken



Kilde: Oslo Economics og SINTEF Ocean.

Verdi-kartet indikerer at det er det vestlige området av Trænabanken som i stor grad vil være attraktivt for havbruk til havs gitt ulike sikkerhetsavstander som kreves av smittehensyn. Dette er også i tråd med informasjon vi har fått fra enkelte havbruksaktører som vi har intervjuet i forbindelse med fagutredningen. I intervjuer har enkelte påpekt at de har mindre interesse for de østlige delene av Trænabanken som følge av at området har en sterkere strøm (ligger nært kyststrømmen), og at området har vannslektskap til kystproduksjonen.

### 5.2.2 Påvirkning

Av de 4 698 km<sup>2</sup> som er satt av til havbruk til havs i Trænabanken, er det totalt 2 635 km<sup>2</sup> (56 prosent av arealet) som overlapper med havvindsområdet Nordvest A (NVE, 2023b).

Dersom man bygger ut havvind som angitt i NVE sitt referanseprosjekt, vil store deler av Trænabanken bli fortrenget for oppdrettsnæringen. Dette følger av at hver vindturbin skal ha en avstand på 2,5 kilometer mellom seg, og våre vurderinger tilsier at det må være en sikkerhetsavstand på 2 kilometer mellom et oppdrettsanlegg og en vindturbin.

Som vist i Figur 5-3 (B) vil hele området for havbruk til havs som direkte overlapper med Nordvest A få *betydelig påvirkning*. Dette utgjør om lag 62 prosent av arealet i Trænabanken. Dette følger av at vindturbinene fortrenger muligheten for å drive med oppdrett i det overlappende området. I tillegg vil en sone på 2 kilometer utenfor det overlappende området få *betydelig påvirkning*, som følge av at

det må være en sikkerhetssone på 2 kilometer mellom nærmeste vindturbin og oppdrettsanlegg.

I tillegg har vi lagt til grunn at havbruksaktører kan bli *noe påvirket* av havvindturbiner når turbinen er lokalisert mellom 2 og 5 kilometer fra merden. Dette følger av usikkerheten om hvordan støy fra havvindturbiner påvirker fiskens velferd. Statistikkrutene som får *noe påvirkning* utgjør om lag 7 prosent av arealet i Trænabanken.

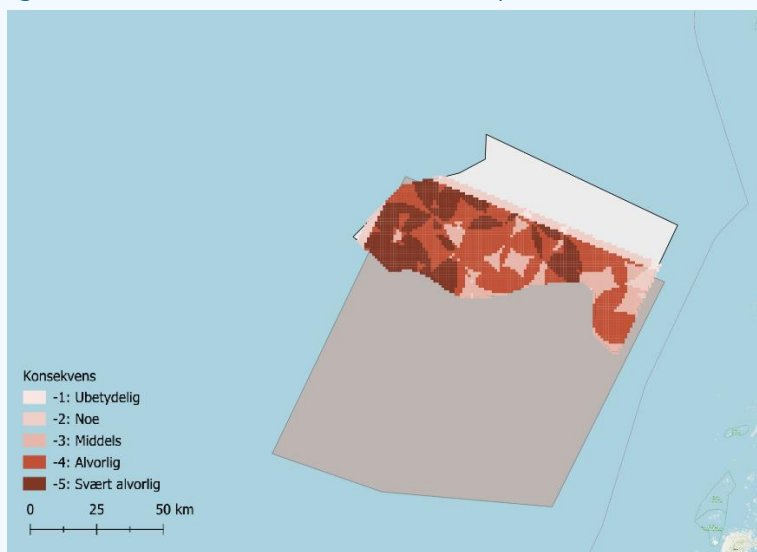
## 5.3 Konsekvenser for havbruk til havs på Trænabanken

Store deler av arealet i Trænabanken som vi vurderer som attraktivt for havbruk til havs, overlapper med Nordvest A. Hvis det bygges ut havvind i hele Nordvest A vil dette medføre alvorlige konsekvenser for potensialet for havbruk i bestemte områder i Trænabanken. Potensielt sett mister næringen mulighet til å plassere ut mellom 9 og 2 klynger av oppdrettsanlegg, avhengig av hvilken sikkerhetssone man legger til grunn.

Konsekvenskartet er vist i Figur 5-4. Kartet viser at i om lag 20 prosent av statistikkrutene vil det oppstå *svært alvorlig* konsekvens for havbruk til havs, gitt at det bygges ut havvind i hele Nordvest A. Dette følger av at havvind beslaglegger områder som, etter vår vurdering, har høy sannsynlighet for å brukes til utbygging av havbruk til havs, gitt at man ønsker å maksimere utnyttelse av areal og samtidig ivareta biosikkerheten i produksjonen.

Konsekvenskartet er i stor grad en funksjon av verdi-kartet vi har utarbeidet, som tar utgangspunkt i maksimering av areal og

Figur 5-4: Konsekvenskart av havvind på havbruk til havs i Trænabanken



Konsekvens	Antall	Prosent
0	1 547	31%
-1	27	1%
-2	355	7%
-3	517	11%
-4	1 481	30%
-5	994	20%

Kilde: Oslo Economics og SINTEF Ocean.

biosikkerhet. Dette medfører at det er særlig de vestlige områdene av Trænabanken som vil få størst konsekvens av utbygging av havvind.

I en større andel av Trænabanken (30 prosent) vil det oppstå *alvorlig* konsekvens for havbruksnæringen dersom det bygges ut havvind. Dette innebærer at områdene kan brukes til havbruk til havs i mange scenarioer med ulike sikkerhetsavstander til nærmeste HTH-klynge og kystnært oppdrett, men at i enkelte tilfeller kan ikke disse områdene brukes.

I en sone på 2 til 5 kilometer utenfor området hvor Trænabanken og Nordvest A overlapper, vil oppdrettsnæringen oppleve *noe til middels* konsekvens. Dette følger av at det er usikkerhet rundt hvordan fisken eksempelvis påvirkes av støy fra havvindturbiner. Dersom havvind bygges ut i hele Nordvest A, kan faktorer som støy fra turbinene medføre at oppdrettsnæringen ikke finner det like attraktivt med havbruk til havs i det bestemte området.

## 5.4 Avbøtende tiltak på Trænabanken

For utredningsområdet Nordvest A er det aktuelt å gjennomføre arealmessige avbøtende tiltak. Dette innebærer å planlegge for at havbruk til havs skal etableres i områdene, og å avsette tilstrekkelige arealer til det.

For å illustrere hvordan konsekvensene endrer seg når vi forutsetter at det gjennomføres slike tiltak, har vi gjentatt scenarioanalysen, men med sikkerhetsavstander mellom havbruksklyngene og et referanseprosjekt for havvind.

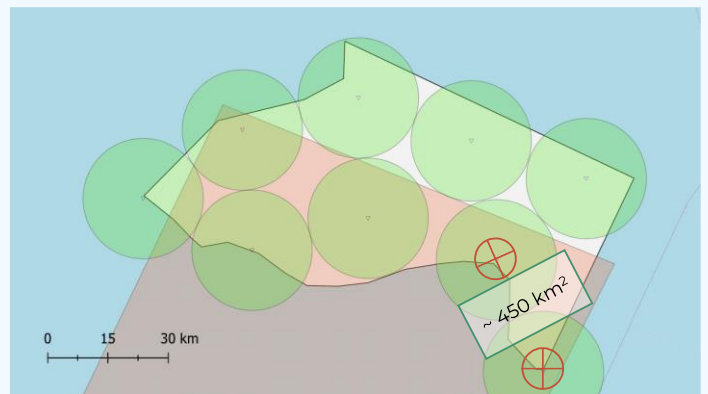
De røde sirklene i Figur 5-5 illustrerer en sikkerhetsavstand på 5 kilometer radius fra en havbruksklynge. Dette samsvarer med forutsetningene vi har gjort om at det ved 5 kilometer eller mindre at det vil være noe eller betydelig påvirkning fra havvind på havbruk til havs. Hver havbruksklynge består av tre oppdrettsanlegg, har et produksjonspotensial på 50 000 tonn laks per år, og trenger et areal på om lag 80 km<sup>2,5</sup>. Til sammenlikning består et referanseprosjekt for havvind med 1500 MW kapasitet av om lag 68 turbiner. Dette gir en

Figur 5-5: Mulige avbøtende tiltak i Trænabanken

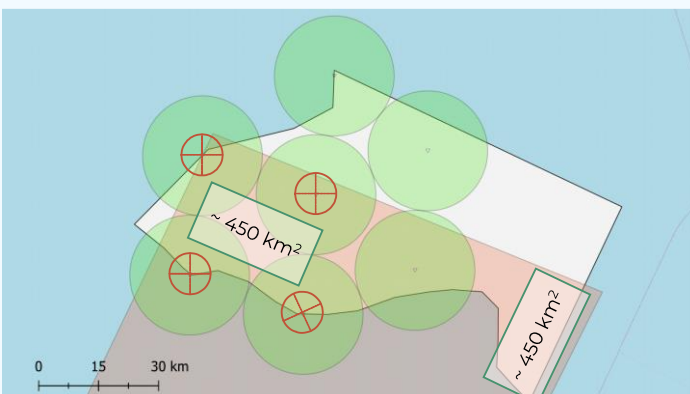
A) Scenario 1 med avbøtende tiltak



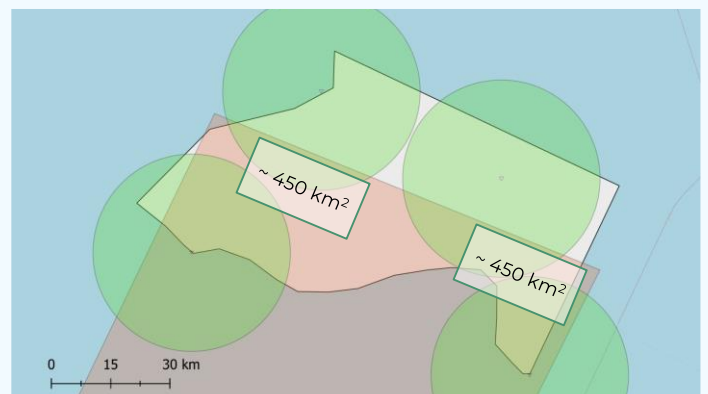
B) Scenario 2 with mitigation measures



C) Scenario 3 with mitigation measures



D) Scenario 4 with mitigation measures





kapasitetstetthet på 3,5 MW per km<sup>2</sup>. Arealbehovet til et slikt referanseprosjekt for havvind er på om lag 430 km<sup>2</sup>.

I scenario 1 er det 20 kilometer mellom hver havbruksklynge. Dette gjør det vanskeligere med avbøtende tiltak, ved å strategisk plassere havvindturbiner innimellom havbruksklyngene. Det kan være mulig å stykke opp havvindmølleparken i flere mindre deler, for eksempel på 110 km<sup>2</sup> hver, slik som illustrert i Figur 5-5 (A). Det enkleste er antagelig å legge havvidanlegget utenfor havbruksområdet. I dette scenarioet er det imidlertid mindre alvorlig om havvind blokkerer for enkelte havbruksklynger, fordi det er mulig å oppnå betydelig produksjon fra havbruk på det resterende arealet.

I scenario 2 er det 30 kilometer mellom havbruksanleggene (Figur 5-5 (B)). Dette gjør det enklere å plassere et referanseprosjekt for havvind mellom havbruksklyngene. Det vil fremdeles være relevant å planlegge for tilstrekkelig med seilingsleder for brønnbåter og servicebåter. Det vil også være behov for å planlegge hvor strømførende kabler skal ligge.

I scenario 3 er det også 30 kilometer mellom hver klynge, men i tillegg en sikkerhetsavstand på 70 kilometer til nærmeste kystnære havbruksanlegg (Figur 5-5 (C)). Her gjelder de samme konklusjonene, som scenario 2. I tillegg ser vi at en stor del av den østlige delen av overlappsområdet ikke vil ha noen havbruksklynger. Å plassere et referanseprosjekt for havvind i dette området vil antagelig være den mest beste løsningen for sameksistens mellom de to næringene, og vil også være den beste løsningen for havbruk til havs.

I scenario 4 er det 50 kilometer mellom hver havbruksklynge (Figur 5-5 (D)). Som figuren viser er det flere alternative plasseringer for et referanseprosjekt for havvind, og det vil antagelig være uproblematisk å finne et egnet sted for dette. I dette scenarioet er det imidlertid færre alternative plasseringer for havbruksklyngene, noe som betyr at konsekvensen av å ikke gjennomføre avbøtende tiltak blir større. Dette følger av at å beslaglegge et areal som er aktuelt for havbruksnæringen med store sikkerhetsavstander vil ha større konsekvenser for det økonomiske potensialet for havbruk til havs, sammenlignet med andre scenarier hvor man får plass til mer produksjon i området.

havs er 50 nautiske mil eller lengre (Ådlandsvik, 2019a).

Kartlag fra Fiskeridirektoratet viser at det sørlige området av Sklinnabanken overlapper med

Generelt ser vi at området som ligger lengst mot helgelandskysten er det området som har lavest verdi, og som i færrest scenarier blir brukt. Dette stemmer også med innspill vi har fått fra enkelte aktører i havbruksnæringen. Et avbøtende tiltak for havbruksnæringen kan være å få fortrinnsrett på arealet lengst vest i overlappsområdet, mens områdene lengst mot kysten avsettes til havvind.

## 5.5 Usikkerhet

Hvor attraktivt Trænabanken blir for havbruk til havs vil antagelig avhenge av annen havbruksproduksjon i HTH-området, og vannslektskapet mellom mulig annen HTH-produksjon og til kystnært havbruk. Dersom det eksempelvis er sterkt vannslektskap mellom området nord og sør i Trænabanken, kan det hende at det nordlige området av Trænabanken blir mindre attraktivt for havbruk, og at det dermed kan åpnes for havvind i det respektive området uten store konsekvenser.

## 5.6 Konsekvenser for havbruk til havs på Sklinnabanken

Vi har ikke laget et verdi-, påvirknings- og konsekvenskart for Sklinnabanken. Årsaken er at området ikke er et av de tre anbefalte områdene som inngår i Nærings- og fiskeridepartementet sin overordnede konsekvensutredning.

Overordnet sett er Sklinnabanken attraktiv for oppdrettsnæringen som følge av gode miljømessige forhold (som diskutert i kapittel 5.1). Sklinnabanken har derimot en mer særegen form, slik at arealutnyttelsen blir mer begrenset dersom man ønsker å maksimere potensialet for oppdrett og samtidig hensynta biosikkerheten i området.

Vår overordnede vurdering er at den østlige delen av Sklinnabanken er minst attraktivt for akvakulturnæringen, som følge av at det ligger nærmere kystlinjen. Det er dermed en større sannsynlighet for gjensidig smitte til og fra kystnært oppdrett. Dette er blant annet i tråd med Havforskningsinstituttet sin modellering av smittepress fra området, som konkluderte med at smittepresset fra kyst- til havlokaliteter avtar med avstand fra grunnlinjen, og er tilnærmet lik null når avstanden mellom kystnært oppdrett og havbruk til

Forsvarets skytefelt Halten II, og med området *Kystsonen Norskehavet Nord*, som er foreslått som et særlig verdifullt område (SVO) tilbake i 2021 (Figur 5-1). Areakonflikten med forsvarets skytefelt

Halten II vil kunne medføre at det ikke er aktuelt med havbruk til havs i området. Dette følger av at Forsvarsdepartementet har utarbeidet et forslag til forskrift som vil etablere skyte- og øvingsfelter som forbudsområder. Dette innebærer forbud mot å etablere faste eller midlertidige installasjoner i forbudsområdet (Forsvarsbygg, 2022). Forskriften er fremdeles under arbeid i Forsvarsdepartementet og er enda ikke vedtatt.

Arealet på Sklinnabanken som kan brukes til havbruk til havs begrenses derfor av smitte til og fra kystnært havbruk, og av interessene til andre næringer.

Vår vurdering er at konsekvensene av havvindsutbygging i den delen av Nordvest A som overlapper med Sklinnabanken vil være *alvorlig*. Dette følger av at arealet på Sklinnabanken som overlapper med Nordvest A, er areal som er lengre unna kystnært oppdrett og som ikke er i konflikt med forsvarets skytefelt Halten II. Dette er dermed areal som potensielt kan brukes til havbruk til havs, og dermed har en verdi.

Videre er vår vurdering at det vil være større konsekvenser av å bygge ut havvind i områder som

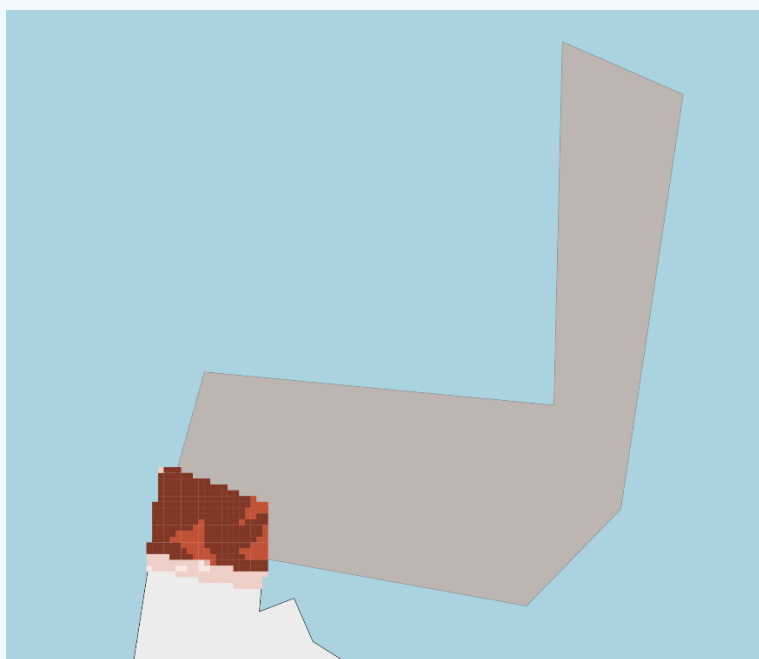
overlapper med Trænabanken, enn i områder som overlapper med Sklinnabanken. Dette følger av at HTH-områdene anses som like attraktive sett i forhold til miljømessige faktorer som temperatur og strømforhold, men at Trænabanken har noe redusert smittepress til og fra kystnært oppdrett (Ådlandsvik, 2022).

I tillegg har enkelte informanter vi har intervjuet oppgitt at det kreves store arealer for å bygge ut havbruk til havs, blant annet som følge av hensynet til biosikkerhet. Et større areal muliggjør større avstander mellom hver klynge av oppdrettsanlegg, og tilrettelegger for mindre smittepress innad i et HTH-område. Dette under forutsetning om gode strømforhold som ikke medfører vannslechtselskap.

Vår vurdering er derfor at potensialet for havbruk til havs vil være større på Trænabanken som følge av at man potensielt får plass til flere klynger i området, selv med krav til store sikkerhetsavstander mellom klyngene. Konsekvensene av utbygging av havvind i områder som overlapper med Trænabanken anses derfor som større, enn utbygging av havvind områder som overlapper med Sklinnabanken.



# Utredningsområde Nordvest B



Nordvest B ligger i et område som anses som egnet for havbruk til havs, og overlapper med det tilrådde områder for havbruk til havs; Frøyabanken nord (NO11). Samlet sett er Nordvest B lokalisert i ett område med gode temperaturforhold for velferden og tilveksten til laksen, men med noe sterke strømforhold sammenlignet med Nordvest A. Området har i tillegg noe krevende bølgeforld og er dypt. Verdikartet indikerer at tilnærmet hele det området hvor Frøyabanken nord og Nordvest B overlapper, vil potensielt være attraktivt for havbruk til havs næringen. Dette følger av at næringen ønsker større sikkerhetsavstander til kystnært havbruk av smittehensyn, og store sikkerhetsavstander mellom klynger av oppdrettsanlegg innad i området. Grunnet at Frøyabanken nord har en særegen utforming, vil potensielt hjørnene av området få større verdi, dersom man ved utbygging av oppdrett i dette området vil maksimere oppdrettsproduksjonen. Konsekvenskartet viser at dersom det bygges ut havvind i området hvor Frøyabanken nord og Nordvest B overlapper, vil dette potensielt ha alvorlige konsekvenser for havbruk til havs. Dette følger av at havvind vil beslaglegge et verdifult område for havbruk til havs, og at man potensielt mister muligheten til å plassere ut mellom 1 og 2 klynger i området, avhengig av hvilken sikkerhetsavstand som kreves av hensyn til biosikkerhet. Analysen vår viser derimot at effektiv arealplanlegging og koordinering mellom havvind og havbruk kan fungere som et arealmessig avbøtende tiltak som kan redusere konsekvensene. Vi tror også at attraktiviteten for havbruksaktørene for dette området vil påvirkes av om det på forhånd bygges ut havbruk i Nordvest C. Dersom det etableres mye havbruk lengre sør i Frøyabanken (overlapp med Nordvest C), kan dette påvirke verdien av overlappsområdet med Nordvest B negativt. Konsekvensene av å benytte overlappsområdet i Nordvest B til havvind blir da også mindre.

## 6. Nordvest B

### 6.1 Identifiserte interesser

Nordvest B er lokalisert i Norskehavet utenfor Trøndelag, og utgjør et areal på 3 437 km<sup>2</sup>.

#### 6.1.1 Havbruk til havs

Nordvest B overlapper med den nordlige delen av Frøyabanken nord (NO11) (Figur 6-1). Frøyabanken nord er et av tre områder som det i første omgang skal konsekvensvurderes og tilrettelegges for havbruk til havs (Fiskeridirektoratet, 2022; DFØ, 2024). Til sammen er det om lag 200 km<sup>2</sup> av den nordlige delen av Frøyabanken nord som overlapper med Nordvest B.

Frøyabanken Nord er det eneste av de tre områdene hvor det per i dag er gitt tillatelse til akvakultur. Dette er derimot lokalisert i den sørvestlige delen av området, som overlapper med Nordvest C (se kapittel 7). Fiskeridirektoratet påpekte i sin utredning fra 2019 at Frøyabanken nord ikke var et av områdene som havbruksnæringen fremhevet som aktuell for havbruk til havs (Fiskeridirektoratet, 2019). Frøyabanken nord ble derimot anbefalt av Fiskeridirektoratet i 2022 ettersom området blant annet har gode temperaturforhold og etablert infrastruktur etter petroleumsnæringen.

Fiskeridirektoratet la også vekt på at Frøyabanken nord er det eneste området hvor et havbruk til havs-prosjekt, Smart Fish Farm, har fått tillatelse til oppdrett. Direktoratet pekte på i sin utredning at dette tyder på at Frøyabanken nord er et område som akvakulturnæringen selv har valgt ut og ønsker å operere i (Fiskeridirektoratet, 2022). I ettertid har derimot Smart Fish Farm-prosjektet blitt satt på pause, men lokasjonen er fremdeles beslaglagt til formålet havbruk (ilaks.no, 2024).

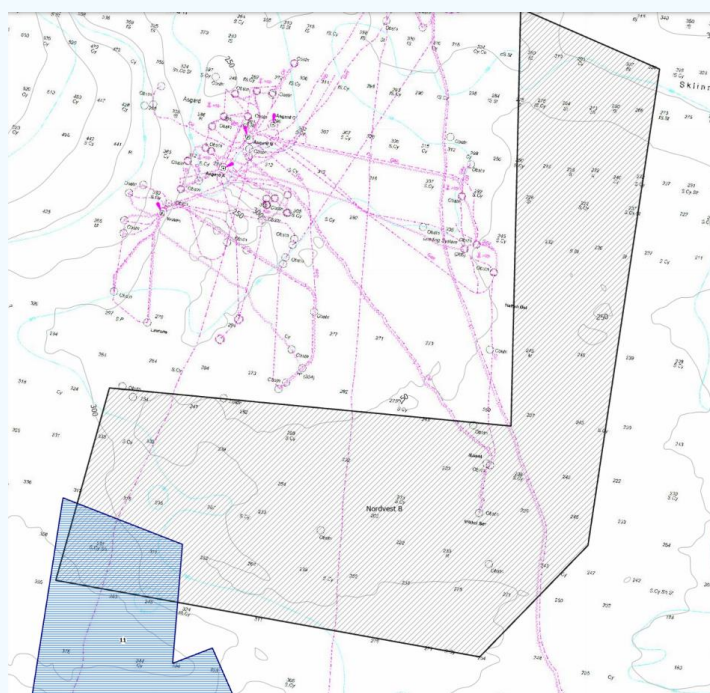
#### 6.1.2 Naturgitte forhold i og rundt Nordvest B

Nordvest B ligger i et havområde som anses som egnet for havbruk til havs basert på miljømessige forhold.

#### Temperatur- og strømforhold

Ifølge Albretsen, et al. (2019) ved Havforskningsinstituttet varierer gjennomsnittlig temperatur i Frøyabanken nord på mellom 9,7 og 8,5 grader celsius, avhengig av havdybde (Tabell 6-1). Modellerte verdier for temperatur er dermed innenfor grenseverdiene for god velferd for laksen.

Figur 6-1: Overlappende havbruk til havs-områder med Nordvest B

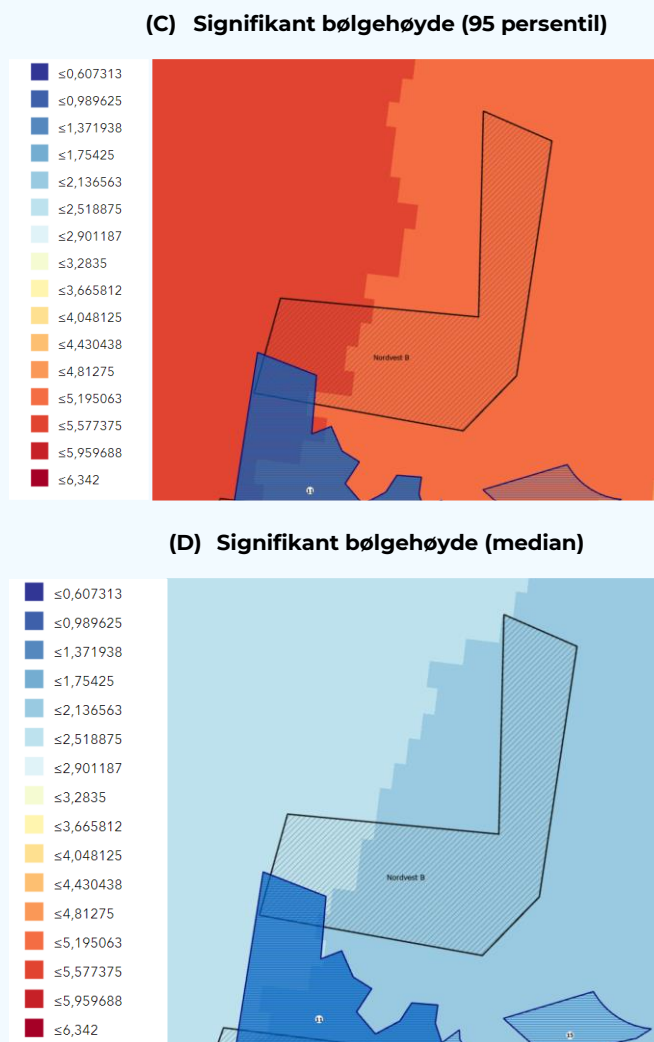


Kilde: Hentet fra Fiskeridirektoratets kartlag, Yggdrasil (2024d). [Kartlag for Havbruk til havs. Oversikt over områder for havbruk til havs (både anbefalte i 2019 og i 2022) og identifiserte områder for havvind i 2023]. Hentet fra: [Havbruk til havs \(fiskeridir.no\)](https://www.fiskeridir.no)

Tabell 6-1: Temperatur og strømhastighet

Frøyabanken nord	
(NOTI)	
Temperatur, 5% (2m)	6,8
Temperatur, 5 % (20m)	6,8
Temperatur, 5 % (50m)	7,0
Temperatur, gjennomsnitt (2m)	9,7
Temperatur, gjennomsnitt (20m)	9,2
Temperatur, gjennomsnitt (50m)	8,5
Strømhastighet, gjennomsnitt (2m)	0,21
Strømhastighet, gjennomsnitt (20m)	0,18
Strømhastighet, gjennomsnitt (50m)	0,14
Strømhastighet, 95% (2m)	0,51
Strømhastighet, 95% (20m)	0,43
Strømhastighet, 95% (50m)	0,33

Figur 6-2: Bølgehøyde



Kilde: Tabell 6-1: Figur 2.15 Relativ egnethet av områder 1-12 basert på medianverdier av alle variablene innenfor polygomer i Figur 2.4. Hentet fra Albretsen et al. (2019). Figur 6-2 er hentet fra Fiskeridirektoratet sin kartløsning, Yggdrasil (2024c). [Hentet fra kart for Havbruk til havs. Oversikt over sjødata, herunder signifikant bølgehøyde (95-persentil) og signifikant bølgehøyde (median)]. Hentet fra: [Havbruk til havs \(fiskeridir.no\)](https://www.fiskeridir.no/havbruk-til-havs). Figuren viser (A) høyeste (95 persentil) signifikant bølgehøyde og (B) gjennomsnittlige signifikante bølgehøyde, basert på operasjonelle varsler fra Meteorologisk institutt sin WAM-modell for hele 2018 (4x4 km oppløsning).

Albretsen, et al. (2019) påpekte at gjennomsnittlig strømhastighet i Frøyabanken nord er lavere enn grenseverdien for laksens vedvarende svømmekapasitet på 0,48 m/sek. Derimot er den sterkeste modellerte strømhastigheten (95 persentil) i området høy, målt til 0,51 meter/sekund på 2 meters dybde (Tabell 6-1). Dette er nært grenseverdien for laksens kritiske svømmekapasitet på 0,6 meter/sekund.

Fiskeridirektoratet fremhevet også at Frøyabanken nord har høye modellerte verdier for strømhastighet, og at strømhastigheten må ses i sammenheng med hvor langt tidsrommet for strømhastigheten er (Fiskeridirektoratet, 2019). Fiskeridirektoratet trakk frem at det kan være aktuelt å unngå lokalisering av havbruk til havs i områdene med sterke strømhastighet. Nøyaktig hvor disse områdene er må derimot utredes

nærmere i en eventuell konsekvensutredning av området.

### Bølgeforhold

Fiskeridirektoratet presenterte i sin utredning at Frøyabanken nord har en høyeste signifikant bølgehøyde (95-persentil) på 5,14 meter, og en signifikant bølgehøyde (median) på 2,12 meter (Fiskeridirektoratet, 2019). Kartlag hos Fiskeridirektoratet viser at det er området som overlapper med Nordvest B som har høyest signifikant bølgehøyde, både oppgitt i median og 95-persentil (Figur 6-2).

Siden det er lite kunnskap om laksens grenseverdier for bølgehøyde er det utfordrende å si om området er egnet for oppdrett. Derimot har vi snakket med havbruksaktører som har ytret interesse for å drive med havbruk til havs på Trænabanken, som peker på at den vestligste delen

av HTH-området som ligger mer eksponert til, anses som mest attraktivt av smittehensyn. Dermed utelukkes ikke havbruk til havs i det mer krevende området i Trænabanken, og dette kan også gjelde for Frøyabanken nord.

I tillegg vil valg av teknologisk løsning, eksempelvis nedsenket drift, kunne redusere påvirkning av bølgeforholdene på laksen. Dette kan samlet sett tyde på at mer eksponerte forhold ikke utelukker et område for havbruk til havs, men at det kan gjøre det mer kostbart for havbruksaktøren.

### Havdybde

Nordvest B har en gjennomsnittlig havdybde på 250 meter, noe som gjør at området blir aktuelt for flytende havvind (NVE, 2023b). I området hvor Nordvest B og Frøyabanken nord overlapper, er havdybden på om lag 300 meter (Yggdrasil (Fiskeridirektoratet), 2024e).

I 2019 påpekte Fiskeridirektoratet at Frøyabanken nord ikke opprinnelig var et av områdene som ble pekt på som interessant av akvakulturnæringen. Noe av årsaken til dette var store havdybder som kan drive opp kostnadene knyttet til fortøyning og hvilken type teknologi som kan brukes i området (Fiskeridirektoratet, 2019). Derimot viser kartlag til Fiskeridirektoratet, at Salmar har i sin søknad lokalisert Smart Fish Farm i et område som har en havdybde på om lag 350 meter. Dette kan tyde på at 300 meters dybde ikke ekskluderer et område for havbruk til havs (Yggdrasil (Fiskeridirektoratet), 2024e).

### Samlet vurdering av naturgitte forhold

Samlet sett virker arealet i Frøyabanken nord som overlapper med Nordvest B, å være egnet for

havbruk til havs. Hele overlappsområdet virker å ligge noe mer eksponert til, men vi har ikke sett noen grunn til at bølgehøyde skal, på dette stadiet, påvirke hvor det er aktuelt å plassere en oppdrettsklynge. Vår vurdering er derfor at det vil være kravene som stilles til sikkerhetsavstand mellom klynger og til kystnært oppdrett som i størst grad påvirker potensialet for havbruk til havs i Frøyabanken nord.

## 6.2 Verdi og påvirkning for Frøyabanken nord

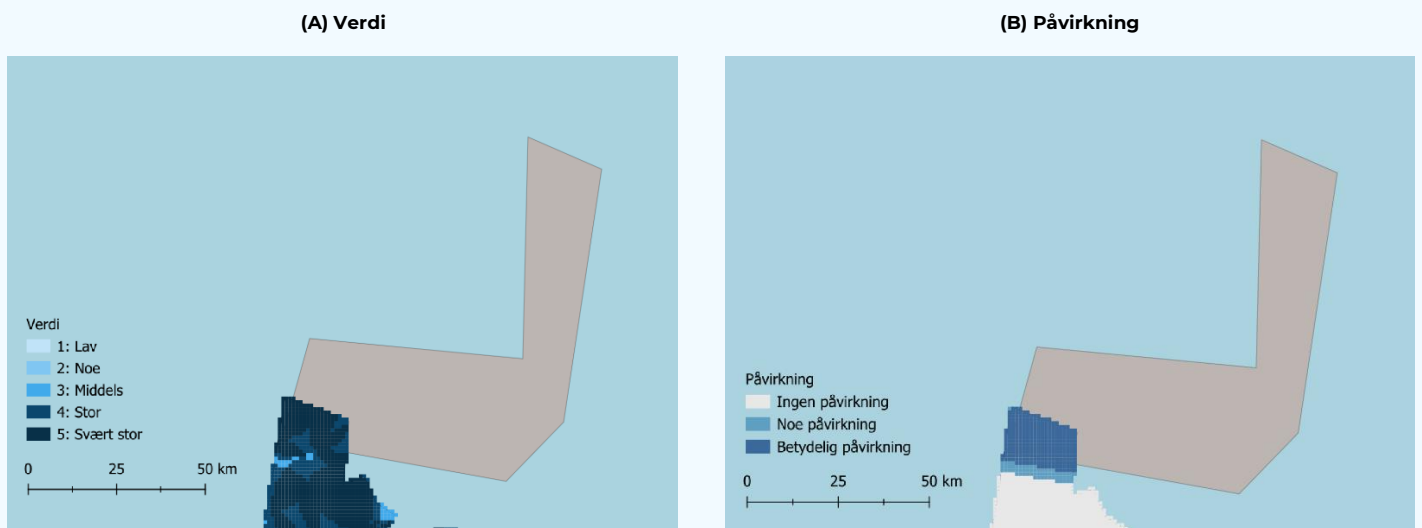
I dette delkapittelet presenterer vi verdi og påvirkning for HTH-området Frøyabanken nord.

### 6.2.1 Verdi

Frøyabanken nord har en særegen utforming, noe som gir mindre frihet med tanke på hvordan oppdrettsklynger skal plasseres for å maksimere produksjonspotensialet i HTH-området.

I scenario-analysen vår har vi kun tatt hensyn til hvordan smittepress påvirker krav til avstander mellom oppdrettsklynger, samtidig som vi forsøker å utnytte arealet i størst mulig grad. Med krav om en sikkerhetsavstand på 20 kilometer får vi plassert 11 klynger i Frøyabanken nord, hvor to av klyngene er plassert i eller i nærheten av området som overlapper med Nordvest B. Med krav til sikkerhetssone på 50 kilometer vil plassering av klynger i hjørnene av HTH-området sikre mest mulig utnyttelse av arealet. Med angitt sikkerhetsavstand får vi plass til totalt 3 klynger, hvorav 1 klynge er plassert nær overlappsområdet.

Figur 6-3: Verdi- og påvirkningskart av havvind på havbruk til havs i nordlig del av Frøyabanken nord



Kilde: Oslo Economics og SINTEF Ocean.

Figur 6-3 (A) viser verdi-kartet for den nordlige delen av Frøyabanken nord. Som kartet viser vil nesten alle statistikkrutene få enten *svært stor* eller *stor* verdi. Dette skyldes at store deler av det nordlige området sannsynligvis vil være mer aktuelt for utbygging av havbruk til havs, gitt våre scenarier med ulike sikkerhetsavstander. I alle fem scenarier vi har skissert, vil det nordlige hjørnet benyttes til havbruk til havs, gitt at man ønsker å maksimere utnyttelsen av arealet ved ulike krav til sikkerhetsavstander. Dette medfører at den nordlige delen av Frøyabanken nord vil få *svært stor* eller *stor* verdi.

Vi bemerker at det ikke vil bygges ut havbruk til havs i alle statistikkruiter som har *svært stor* eller *stor* verdi. Når en klynge med oppdrettsanlegg lokaliseres i et område, vil mange statistikkområder rundt klyngen ikke lenger være aktuelt for havbruk til havs, grunnet sikkerhetssonen som kreves til nærmeste oppdrettsklynge. Dette er derfor områder som eksempelvis kan brukes til utbygging av havvind. Derimot er det etter vår vurdering større sannsynlighet for at statistikkruiter med *svært stor* eller *stor* verdi vil brukes til havbruk til havs, sammenlignet med andre områder med lavere verdi-score.

### 6.2.2 Påvirkning

Av de totalt 2 327 km<sup>2</sup> som Frøyabanken nord består av, overlapper om lag 200 km<sup>2</sup> direkte med havvinds-område Nordvest B (NVE, 2023b). Dette innebærer at rundt 8 prosent av Frøyabanken nord vil bli beslaglagt dersom det bygges ut havvind i hele det overlappende området.

Vår vurdering er at det ikke vil være mulig å drive med oppdrett i den nordlige delen av Frøyabanken nord dersom det bygges ut havvind i hele Nordvest

B. Dette skyldes at NVE sitt referanseprosjekt legger til grunn at hver vindturbin skal ha 2,5 kilometer mellom seg. Vår vurdering er at det vil være nødvendig med 2 kilometers sikkerhetsavstand mellom et oppdrettsanlegg og en vindturbin.

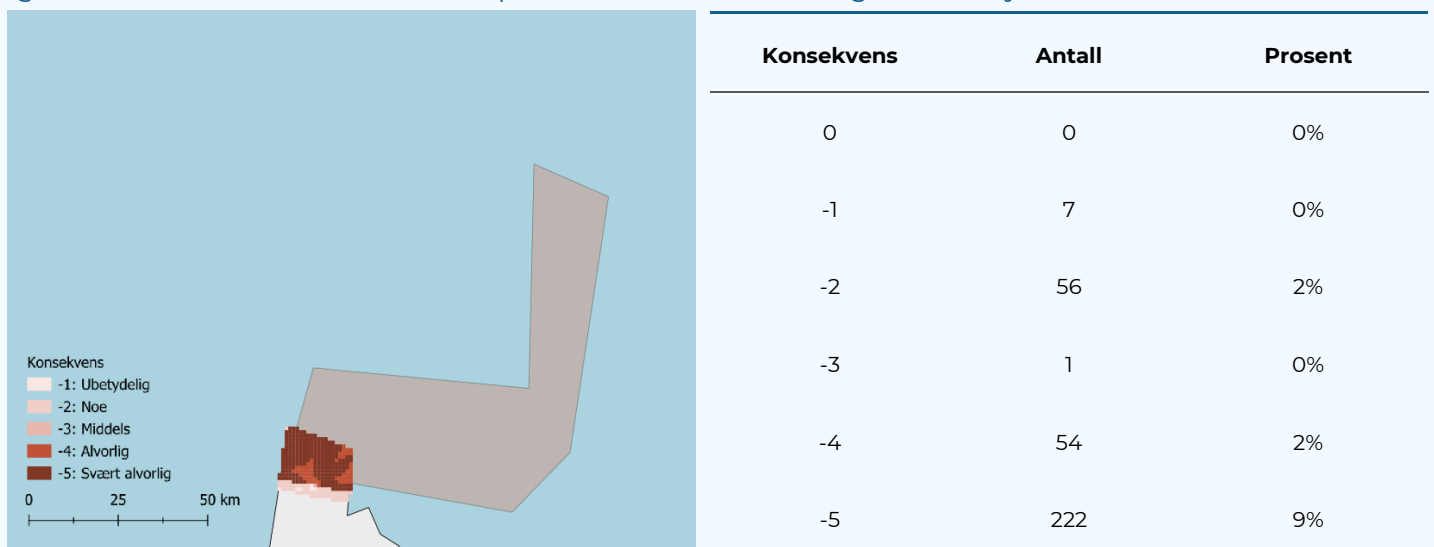
Figur 6-3 (B) viser påvirkningen på havbruk til havs i Frøyabanken nord dersom NVE bygger ut sitt referanseprosjekt i Nordvest B. Hvis det bygges ut havvind i Nordvest B vil dette fortrenge mulighetene for havbruk til havs i den nordlige delen av Frøyabanken nord, som følge av kravet til sikkerhetsavstand på 2 kilometer mellom et oppdrettsanlegg og nærmeste vindturbin. Kravet til sikkerhetsavstand fortrenger også muligheten for havbruk til havs 2 kilometer utenfor overlappsområdet. Mulighetene for havbruk vil dermed bli *betydelig påvirket* i overlappsområdet og tilhørende sikkerhetssone.

Videre har vi lagt til grunn at mellom 2 til 5 kilometer fra nærmeste vindturbin vil oppdrettsnæringen bli *noe påvirket* som følge av at laksen kan bli negativt påvirket av eksempelvis støy, uten at dette fortrenger muligheten til å drive med oppdrett i området.

## 6.3 Konsekvenser for havbruk til havs på Frøyabanken nord

Konsekvenskartet for den nordlige delen av Frøyabanken nord er vist i Figur 6-4. Vår vurdering er at tilnærmet hele arealet i Frøyabanken nord som overlapper med Nordvest B vil enten få *alvorlig* eller *svært alvorlig* konsekvens. Potensielt sett mister næringen mulighet til å plassere ut mellom 2 til 1 klynge av oppdrettsanlegg hvis det bygges ut havvind i hele Nordvest B, avhengig av hvilken

Figur 6-4: Konsekvenskart av havvind på havbruk til havs i nordlig del av Frøyabanken nord



sikkerhetsavstand som vil kreves mellom hvert oppdrettsanlegg.

Om lag 9 prosent av alle statistikkrutene i Frøyabanken nord får *svært alvorlig* konsekvens, mens om lag 2 prosent av statistikkrutene får *alvorlig* konsekvens. Konsekvensen følger av at utbygging av havvind beslaglegger områder i Frøyabanken nord som, etter vår vurdering, har høy sannsynlighet for å brukes til utbygging av havbruk. Dette under forutsetning om at man ønsker å maksimere utnyttelsen av arealet i Frøyabanken nord, og samtidig ivareta biosikkerhet i oppdrettsproduksjonen.

Konsekvenskarter er i stor grad en funksjon av verdi-kartet vi har utarbeidet, som maksimerer bruk av areal og ivaretagelse av biosikkerhet i et område. Statistikkrutene som er kategorisert som *svært alvorlig* konsekvens, er ruter som vil være innenfor en klynge og dens respektive sikkerhetssone i alle scenarier med ulik sikkerhetssone. Dette betyr at området med stor sannsynlighet kan brukes av oppdrettsnæringen til oppdrett, uavhengig av krav til sikkerhetssone mellom hvert anlegg.

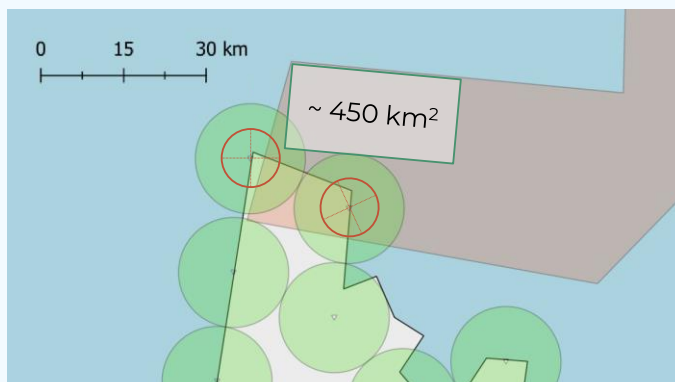
Videre vil en mindre andel av Frøyabanken nord få noe (2 prosent) konsekvens ved havvindsutbygging i Nordvest B. Dette følger av at det er usikkerhet rundt hvordan fisken eksempelvis påvirkes av støy, og at vi har lagt til grunn noe påvirkning i en sone mellom to og fem kilometer utenfor overlappsområdet. Innenfor dette området kan det være noen faktorer ved havvind som medfører at oppdrettsnæringen ikke finner det like attraktivt å drive med oppdrett i det området, uten at havvindsutbyggingen beslaglegger området helt.

## 6.4 Avbøtende tiltak

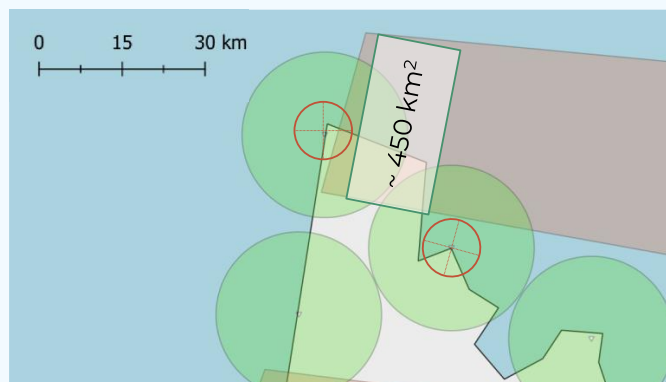
For utredningsområdet Nordvest B er det aktuelt å gjennomføre arealmessige avbøtende tiltak. Dette innebærer å planlegge for at havbruk skal etableres i Frøyabanken nord, og avsette tilstrekkelige arealer til dette. For å illustrere hvordan konsekvensene endrer seg når vi forutsetter at det gjennomføres slike tiltak har vi gjentatt scenarioanalysen, men med sikkerhetsavstander mellom havbruksklyngene og et referanseprosjekt for havvind.

Figur 6-5: Mulige avbøtende tiltak i nordlig del av Frøyabanken nord

A) Scenario 1 med avbøtende tiltak



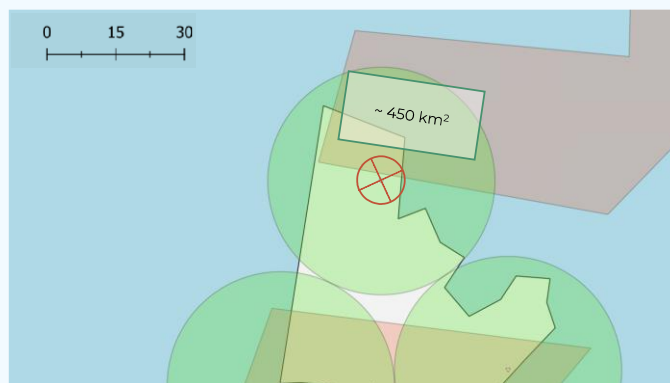
B) Scenario 2 med avbøtende tiltak



C) Scenario 3 med avbøtende tiltak



D) Scenario 4 med avbøtende tiltak



Kilde: Oslo Economics og SINTEF Ocean.



De røde sirkelene i Figur 6-5 illustrerer sikkerhetsavstander på 5 kilometer radius fra en havbruksklynge. Dette samsvarer med forutsetningene vi har gjort om at det vil være ingen til ubetydelig påvirkning på havbruk dersom det er 5 kilometer eller lengre til nærmeste vindturbin. Hver klynge med oppdrettsanlegg, med et produksjonspotensial på 50 000 tonn laks per år, trenger et areal på om lag 80 km<sup>2</sup>. Til sammenlikning består et referanseprosjekt for havvind med 1500 MW kapasitet av om lag 68 turbiner. Dette gir en kapasitetstetthet på 3,5 MW per km<sup>2</sup>. Arealbehovet til et slikt referanseprosjekt er derfor om lag 430 km<sup>2</sup>.

I scenario 1 er det 20 kilometer mellom hver havbruksklynge (Figur 6-5 (A)). Dette gjør det vanskeligere med arealmessige avbøtende tiltak, som innebærer å plassere havvindturbiner strategisk mellom oppdrettsklyngene. Det enkleste er antagelig å legge havvindmølleanlegget utenfor havbruksområdet. I scenarioet med små sikkerhetsavstander mellom hver klynge er det imidlertid mindre alvorlig dersom havvind blokkerer for enkelte havbruksklynger, ettersom man potensielt mister 2 av 9 klynger i området. Det vil derfor sannsynligvis være mulig å oppnå produksjon fra havbruk på det resterende arealet i Frøyabanken nord.

I scenario 2 og 3 er det 30 kilometer mellom havbruksanleggene, og dette gjør at det maksimalt er plass til én klynge i området hvor Frøyabanken nord og Nordvest B overlapper. Dersom det settes

av areal til et havbruksanlegg med tilhørende sikkerhetssone på 5 kilometer, kan utbygging av havvind skje uten at det får store konsekvenser for oppdrettsnæringen (Figur 6-5 (B) og (C)). Dette vil kreve 80 km<sup>2</sup> av de totalt 180 km<sup>2</sup> som utgjør overlappsområdet. Dersom havbruksklyngen plasseres i randsonen av utredningsarealet vil det kun kreve halvparten av dette, om lag 40 km<sup>2</sup>.

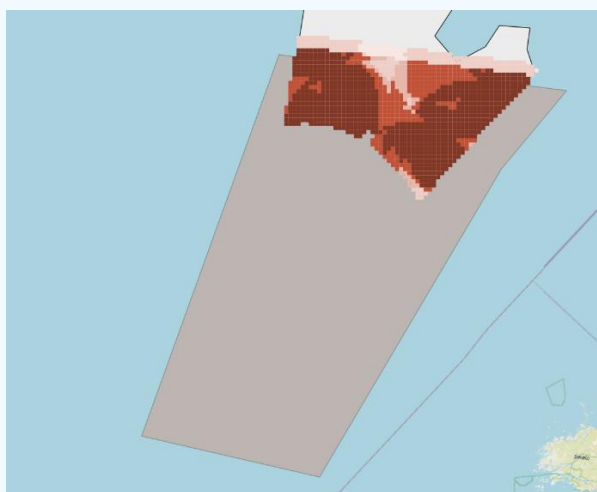
I scenario 4 er det 50 kilometer mellom hver havbruksklynge (Figur 6-5 (D)). Dette gjør at det maksimalt vil være plass til én havbruksklynge i havbruksområdet. Antagelig vil denne ønske å ligge langt nord i overlappsområdet, for å maksimere avstanden til havbruksklynger lengre sør på Frøyabanken nord. Som i scenario 2 og 3 vil dette kreve at det planlegges for at det avsettes et areal på 80 km<sup>2</sup> hvis det legges inni overlappsområdet, eller 40 km<sup>2</sup> dersom det legges i randen av overlappsområdet.

## 6.5 Usikkerhet

Hvor attraktivt overlappsområde blir vil antagelig avhenge av annen havbruksproduksjon på Frøyabanken nord, og vannslektskapet mellom mulig produksjon lengre sør på Frøyabanken og til kystnært havbruk. Dersom det eksempelvis er sterkt vannslektskap mellom området nord og sør i Frøyabanken nord, kan det hende at det nordlige området av Frøyabanken nord blir mindre attraktivt for havbruk, og at det dermed kan åpnes for havvind uten store konsekvenser.



# Utredningsområde Nordvest C



Nordvest C ligger i et område som anses som egnet for havbruk til havs, og overlapper med to tilrådde områder for havbruk til havs; Frøyabanken nord (NO11) og Frøyabanken sør (NO10). Samlet sett overlapper Nordvest C med to havbruksområder som har gode temperaturforhold for velferden og tilveksten til laksen, og som har noe mindre havdybde. Områdene har noe mer krevende strømhastighet, og særlig den vestlige delen av Frøyabanken nord ser ut til å ligge mer eksponert til, men dette området er også dagens lokasjon til det eneste havbruk til havs-prosjektet, Smart Fish Farm, som har fått tillatelse etter akvakulturloven. Basert på de miljømessige faktorene virker arealet hvor Frøyabanken nord og Sør og Nordvest C overlapper, å være egnet for å drive med havbruk til havs.

Vi har kun utarbeidet verdi-, påvirknings- og konsekvenskart for området som overlapper med Frøyabanken nord. Verdi-kartet viser at det er en betydelig andel av det sørlige området i Frøyabanken nord som vurderes å ha stor eller svært stor verdi. Dett skyldes at store deler av det sørlige området i Frøyabanken nord, sannsynligvis vil være mer aktuelt for utbygging av havbruk til havs, gitt ulike forutsetninger om sikkerhetsavstand mellom klynger av oppdrettsanlegg til havs og avstand til kystnært havbruk. Konsekvenskartet viser at dersom det bygges ut havvind i området hvor Frøyabanken nord og Nordvest C overlapper, vil dette potensielt ha alvorlige konsekvenser for oppdrettsnæringen. Dette følger av at havvind vil beslaglegge en betydelig del av arealet i Frøyabanken nord, og at man potensielt mister muligheten til å plassere ut mellom 4 og 2 oppdrettsklynger i området, avhengig av hvilken sikkerhetsavstand som kreves mellom klyngene. Analysen vår viser derimot at effektiv arealplanlegging og koordinering næringene seg imellom er et avbøtende tiltak som kan redusere konsekvensen til nær null. I tre av fire scenarier kan havvind plasseres i overlappsområdet uten at dette får negative konsekvenser for havbruk til havs. Generelt viser analysen at når avstanden mellom havbruksklyngene øker blir det enklere å gjøre avbøtende tiltak slik som å avsette finne arealer til begge næringer. Konsekvensen av å ikke gjøre avbøtende tiltak blir imidlertid også større når avstanden mellom havbruksklyngene øker.

## 7. Nordvest C

### 7.1 Identifiserte interesser

Nordvest C ligger utenfor Midt-Norge. Arealet til havvindsområdet er lokalisert i Norskehavet og utgjør et areal på 5 582 km<sup>2</sup> (NVE, 2023b).

#### 7.1.1 Havbruk til havs

Nordvest C overlapper med to tilrådde områder for havbruk til havs; den sørlige delen av Frøyabanken nord (NO11) og den vestlige delen av Frøyabanken sør (NO10) (Figur 7-1).

Frøyabanken nord er et av tre områder som det i første omgang skal konsekvensvurderes og tilrettelegges for havbruk til havs (Fiskeridirektoratet, 2022; DFØ, 2024). Til sammen er det om lag 1000 km<sup>2</sup> av den sørlige delen av Frøyabanken nord som overlapper med Nordvest B. Dette utgjør en overlapp på om lag 41 prosent av det totale området i Frøyabanken nord (NVE, 2023b).

Frøyabanken nord er det eneste området blant de anbefalte områdene hvor det er gitt tillatelse til akvakultur. Tillatelsen er lokalisert i det sør-vestlige hjørnet av området.

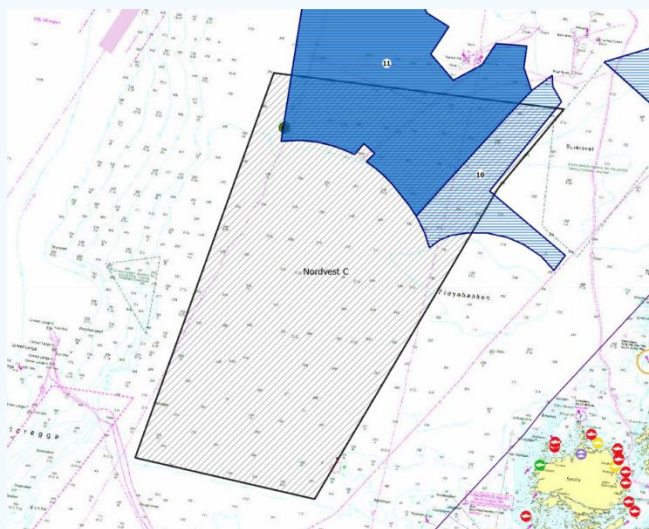
Fiskeridirektoratet konkluderte i 2019 med at Frøyabanken nord ikke var et av de områdene som var mest interessant for havbruksnæringen (Fiskeridirektoratet, 2019). Derimot ble området tilråddet for havbruk til havs av direktoratet i 2022, blant annet som følge av at området har gode temperaturforhold, og at det allerede eksisterer

infrastruktur i området etter petroleumssektoren. Fiskeridirektoratet la også vekt på at Frøyabanken nord er det eneste området hvor et havbruk til havs-prosjekt, Smart Fish Farm, har fått tillatelse etter akvakulturloven. Direktoratet pekte på i sin utredning at dette tyder på at Frøyabanken nord er et område som akvakulturnæringen selv har valgt ut og ønsker å operere i (Fiskeridirektoratet, 2022). I ettertid har derimot Smart Fish Farm-prosjektet blitt satt på pause, men lokasjonen er fremdeles beslaglagt til formålet havbruk (ilaks.no, 2024).

Frøyabanken sør er ikke ett av de tre områdene som er inkludert i Nærings- og fiskeridepartementet sin strategiske konsekvensutredning. Området ble derimot trukket frem i 2019 av enkelte aktører, som Norsk Industri og Stiim Aqua Cluster, som et aktuelt område for havbruk til havs (Fiskeridirektoratet, 2019).

Fiskeridirektoratet la vekt på i sin utredning i 2022 at Frøyabanken sør ligger nærmere kysten sammenlignet med Frøyabanken nord (Fiskeridirektoratet, 2022). Ådlandsvik (2021) ved Havforskningsinstituttet modellerte smittepress fra Frøyabanken nord sammenlignet med Frøyabanken sør. Han modellerte at Frøyabanken sør totalt medfører fire ganger så mye smittepress på produksjonsområde 6, 7 og 8 langs kysten, sammenlignet med Frøyabanken nord. Dette var en av hovedårsakene til at Fiskeridirektoratet endte med å anbefale at Frøyabanken nord skal konsekvensvurderes for havbruk til havs (Fiskeridirektoratet, 2022).

Figur 7-1: Overlappende havbruk til havs-områder med Nordvest C

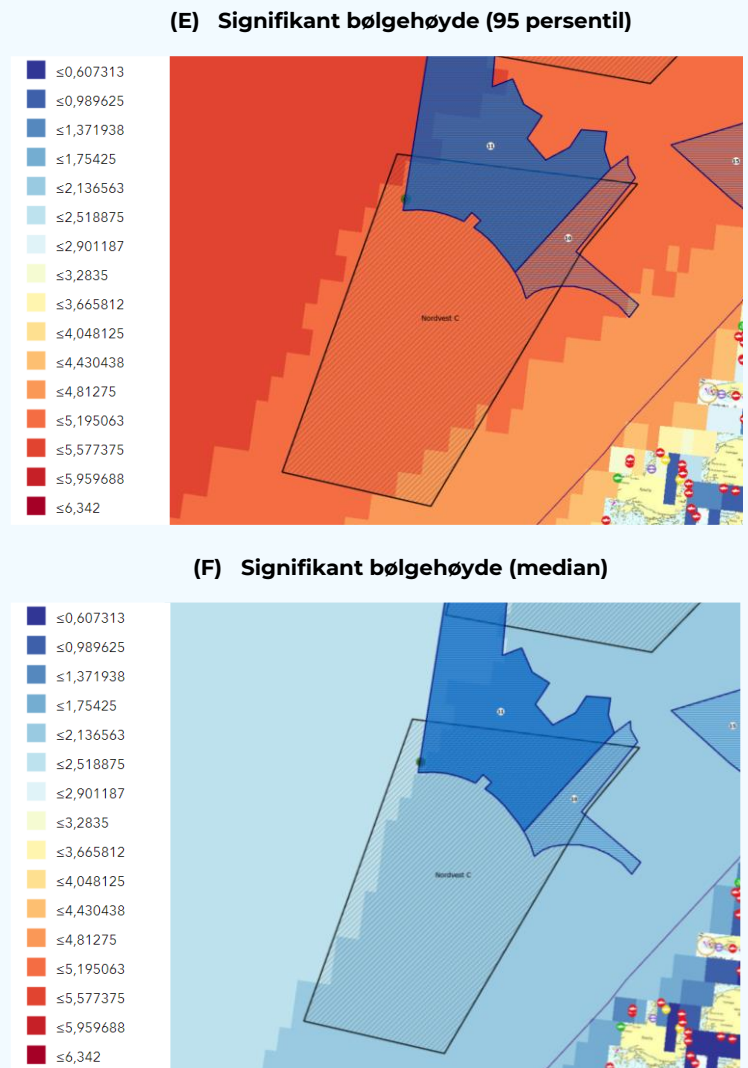


Kilde: Hentet fra Fiskeridirektoratets kartlag, Yggdrasil (2024d). [Kartlag for Havbruk til havs. Oversikt over områder for havbruk til havs (både anbefalte i 2019 og i 2022) og identifiserte områder for havvind i 2023]. Hentet fra: [Havbruk til havs \(fiskeridir.no\)](#). Grønn sirkel indikerer lokasjonen til Smart Fish Farm. Område 11 er Frøyabanken nord, mens område 10 er Frøyabanken sør.

Tabell 7-1: Temperatur og strømhastighet

	Frøyabanken sør (NO10)	Frøyabanken nord (NO11)
Temperatur, 5% (2m)	6,5	6,8
Temperatur, 5 % (20m)	6,7	6,8
Temperatur, 5 % (50m)	7,0	7,0
Temperatur, gjennomsnitt (2m)	9,7	9,7
Temperatur, gjennomsnitt (20m)	9,3	9,2
Temperatur, gjennomsnitt (50m)	8,6	8,5
Strømhastighet, gjennomsnitt (2m)	0,23	0,21
Strømhastighet, gjennomsnitt (20m)	0,18	0,18
Strømhastighet, gjennomsnitt (50m)	0,14	0,14
Strømhastighet, 95% (2m)	0,54	0,51
Strømhastighet, 95% (20m)	0,44	0,43
Strømhastighet, 95% (50m)	0,33	0,33

Figur 7-2: Bølgehøyde



Kilde: Tabell 7-1: Figur 2.15 Relativ egnethet av områder 1-12 basert på medianverdier av alle variablene innenfor polygomer i Figur 2.4. Hentet fra Albretsen et al. (2019). Figur 7-2 er hentet fra Fiskeridirektoratet sin kartløsning, Yggdrasil (2024c). [Hentet fra kart for Havbruk til havs. Oversikt over sjødata, herunder signifikant bølgehøyde (95-persentil) og signifikant bølgehøyde (median)]. Hentet fra: [Havbruk til havs \(fiskeridir.no\)](https://www.fiskeridir.no/havbruk-til-havs). Figuren viser (A) høyeste (95 persentil) signifikant bølgehøyde og (B) gjennomsnittlige signifikante bølgehøyde, basert på operasjonelle varsler fra Meteorologisk institutt sin WAM-modell for hele 2018 (4x4 km oppløsning). Grønn prikk på figuren illustrerer posisjonen til Smart Fish Farm (SFF)

## 7.1.2 Naturgitte forhold i og rundt Nordvest C

En stor del av Nordvest C ligger i et havområdesom anses som egnet for havbruk til havs basert på miljømessige forhold.

### Temperatur- og strømforhold

Ifølge Albretsen, et al. (2019) ved Havforskningsinstituttet er gjennomsnittlig temperatur i Frøyabanken nord på mellom 9,7 og 8,5, grader celsius, avhengig av målt havdybde. For Frøyabanken sør er gjennomsnittstemperaturen på mellom 9,7 og 8,6 grader celsius, avhengig av havdybde (Tabell 7-1). Modellerte temperaturverdier i de to havbruksområdene er innenfor grenseverdiene for god velferd for laksen. Modelleringen til Havforskningsinstituttet viser også at målte ekstremverdier (95 persentil) for

temperatur i begge havområder er innenfor grenseverdiene for laksen.

Den sterkeste strømhastigheten (95 persentil) i Frøyabanken nord og Frøyabanken sør er relativt høy, sett i forhold til laksens kritiske svømmekapasitet (Tabell 7-1). Dette kommenteres også av Fiskeridirektoratet i deres utredning fra 2019 (Fiskeridirektoratet, 2019). Direktoratet påpekte at strømhastigheten i området må ses i sammenheng med lengden på målt ekstremverdi for strømhastighet, og at det kan være nødvendig å unngå de mest «strømsterke» områdene til havs. Nøyaktig hvor disse områdene er, må utredes nærmere når man har kommet lengre ut i prosjekteringen av områdene. Direktoratet pekte videre på at det kan være aktuelt å stille krav til type teknologi som kan brukes i området for å dempe påvirkning på fisken (Fiskeridirektoratet, 2019).

## Bølgeførhold

Kartlag til Fiskeridirektoratet viser at det er de vestlige delene av Frøyabanken nord som ligger i områder med mer krevende bølgeførhold (Figur 7-2 (A) og (B)). Fiskeridirektoratet (2019) presenterte i sin utredning at Frøyabanken nord som helhet har den høyeste signifikant bølgehøyde (95 persentil) på 5,14 meter, og signifikant bølgehøyde (median) på 2,12 meter. Frøyabanken sør ligger noe mer skjermet til, med en høyeste signifikant bølgehøyde (95 persentil) på 4,96 meter, og signifikant bølgehøyde (median) på 2,04 meter.

Kartlagene til Fiskeridirektoratet viser at det meste av områdene i Frøyabanken nord og Sør som overlapper med Nordvest C, har mer moderate verdier når det gjelder signifikant bølgehøyde (Figur 7-2). Ettersom det er lite kunnskap om laksens grenseverdier for bølgehøyde er det utfordrende å si om området er uegnet for oppdrett grunnet bølgehøyde. Figur 7-2 viser blant annet at Smart Fish Farm er prosjektert i et område med høyere verdier på signifikant område, noe som illustrerer at bølgehøyde ikke nødvendigvis gjør et område uattraktivt for havbruksnæringen.

## Havdybde

Nordvest C har en gjennomsnittlig dybde på 270 meter, noe som gjør at området blir aktuelt for flytende havvind (NVE, 2023b). Kartlag fra Fiskeridirektoratet viser at i området hvor Nordvest C og Frøyabanken nord overlapper er havdybden på om lag mellom 350 og 320 meter (Yggdrasil (Fiskeridirektoratet), 2024e).

I 2019 påpekte Fiskeridirektoratet at Frøyabanken nord ikke opprinnelig var et av områdene som havbruksnæringen viste interesse for (Fiskeridirektoratet, 2019). Noe av årsaken var store havdybder som kan drive opp kostnader knyttet til

fortøyning m.m. Smart Fish Farm er prosjektert i et område på Frøyabanken nord som har en havdybde på om lag 350 meter, ifølge kartlagene til Fiskeridirektoratet (Yggdrasil (Fiskeridirektoratet), 2024e). Dette kan tyde på at havdybden ikke ekskluderer HTH-området fra å være aktuelt for havbruk til havs.

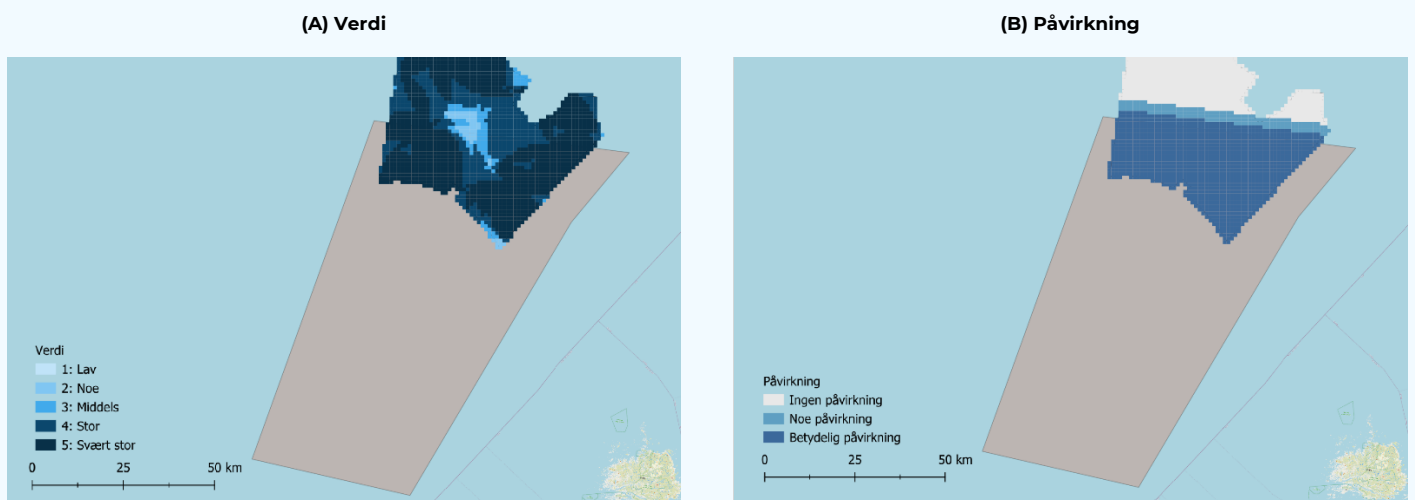
Ifølge kartlag fra Fiskeridirektoratet, har Frøyabanken sør mer moderat havdybde, hvor havdybden varierer mellom 220 og 300 meter i området som overlapper med Nordvest C (Yggdrasil (Fiskeridirektoratet), 2024e). Mindre havdybde kan virke noe kostnadsbesparende for havbruksaktørene, men etter vår vurdering gjør ikke havdybden i seg selv at området er mer attraktivt for havbruksaktører sammenlignet med Frøyabanken nord.

Basert på de miljømessige faktorene virker arealet hvor Nordvest C og HTH-områdene overlapper, å være egnet for å havbruk til havs. Vi har ikke funnet noen årsaker som ekskluderer enkelte arealer i det overlappende området fra å være aktuelt for havbruk til havs. Vår vurdering er derfor at det på dette stadiet vil være krav til avstand mellom klynger, og smittepotensialet til og fra kystnært havbruk, som i størst grad påvirker hvor mye av overlapsområdet som kan brukes til havbruk.

## 7.2 Verdi og påvirkning for Frøyabanken nord

I dette delkapittelet presenterer vi verdi og påvirkning for Frøyabanken nord. Vi gir også en kvalitativ vurdering av mulighetene for havbruk til havs på Frøyabanken sør, og eventuelle konsekvenser av havvindsutbygging i HTH-området.

Figur 7-3: Verdi- og påvirkningskart av havvind på havbruk til havs i sørlig del av Frøyabanken nord



## 7.2.1 Verdi

Frøyabanken nord har en særegen utforming, noe som gir mindre frihet til å plassere oppdrettsklynger på en optimal måte for å maksimere produksjonspotensialet.

I scenario-analysen vår har vi kun tatt hensyn til hvordan smittepress påvirker krav til avstander mellom oppdrettsklynger til havs, samtidig som vi forsøker å utnytte HTH-området i størst mulig grad. Med krav til sikkerhetsavstander på 20 kilometer får vi plassert 11 klynger i Frøyabanken nord, hvor 4 av klyngene er plassert i området som overlapper med Nordvest B. Med krav til større sikkerhetssoner, som 50 kilometer, vil hjørnene av HTH-området i større grad sikre mest mulig utnyttelse av arealet. Med angitt sikkerhetsavstand får vi plass til totalt 3 klynger, hvorav 2 klynger er plassert i overlappsområdet.

Figur 7-3 (A) viser verdi-kartet for den sørlige delen av Frøyabanken nord. En betydelig andel av området er vurdert til å ha *stor* verdi eller *svært stor* verdi. Dett skyldes at scenarioanalysen vår viser at store deler av det sørlige området i Frøyabanken nord sannsynligvis vil være mer aktuelt for utbygging av havbruk til havs, sammenlignet med andre statistikkruiter med lavere verdi-score.

I scenario-analysen vår har vi forsøkt å maksimere utnyttelsen av området, med ulike sikkerhetssoner for å minimere risikoen for smittepress mellom HTH-klynger og fra kystnært havbruk. I alle fem scenarier vi har skissert vil de sørlige hjørnene av området kunne brukes til havbruk til havs.

Ettersom Frøyabanken nord ligger såpass langt unna kystområdet, vil ikke kystnært havbruk i nevneverdig grad påvirke verdien til det østligste området i Frøyabanken nord. Det vil kun medføre at plasseringen av klynger må justeres noe, og at klyngene lengst øst flyttes noen kilometer lengre ut til havs. Det østligste området vil dermed også få *svært stor* eller *stor* verdi, ettersom kravet til sikkerhetsavstand fra kystnært havbruk på 70 kilometer, ikke ekskluderer mye av det østlige arealet.

Vi bemerker at det ikke vil bygges ut havbruk til havs i alle statistikkruiter som har *svært stor* eller *stor* verdi. Når en klynge med oppdrettsanlegg lokaliseres i et område, vil mange statistikkområder rundt klyngen ikke lenger være aktuelt for havbruk til havs grunnet sikkerhetssonen som kreves til nærmeste HTH-klynge. Dette er områder som eksempelvis kan brukes til utbygging av havvind. Derimot er det etter vår vurdering *større* sannsynlighet for at statistikkruiter med *svært stor* eller *stor* verdi vil brukes til havbruk til havs,

sammenlignet med andre områder med lavere verdi-score.

## 7.2.2 Påvirkning

Av Frøyabanken nord sitt totale areal på 2 328 km<sup>2</sup> er det om lag 1000 km<sup>2</sup> som direkte overlapper med Nordvest C (NVE, 2023b). Dette innebærer at rundt 41 prosent av arealet i Frøyabanken nord vil bli beslaglagt dersom det bygges ut havvind i hele det overlappende området.

Vår vurdering er at det ikke vil være mulig å drive med oppdrett i overlappsområdet dersom det bygges ut havvind i hele Nordvest C. Dette skyldes at NVE sitt referanseprosjekt legger til grunn at hver vindturbin skal ha 2,5 kilometer mellom seg. Vår vurdering er at det vil være nødvendig med 2 kilometers sikkerhetsavstand mellom et oppdrettsanlegg og en vindturbin.

Figur 7-3 (B) viser påvirkning på havbruk til havs i Frøyabanken nord dersom NVE bygger ut sitt referanseprosjekt i Nordvest C. Dersom det bygges ut havvind i Nordvest C vil dette fortrenge mulighetene for havbruk til havs i den sørlige delen av Frøyabanken nord, som følge av kravet til sikkerhetsavstand på 2 meter mellom et oppdrettsanlegg og nærmeste vindturbin. Kravet til sikkerhetsavstand fortrenger også muligheten for havbruk til havs 2 kilometer utenfor overlappsområdet. Mulighetene for havbruk vil dermed bli *betydelig påvirket* i overlappsområdet og tilhørende sikkerhetssone.

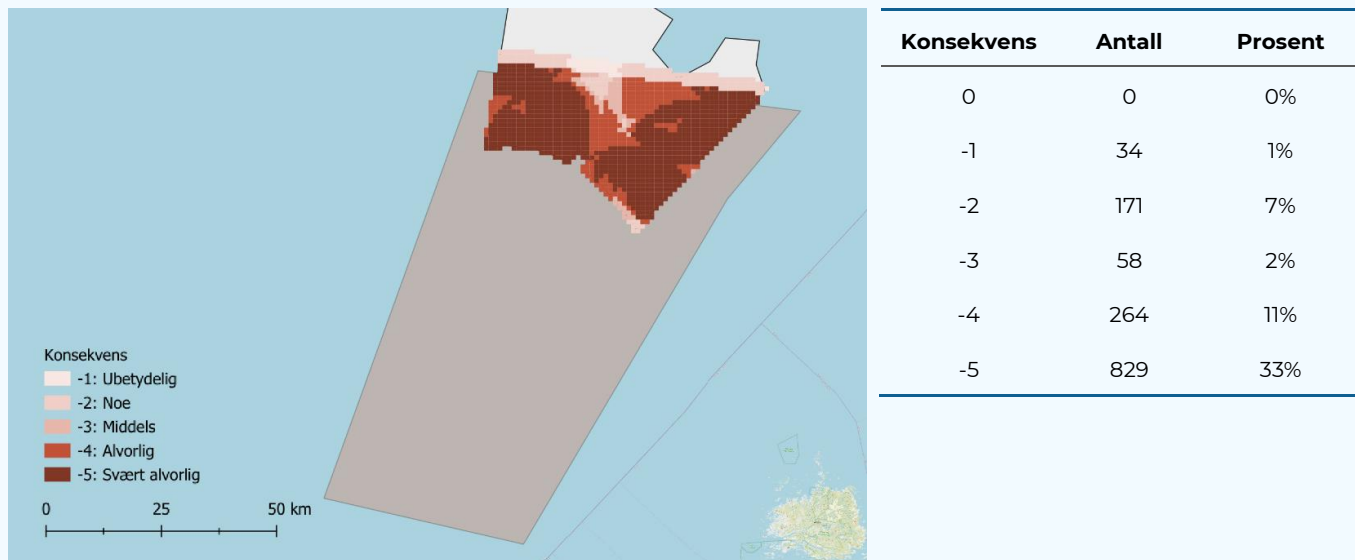
Videre har vi lagt til grunn at mellom 2 til 5 kilometer fra nærmeste vindturbin vil oppdrettsnæringen bli *noe påvirket* som følge av at laksen kan bli negativt påvirket av eksempelvis støv, uten at dette fortrenger muligheten til å drive med oppdrett i området.

## 7.3 Konsekvenser for havbruk til havs i Frøyabanken nord

Konsekvenskartet for den sørlige delen av Frøyabanken nord er vist i Figur 7-4. Vår vurdering er at tilnærmet hele arealet i Frøyabanken nord som overlapper med Nordvest C vil enten få *alvorlig* eller *svært alvorlig* konsekvens. Potensielt sett mister næringen mulighet til å plassere ut mellom 4 til 2 klynger av oppdrettsanlegg hvis det bygges ut havvind i hele Nordvest C, avhengig av hvilken sikkerhetsavstand som vil kreves mellom hvert oppdrettsanlegg.

Om lag 33 prosent av alle statistikkrutene i Frøyabanken nord får *svært alvorlig* konsekvens, mens rundt 11 prosent av statistikkrutene får *alvorlig* konsekvens. Konsekvensen følger av at

Figur 7-4: Konsekvenskart av havvind på havbruk til havs i sørlig del av Frøyabanken nord



Kilde: Oslo Economics og SINTEF Ocean.

utbygging av havvind beslaglegger områder i Frøyabanken nord som, etter vår vurdering, har høy sannsynlighet for å brukes til utbygging av havbruk. Dette under forutsetning om at man ønsker å maksimere utnyttelsen av arealet i Frøyabanken nord, og samtidig ivareta biosikkerhet i oppdrettsproduksjonen.

Konsekvenskartet er i stor grad en funksjon av verdi-kartet vi utarbeidet, som maksimerer bruk av areal og ivaretagelse av biosikkerhet i et område. Statistikkrutene som er kategorisert som *svært alvorlig* konsekvens, er ruter som vil være innenfor en klynge og dens respektive sikkerhetssone i alle scenarier med ulik sikkerhetssone. Dette betyr at området med stor sannsynlighet kan brukes til havbruk til havs, uavhengig av krav til sikkerhetssone mellom hvert anlegg.

Videre vil en mindre andel Frøyabanken nord få *middels* (2 prosent) eller *noe* (7 prosent) konsekvens ved havvindsutbygging i Nordvest C. Dette følger av at det er usikkerhet rundt hvordan fisk eksempelvis påvirkes av støy, og at vi derfor har lagt til grunn *noe påvirkning* i en sone på 2 til 5 kilometer utenfor overlappsområdet. Innenfor dette området kan det være noen faktorer, som eksempelvis støy fra vindturbiner, som medfører at oppdrettsnæringen ikke finner det like attraktivt å drive med havbruk i det området.

## 7.4 Avbøtende tiltak

For utredningsområdet Nordvest C er det aktuelt å gjennomføre arealmessige avbøtende tiltak. Dette innebærer å planlegge for at havbruk skal etableres i Frøyabanken nord, og å avsette tilstrekkelige arealer til dette. For å illustrere hvordan konsekvensene endrer seg når vi forutsetter at det

gjennomføres slike tiltak har vi gjort scenarioanalysen, men med sikkerhetsavstander mellom havbruksklyngene og et referanseprosjekt for havvind.

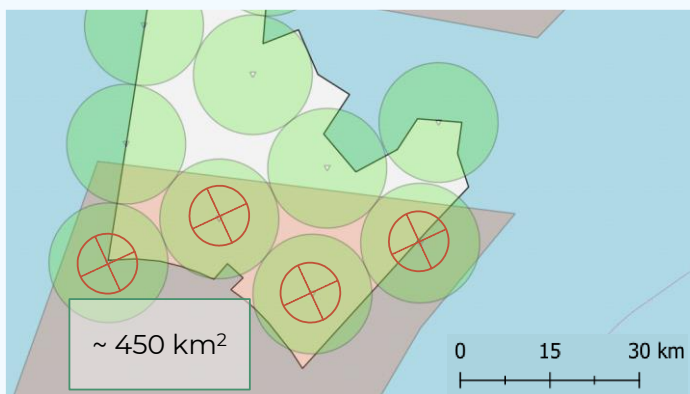
De røde sirklene i Figur 7-5 illustrerer sikkerhetsavstander på 5 kilometer radius fra en havbruksklynge. Dette samsvarer med forutsetningene vi har gjort om at det ved 5 kilometer ikke vil være ubetydelig påvirkning fra havvind på havbruk. Arealet hver havbruksklynge med produksjonspotensial på 50 000 tonn laks per år trenger er et areal på om lag 80 km<sup>2</sup>. Til sammenlikning har et referanseprosjekt for havvind med 1500 MW kapasitet om lag 68 turbiner. Dette gir en kapasitetstetthet på 3,5 MW / km<sup>2</sup>. Arealbehovet til et slikt referanseprosjekt er derfor om lag 430 km<sup>2</sup>.

I scenario 1 er det 20 kilometer mellom hver havbruksklynge (Figur 7-5 (A)). Dette gjør det vanskeligere med avbøtende tiltak som innebærer å plassere havvindrutbiner innimellom havbruksklyngene. Det er allerede godkjent en lokalitet for havbruksvirksomhet i det sør-vestlige hjørnet av overlappsområdet noe som legger føringer for hvordan det er rasjonelt å plassere øvrige havbruksklynger, og også et havvindanlegg. Det enkleste vil antagelig være å legge havvindmøllepanlegget utenfor overlappsområdet, med en sikkerhetsavstand på 5 kilometer til den godkjente lokaliteten.

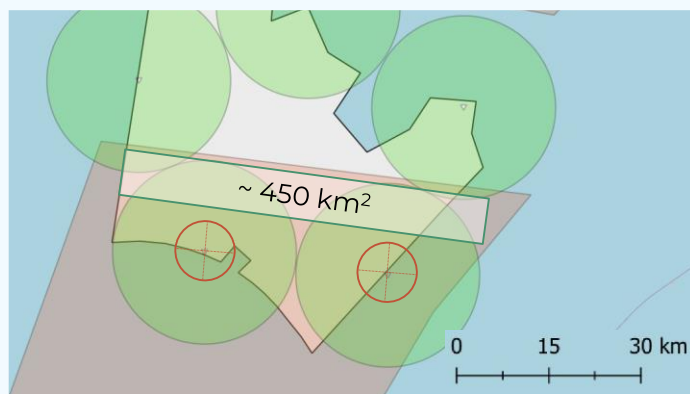
I scenario 2 det 30 kilometer mellom havbruktanleggene og plass til 2 klynger i overlappsområdet (Figur 7-5 (B)). I figuren illustrerer vi at det er mulig å plassere et referanseprosjekt for vindkraft i den nordre delen av overlappsområdet,

Figur 7-5: Mulige avbøtende tiltak i sørlig del av Frøyabanken nord

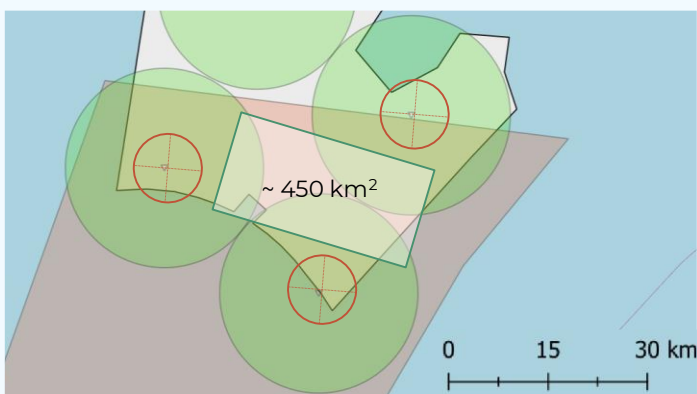
A) Scenario 1 med avbøtende tiltak



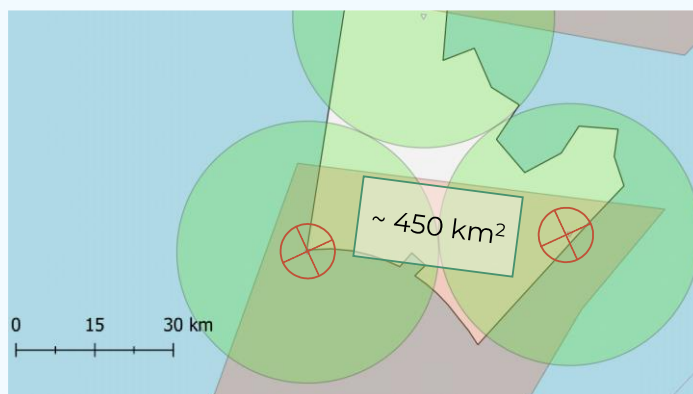
B) Scenario 2 med avbøtende tiltak



C) Scenario 3 med avbøtende tiltak



D) Scenario 4 med avbøtende tiltak



Kilde: Oslo Economics og SINTEF Ocean.

uten at dette får konsekvenser for plasseringen av havbruksklyngene. Det bør i tillegg vurderes å legge til seilingsleder for fartøy som skal seile til og fra havbruksanleggene.

I scenario 3 er det også 30 kilometer mellom havbruksklyngene. På grunn av den ekstra sikkerhetsavstanden til land er det færre valgmuligheter med tanke på hvordan klyngene skal plasseres (Figur 7-5 (C)). Det er likevel mulig å plassere et referanseprosjekt for vindkraft i området som ligger mellom klyngene. Det kan også være mulig å legge et havvindhavn utenfor overlappsområdet, i et belte nærmest land.

I scenario 4 er det 50 kilometer mellom hver havbruksklynge (Figur 7-5 (D)). Dette gjør at det maksimalt vil være plass til 2 havbruksklynger i overlappsområde. Å plassere et havvindhavn mellom disse havbruksklyngene vil antagelig være uproblematisk. Med færre frihetsgrader for hvordan havbruksklyngene kan plasseres, er de avbøtende tiltakene viktige for å redusere konsekvensen av havvind.

Generelt ser vi at det sør-vestlige delen av overlappsområdet er det som er mest attraktivt for havbruksnæringen. Sammenliknet med de øvrige

utredningsområdene er antagelig dette det viktigste for havbruksnæringen. Den godkjente lokaliteten til Smart Fish Farm indikerer at dette er et område som er attraktivt for havbruk til havs. Et avbøtende tiltak som bør vurderes, er å inkludere dette i videre prosess for utbygging av havvind.

## 7.5 Usikkerhet

Hvor attraktivt overlappsområde blir vil antagelig avhenge av annen havbruksproduksjon på Frøyabanken nord, og vannslektskapet mellom mulig produksjon lengre sør på Frøyabanken og til kystnært havbruk. Dersom det eksempelvis er sterkt vannslektskap mellom området nord og sør i Frøyabanken nord, kan det hende at det nordlige området av Frøyabanken nord blir mindre attraktivt for havbruk, og at det dermed kan åpnes for havvind uten store konsekvenser.

## 7.6 Konsekvenser for havbruk til havs på Frøyabanken sør

Vi har ikke utarbeidet et verdi-, påvirknings- og konsekvenskart for Frøyabanken sør. Dette skyldes at området ikke er ett av de anbefalte områdene



som inngår i Nærings- og fiskeridepartementet sin konsekvensutredning.

Basert på tilgjengelig informasjon virker Frøyabanken sør å være attraktiv for havbruksnæringen, som følge av gode miljømessige forhold (som diskutert i kapittel 7.1). Frøyabanken sør består derimot av ett mindre areal, og HTH-området smalere sammenlignet med Frøyabanken nord (Figur 7-6). Dette medfører at arealutnyttelsen til havbruk til havs blir mer begrenset, særlig ved større sikkerhetssoner. I tillegg overlapper det østligste området av Frøyabanken sør med området *Kystsonen Norskehavet nord*, som ble foreslått som et særlig verdifulle område (SVO) i 2021.

Frøyabanken sør er delt inn i tre grener, hvor den ene ligger nærmere kystnært havbruk. Dersom man setter en grense på 70 kilometer til kystnært havbruk av smittehensyn, vil ikke området kunne brukes i det hele tatt.

Ådlandsvik (2019b) konkluderte med at det vil være lite smitte fra åpne anlegg til havs når avstanden fra grunnlinjen øker til 30 nautiske mil (56 kilometer). Med dette anslaget vil også arealet i Frøyabanken sør bli svært begrenset, og kun en smal del av det vestligste området vil kunne være aktuelt for havbruk til havs grunnet biosikkerhet. Tilnærmet hele området som er mest aktuelt av smittehensyn, vil være det området som overlapper med Nordvest C.

Samlet sett er vår vurdering at det vil kunne være konsekvenser for havbruk til havs dersom det

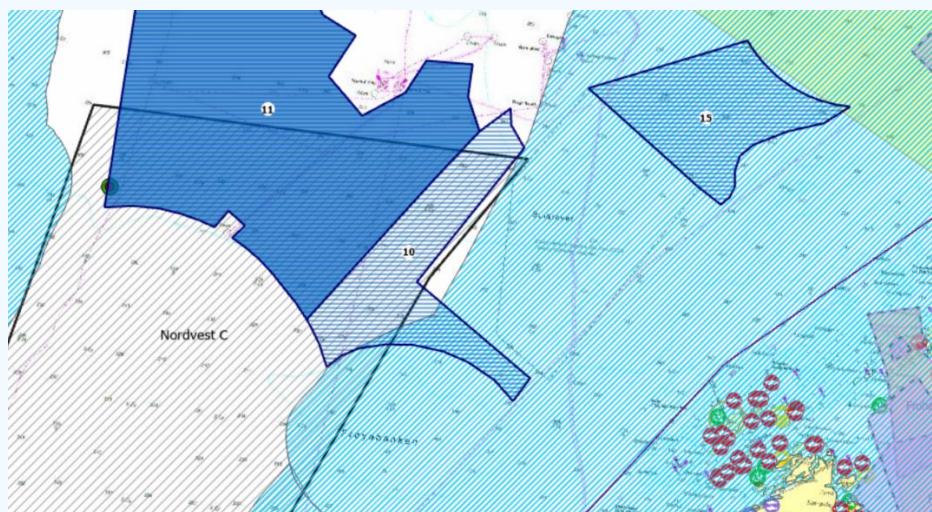
bygges ut havvind i hele Nordvest C. Dette følger av at det området hvor Nordvest C og Frøyabanken sør overlapper, sannsynligvis vil være det mest attraktive området for havbruksaktørene av smittehensyn.

Vår samlede vurdering er derimot at det potensielt vil være større konsekvenser å bygge ut havvind i området hvor Nordvest C overlapper med Frøyabanken nord. Dette følger av at vi legger stor vekt på produksjonspotensialet som kan oppnås i områdene, selv med strenge regler om sikkerhetssoner mellom hver klynge av oppdrettsanlegg.

Vår vurdering er at arealet på Frøyabanken sør i større grad begrenses av både smittehensyn til og fra kystnært havbruk. Ådlandsvik (2021) ved Havforskningsinstituttet modellerte at Frøyabanken sør hadde om lag 4 ganger så stor smitte til produksjonsområde 6, 7 og 8 langs kysten, sammenlignet med Frøyabanken nord. Dette var også med smittemodellering som ekskluderte grenen på Frøyabanken sør som ligger nærmest kystnært havbruk.

Samlet sett er vår vurdering derfor at mulighetene for havbruk til havs vil være mindre på Frøyabanken sør sammenlignet med Frøyabanken nord. Som følge av dette er vår vurdering at utbygging av havvind i områder som overlapper med Frøyabanken sør, har mindre konsekvenser sammenlignet med utbygging i områder som overlapper med Frøyabanken nord.

Figur 7-6: Overlappende havbruk til havs-områder med Nordvest C



Kilde: Hentet fra Fiskeridirektoratets kartlag, Yggdrasil (2024d). [Kartlag for Havbruk til havs. Oversikt over områder for havbruk til havs (både anbefalte i 2019 og i 2022) og identifiserte områder for havvind i 2023]. Hentet fra: [Havbruk til havs \(fiskeridir.no\)](https://www.fiskeridir.no/Havbruk-til-havs). Grønn sirkel indikerer lokasjonen til Smart Fish Farm. Område 11 er Frøyabanken nord, mens område 10 er Frøyabanken sør.

## 8. Øvrige utredningsområder som også utredes for havbruk

Utredningsområdene Vestavind F, Nordavind C og Nordavind D overlapper med områder som anbefales for havbruk til havs, men som per i dag ikke konsekvensutredes. Vår vurdering er at disse områdene er mindre attraktive for havbruk nå, fordi de har mindre gunstige naturgitte forhold og større risiko for smitte til og fra kystnært havbruk. Endringer i vanntemperatur som følge av klimaendringer, eller endre av produksjonsteknologi kan endre dette.

### 8.1 Vestavind F

Vestavind F er lokalisert utenfor Rogaland i Nordsjøen. Området har et samlet areal på 1 989 km<sup>2</sup> (NVE, 2023a).

Utredningsområdet Vestavind F er et tilleggsareal til det allerede åpnete havvindområdet Utsira Nord (Figur 8-1 (A) og (B)). I Utsira Nord er det planlagt tre prosjektområder som skal produsere 500 MW strøm hver (Energidepartementet, 2023; NVE, 2023c).

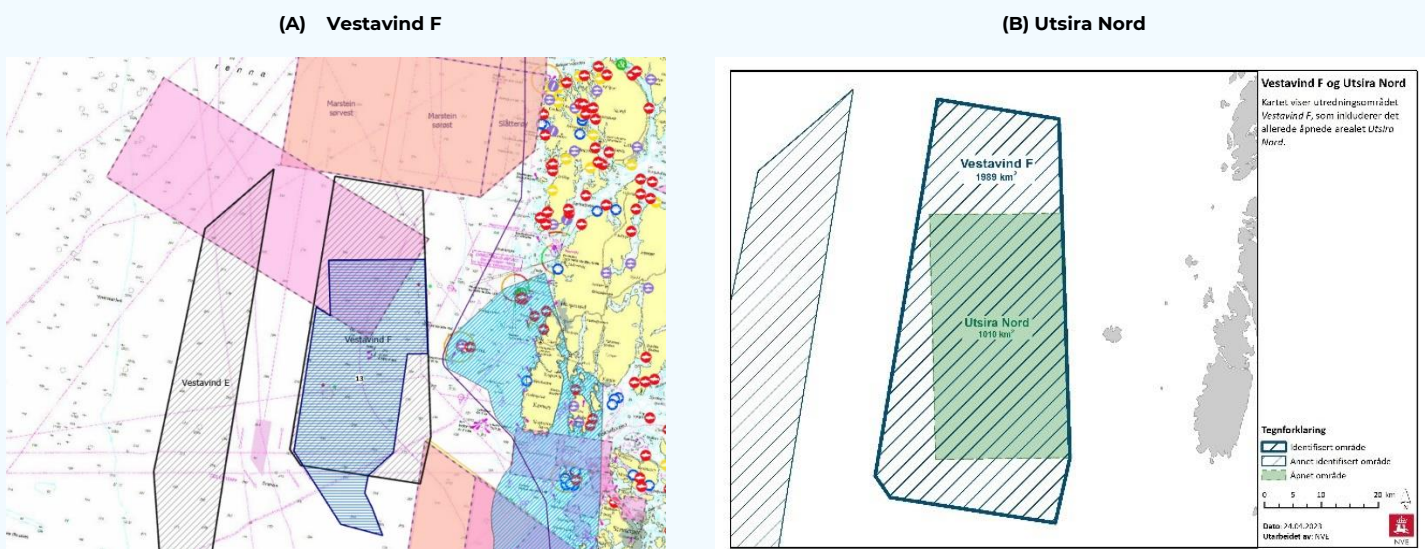
#### 8.1.1 Identifiserte interesser i og rundt Vestavind F

Vestavind F overlapper med ett område som er tilrådt for havbruk til havs, Indrebakken (NO13). Indrebakken består av et areal på om lag 1 388 km<sup>2</sup>, hvor en stor andel av dette arealet overlapper med Vestavind F (Fiskeridirektoratet, 2019).

Indrebakken ble ansett som et av de mest aktuelle områdene for havbruk til havs av aktører som Norsk Industri og Stimm Aqua Cluster i 2019 (Fiskeridirektoratet, 2019). Fiskeridirektoratet (2019) påpekte at dette skyldes at området har moderat avstand til land, gode temperaturforhold og aktuelle havdybder. Videre ligger området nært eksisterende infrastruktur til havbruksnæringen. Fiskeridirektoratet konkluderte derfor i 2019 med at området anbefales for havbruk til havs.

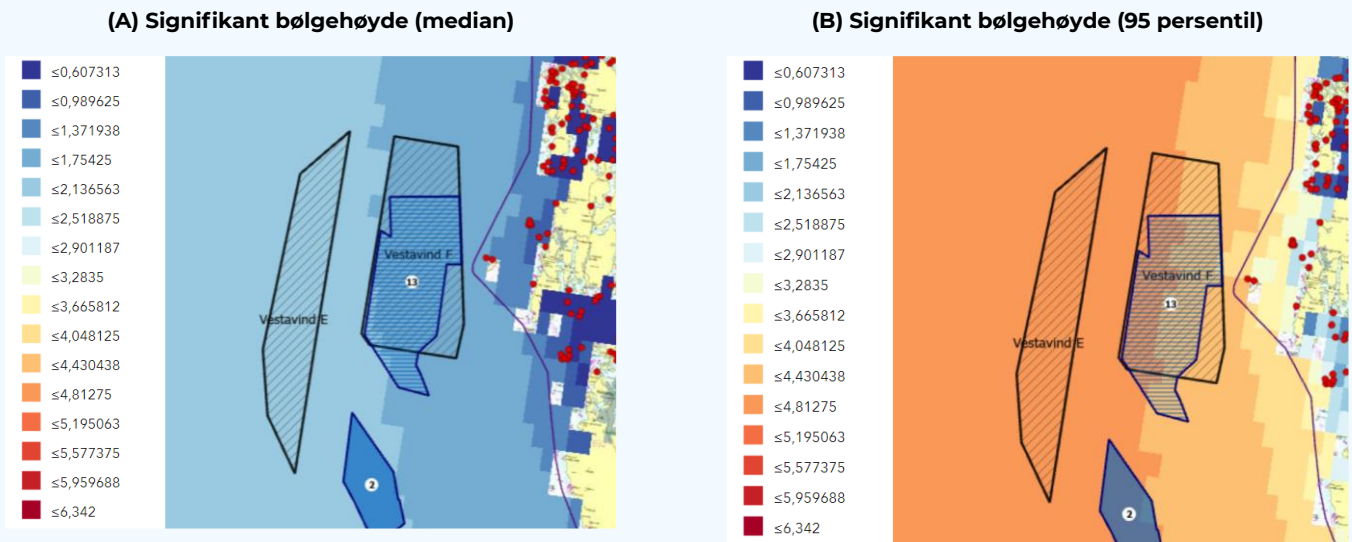
Området Indrebakken ble i Fiskeridirektoratet sin utredning i 2022, derimot nedprioritert for Norskerenna sør. Årsaken til dette er at Ådlandsvik (2021) ved Havforskningsinstituttet modellerte at havbruk på Indrebakken har om lag fem ganger høyere smitte til kystnært havbruk, sammenlignet med Norskerenna Sør. Det modellerte smittepresset spredte seg i all hovedsak til

Figur 8-1: Overlappsområder i Vestavind F og åpnet område i Utsira Nord



Kilde: Figur A er hentet fra Fiskeridirektoratets kartlag, Yggdrasil (2024d). [Kartlag for Havbruk til havs. Oversikt over identifiserte områder for havvind, forsvars skyte- og øvingsfelt i sjø, og miljøverdier over særlig verdifulle og sårbare områder (SVO)]. Hentet fra: [Havbruk til havs \(fiskeridir.no\)](https://fiskeridir.no). Figur B er hentet fra NVE sin nettside (2023a) for Vestavind F, hvor kartet viser havvindområdet Vestavind F inkludert det allerede åpnete området Utsira Nord.

Figur 8-2: Signifikant gjennomsnittlig og høyeste bølgehøyde (median) i Indrebakken



Kilde: Hentet fra Fiskeridirektoratet sin kartløsning, Yggdrasil (2024c). [Hentet fra kart for Havbruk til havs. Oversikt over sjødata, herunder signifikant bølgehøyde (95-persentil) og signifikant bølgehøyde (median)]. Hentet fra: [Havbruk til havs \(fiskeridir.no\)](https://www.fiskeridir.no). Figuren viser (A) høyeste (95 persentil) signifikant bølgehøyde og (B) gjennomsnittlige signifikante bølgehøyde, basert på operasjonelle varsler fra Meteorologisk institutt sin WAM-modell for hele 2018 (4x4 km oppløsning).

produksjonsområde 3 og 4 langs kysten. Ådlandsvik (2021) konkluderte med at ettersom hele Indrebakken er lokalisert nært kysten, vil det fremdeles være et sterkt smittepress dersom anlegg plasseres lengst vest i området.

### 8.1.2 Naturgitte forhold i og rundt Vestavind F

#### Temperatur- og strømforhold

Store deler av Indrebakken er lokalisert i et område som Havforskningsinstituttet har modellert at er mindre egnet for havbruk til havs (Albretsen, et al., 2019). Målte temperaturforhold er innenfor grenseverdiene for optimal temperatur for laksen, med en median av laveste (5 persentil) og høyeste (95 persentil) temperaturmåling på mellom 5,0 og 13,9 grader celsius (Fiskeridirektoratet, 2019).

At området anses som mindre egnet kan skyldes sterk strømhastighet i havområdet. Indrebakken ligger nærme kystnært havbruk og kyststrømmen. Fiskeridirektoratet konkluderte i 2019 med at median av sterkeste strømhastighet er høyere enn grenseverdiene for god fiskevelferd (Fiskeridirektoratet, 2019). Direktoratet påpekte at maksimal strømhastighet i området varierer mellom 0,53 meter/sekund til 0,73 meter/sekund. Området har dermed sterkere strømhastighet enn det som anses som optimalt, sett i forhold til laksens vedvarende svømmekapasitet på 0,48 meter/sekund.

#### Bølgehøyde

Indrebakken har en signifikant bølgehøyde (median) på 1,7 meter, og en høyeste målt signifikant bølgehøyde (95-persentil) på 4,42 meter (Fiskeridirektoratet, 2019). Kartlag fra

Fiskeridirektoratet viser at særlig det vestlige området av Indrebakken har mer krevende bølgef forhold (Figur 8-2). Signifikant bølgehøyde (median og 95 persentil) er derimot lavere i Indrebakken enn det som er målt i Frøyabanken nord. Ettersom et havbruk til havs-prosjekt allerede har blitt tillatt i Frøyabanken nord, er nok ikke bølgehøyden i Indrebakken en begrensende faktor for havbruk til havs i området.

#### Havdybde

Kartlag fra Fiskeridirektoratet viser at i området hvor Vestavind F og Indrebakken overlapper, er havdybden på om lag 250 og 270 meter (Yggdrasil (Fiskeridirektoratet), 2024e). Området har dermed mer moderat havdybde sammenlignet med andre HTH-områder, som eksempelvis Frøyabanken nord og Trænabanken. Mer moderat havdybde kan virke kostnadsbesparende for akvakulturaktører ettersom det kreves mindre materiale til forankring.

#### Samlet vurdering av naturgitte forhold

Samlet sett virker arealet hvor Vestavind F og Indrebakken overlapper å være egnet for havbruk til havs basert på miljøfaktorer som temperatur, bølgef forhold og havdybde. Målt strømhastighet i området er relativt høyt i forhold til angitte grenseverdier for god fiskevelferd, som nok skyldes at området ligger nært kyststrømmen. Området ligger også nærme kystnært havbruk, noe som kan skape problematikk knyttet til smittepress mellom andre oppdrettsanlegg til havs i området og kystnært havbruk.

### 8.1.3 Konsekvenser for havbruk til havs på Indrebakken

Vi har ikke utarbeidet et verdi-, påvirknings- og konsekvenskart for Indrebakken, ettersom området ikke er ett av områdene som i dag konsekvensutredes.

Basert på tilgjengelig informasjon virker det som at Indrebakken har noen miljømessige forhold som gjør området attraktivt for havbruk. Det kan derimot bli en utfordring at området ligger nærme kystnært havbruk og kyststrømmen, siden dette medfører problemer knyttet til biosikkerhet og sterkere strømhastighet.

Særlig risikoen for smittepress til kystnært oppdrett vil sannsynligvis begrense mulighetene for havbruk til havs i Indrebakken. Selv ved plassering av anlegg lengst vest, viser smittemodeller fra Havforskningsinstituttet at det vil være betydelig smittepress til produksjonsområder langs kysten (Ådlandsvik, 2021). Dette vil sette begrensninger for hvor mange anlegg som kan være i HTH-området, og hvor mye produksjon hvert anlegg kan produsere.

Vår vurdering er at utbygging av havvind på Vestavind F vil kunne medføre noen konsekvenser for havbruk til havs, ettersom det beslaglegger et areal som havbruksnæringen potensielt kunne ha benyttet seg av. Samtidig er vår vurdering at konsekvensene vil være mindre sammenlignet med å bygge ut havvind i områdene Nordvest A, B og C. Dette følger av at Vestavind F ligger så nær kysten. Potensialet for havbruk i HTH-området

Indrebakken vil derfor begrenses av smittehensyn, og mulighetene for havbruksproduksjon vil etter vår vurdering være større i Frøyabanken nord og Trænabanken. Disse områdene har gunstige miljøforhold for laksen, og kan potensielt ha større produksjon som følge av at områdene har større avstand til kystnært oppdrett. I tillegg består disse to områdene av større areal. Dette muliggjør større avstander mellom oppdrettsklynger til havs, noe som er gunstig av hensynet til biosikkerhet.

## 8.2 Nordavind C

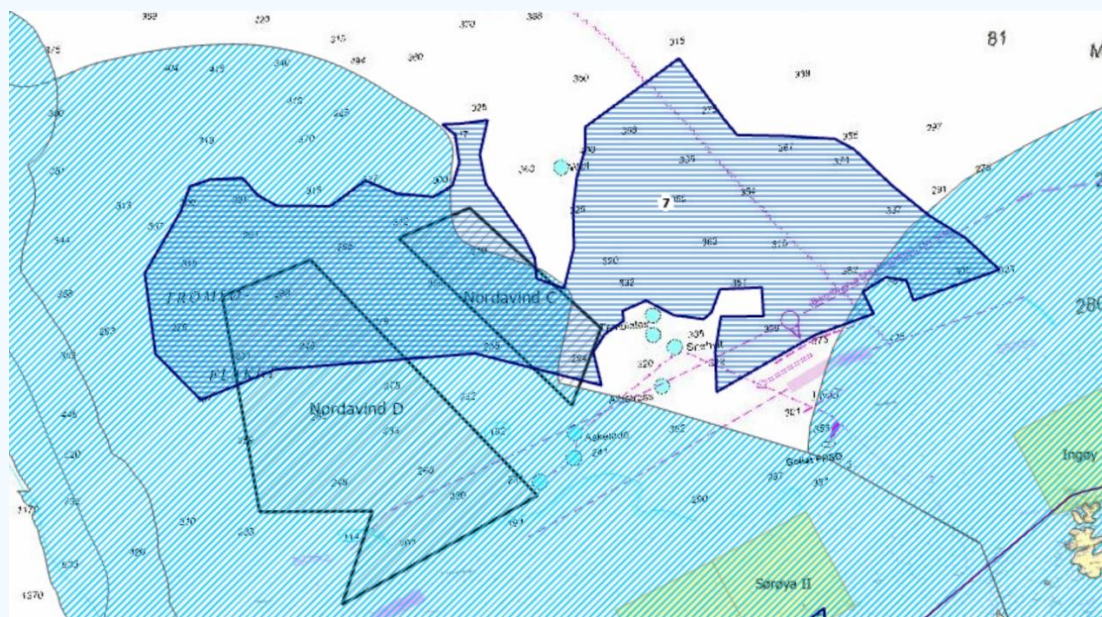
Nordavind C er lokalisert i Norskehavet, utenfor Finnmark, og området består av et areal på om lag 1 054 km<sup>2</sup>.

### 8.2.1 Identifiserte interesser i og rundt Nordavind C

Nordavind C overlapper med havbruk til havs-området Tromsøflaket (NO7) (Figur 8-3). Tromsøflaket var ett av områdene som Fiskeridirektoratet tilrådet i 2019 at skulle tas med videre i en konsekvensutredning (Fiskeridirektoratet, 2019).

Tromsøflaket har ikke blitt ansett som et interessant område for havbruksnæringen (Fiskeridirektoratet, 2019). Fiskeridirektoratet (2019) pekte på at området ligger langt til havs, noe som innebærer at næringen må bruke mye ressurser på å etablere havbruk og på transport av materiell, personell og laks til og fra området. Likevel ble området anbefalt til videre utredning for havbruk til havs.

Figur 8-3: Overlappsområder mellom Vestavind F og Tromsøflaket

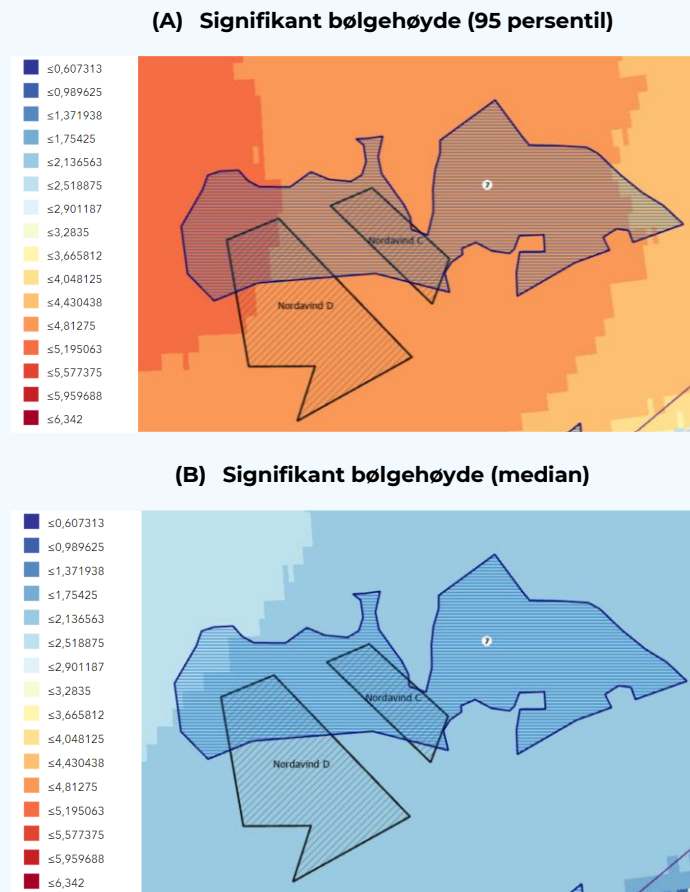


Kilde: Kilde: Hentet fra Fiskeridirektoratets kartlag, Yggdrasil (2024d). [Kartlag for Havbruk til havs. Oversikt over områder for havbruk til havs (både anbefalte i 2019 og i 2022), identifiserte områder for havvind i 2023, forsvarets skyte- og øvingsfelt i sjø, og miljøverdier over særlig verdifulle og sårbare områder (SVO)]. Hentet fra: [Havbruk til havs \(fiskeridir.no\)](https://www.fiskeridir.no).

Tabell 8-1: Temperatur og strømhastighet

	Tromsøflaket (NO7)
Temperatur, 5% (2m)	4,9
Temperatur, 5 % (20m)	4,9
Temperatur, 5 % (50m)	4,8
Temperatur, gjennomsnitt (2m)	7,3
Temperatur, gjennomsnitt (20m)	7,1
Temperatur, gjennomsnitt (50m)	6,6
Strømhastighet, gjennomsnitt (2m)	0,21
Strømhastighet, gjennomsnitt (20m)	0,19
Strømhastighet, gjennomsnitt (50m)	0,17
Strømhastighet, 95% (2m)	0,46
Strømhastighet, 95% (20m)	0,43
Strømhastighet, 95% (50m)	0,39

Figur 8-4: Signifikant bølgehøyde



Kilde: Tabell 8-1: Figur 2.15 Relativ egnethet av områder 1-12 basert på medianverdier av alle variablene innenfor polygomer i Figur 2.4. Hentet fra Albretsen et al. (2019). Figur 8-4 er hentet fra Fiskeridirektoratet sin kartløsning, Yggdrasil (2024c). [Hentet fra kart for Havbruk til havs. Oversikt over sjødata, herunder signifikant bølgehøyde (95-persentil) og signifikant bølgehøyde (median)]. Hentet fra: [Havbruk til havs \(fiskeridir.no\)](https://www.fiskeridir.no/havbruk-til-havs). Figuren viser (A) høyeste (95 persentil) signifikant bølgehøyde og (B) gjennomsnittlige signifikante bølgehøyde, basert på operasjonelle varsler fra Meteorologisk institutt sin WAM-modell for hele 2018 (4x4 km oppløsning).

I Fiskeridirektoratet sin utredning fra 2022, kom det igjen frem at det var liten interesse blant havbruksnæringen for å etablere havbruk til havs på Tromsøflaket (Fiskeridirektoratet, 2022). Tromsøflaket ble derfor ikke ett av de tre områdene som ble anbefalt for videre konsekvensutredning, til fordel for Trænabanken. Tromsøflaket er derimot fremdeles et av Fiskeridirektoratets 11 anbefalte områder for havbruk til havs.

## 8.2.2 Naturgitte forhold i og rundt Nordavind C

### Temperatur- og strømforhold

Fiskeridirektoratet konkluderte i 2019 med at Tromsøflaket hadde verdier for temperatur og strømforhold som var innenfor grenseverdiene for god laksevelferd (Fiskeridirektoratet, 2019). Blant annet viser Albretsen, et al. (2019) ved Havforskningsinstituttet at modellert gjennomsnittlig strømhastighet i Tromsøflaket er lavere enn grenseverdien for laksens vedvarende svømmekapasitet (0,48 meter/sekund) (Tabell 8-1). I tillegg er modellert ekstremverdier av strømhastigheten (95 persentil) i området lavere

enn grenseverdien for laksens kritiske svømmeevne (0,60 meter/sekund).

Havforskningsinstituttet konkluderte med at området som Tromsøflaket og Nordavind C er plassert i, er mindre egnet for havbruk til havs sammenlignet med mer sørlige havområder (Albretsen, et al., 2019). Dette skyldes at området har lav temperatur i vannet, og at temperatur vil påvirke laksens ytelse og dermed også laksens svømmeevne.

Albretsen, et al. (2019) modellerte at gjennomsnittlig temperatur på Tromsøflaket var på mellom 7,3 og 6,6 grader celsius, avhengig av havdybden (Tabell 8-1). Dette er lavere temperaturer sammenlignet med andre aktuelle områder for havbruk, som Trænabanken og Frøyabanken nord.

Trænabanken har lignende strømhastighet som Tromsøflaket, men temperaturforholdene er nærmere det som anses som optimalt for laksens trivsel og yteevne. Trænabanken virker dermed, sett i forhold til temperatur og strømhastighet, som et

mer attraktivt område for havbruk til havs sammenlignet med Tromsøflaket.

## Bølgeførhold

Tromsøflaket har en signifikant bølgehøyde (median) på 2,04 meter, og en høyeste signifikant bølgehøyde (95 persentil) på 4,63 meter (Fiskeridirektoratet, 2019) (Figur 8-4). Fiskeridirektoratet kommenterte i 2019 at målt bølgehøyde var relativt høyt i området sammenlignet med andre havområder, men at det var lavere enn det som var målt i maksimal signifikant bølgehøyde på enkelte lokaliteter på Færøyene. Dette er også lavere bølgehøyder enn det som eksempelvis er målt på Frøyabanken nord, hvor Smart Fish Farm er planlagt lokalisert. Dette tyder på at bølgehøyde i seg selv ikke er den mest avgjørende faktoren som ekskluderer Tromsøflaket fra havbruk til havs.

## Havdybde

Nordavind C har en målt gjennomsnittlig dybde på 290 meter, noe som gjør området egnet for flytende havvind. Kartlag fra Fiskeridirektoratet viser at havdybden varierer mellom 290 og 310 meter i området hvor Nordavind C og Tromsøflaket overlapper (Yggdrasil (Fiskeridirektoratet), 2024e). Dette er grunnere sammenlignet med havdybden i Frøyabanken nord hvor Smart Fish Farm er planlagt lokalisert. Vår vurdering er derfor at havdybde ikke er en faktor som ekskluderer Tromsøflaket fra havbruk til havs.

## Samlet vurdering av naturgitte forhold

Temperatur virker å være en avgjørende faktor som gjør at Tromsøflaket anses som mindre attraktivt for havbruk.

I tillegg vil en viktig faktor være det at oppdrettsnæringen ikke har uttrykt stor interesse for å drive med havbruk til havs i området. Tromsøflaket ligger langt unna dagens produksjonsområder. Dette kan opprinnelig være positivt siden det kan føre til mindre smittetrykk til og fra kystnært havbruk. Havforskningsinstituttet og Fiskeridirektoratet konkluderte blant annet med at ettersom Tromsøflaket ligger langt unna grunnlinjen og er utenfor kyststrømmen, vil smittepotensialet fra området ikke være like stort som fra øvrige HTH-områder nærmere kyststrømmen (Fiskeridirektoratet, 2019; Ådlandsvik, 2019a).

### 8.2.3 Konsekvenser for havbruk til havs på Tromsøflaket

Vi har ikke utarbeidet et verdi-, påvirknings-, og konsekvenskart for Tromsøflaket. Dette skyldes at området ikke er tatt med videre til

konsekvensutredning hos Nærings- og fiskeridepartementet.

Basert på tilgjengelig informasjon virker det som at Tromsøflaket er mindre egnet for havbruk til havs sammenlignet med andre havbruksområder, grunnet for lav temperatur. For lav temperatur vil påvirke produksjonsmulighetene i området og svømmekapasiteten til laksen, hvorav sistnevnte er viktig når man flytter oppdrett til mer eksponerte områder med sterkere strømforhold.

I tillegg har vi i intervjuer med havbruksaktører ikke fått noen indikasjon på at Tromsøflaket er aktuelt for havbruk til havs. Dette var også en av årsakene til at Fiskeridirektoratet anbefalte at Trænabanken ble anbefalt til videre konsekvensutredning fremfor Tromsøflaket (Fiskeridirektoratet, 2022).

Vår vurdering er at utbygging av havvind på Nordavind C vil ha noe konsekvens, ettersom området i teorien kan brukes til havbruk til havs. Utbygging av havvind vil dermed beslaglegge et mulig produksjonsområde. Derimot virker det som havvindsutbygging på Nordavind C per i dag, med flere HTH-områder å velge imellom, vil ha mindre konsekvens. Dette skyldes i all hovedsak liten interesse for å drive med oppdrett i området.

Spørsmålet blir dermed om oppdrettsnæringen ville ha benyttet seg av Tromsøflaket dersom dette var det eneste området tilgjengelig. Hvis området ville ha blitt brukt, vil utbygging ha konsekvens ettersom det fjerner mulighetene for havbruk til havs. Hvis området ikke ville ha blitt brukt, så vil konsekvensen være lik null.

Vår vurdering er at konsekvensen for havbruk til havs av å bygge ut havvind i Nordavind C vil være relativt liten sammenlignet med andre områder som Frøyabanken nord og Trænabanken.

## 8.3 Nordavind D

Nordavind D er lokalisert utenfor Troms og Finnmark i Norskehavet. Området er stort, og strekker seg over et areal på 3 642 km<sup>2</sup>.

### 8.3.1 Identifiserte interesser i og rundt Nordavind C

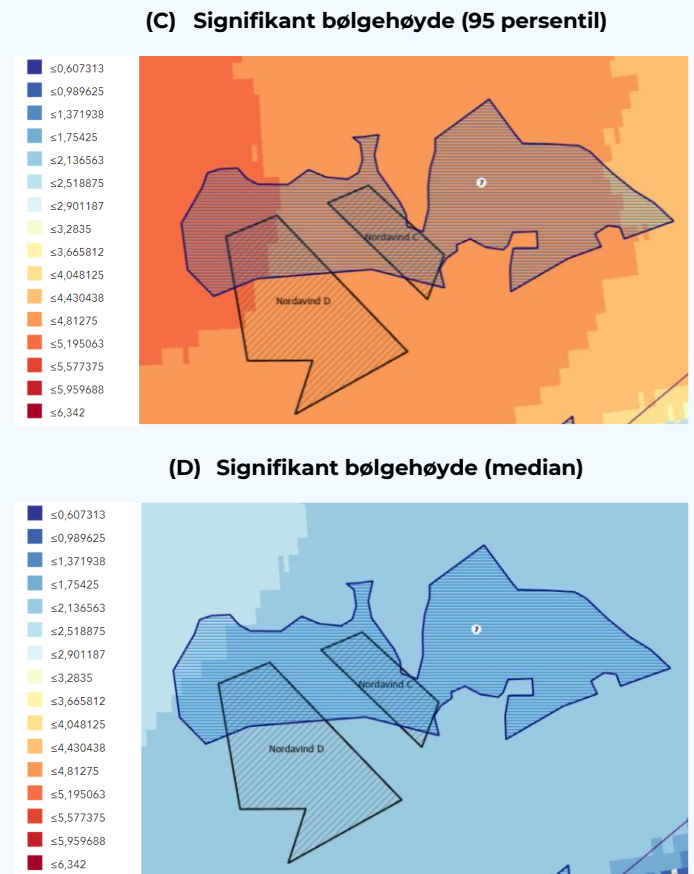
Nordavind D overlapper med havbruk til havs-området Tromsøflaket (NO7). Tromsøflaket var ett av områdene som Fiskeridirektoratet tilrådet i 2019 at skulle tas med videre i en konsekvensutredning (Fiskeridirektoratet, 2019).

Fiskeridirektoratet trakk frem i sin utredning i 2019 at Tromsøflaket ikke ble ansett som et interessant område av akvakulturorganisasjonene (Fiskeridirektoratet, 2019). Årsaken er at området

Tabell 8-2: Temperatur og strømhastighet

	Tromsøflaket (NO7)
Temperatur, 5% (2m)	4,9
Temperatur, 5 % (20m)	4,9
Temperatur, 5 % (50m)	4,8
Temperatur, gjennomsnitt (2m)	7,3
Temperatur, gjennomsnitt (20m)	7,1
Temperatur, gjennomsnitt (50m)	6,6
Strømhastighet, gjennomsnitt (2m)	0,21
Strømhastighet, gjennomsnitt (20m)	0,19
Strømhastighet, gjennomsnitt (50m)	0,17
Strømhastighet, 95% (2m)	0,46
Strømhastighet, 95% (20m)	0,43
Strømhastighet, 95% (50m)	0,39

Figur 8-5: Signifikant bølgehøyde



Kilde: Tabell 8-2: Figur 2.15 Relativ egnethet av områder 1-12 basert på medianverdier av alle variablene innenfor polygomer i Figur 2.4. Hentet fra Albretsen et al. (2019). Figur 8-5 er hentet fra Fiskeridirektoratet sin kartløsning, Yggdrasil (2024c). [Hentet fra kart for Havbruk til havs. Oversikt over sjødata, herunder signifikant bølgehøyde (95-persentil) og signifikant bølgehøyde (median)]. Hentet fra: [Havbruk til havs \(fiskeridir.no\)](https://www.fiskeridir.no/havbruk-til-havs). Figuren viser (A) høyeste (95 persentil) signifikant bølgehøyde og (B) gjennomsnittlige signifikante bølgehøyde, basert på operasjonelle varsler fra Meteorologisk institutt sin WAM-modell for hele 2018 (4x4 km oppløsning).

ligger langt til havs, noe som innebærer at næringen må bruke mye ressurser både på å etablere havbruk, og i forbindelse med transport av materiell, personell og fisk til og fra området.

I Fiskeridirektoratet sin utredning fra 2022, kom det igjen frem at det var liten interesse blant akvakulturorganisasjoner for å etablere havbruk til havs på Tromsøflaket. Tromsøflaket derfor ikke ett av de tre områdene som ble anbefalt for videre konsekvensutredning, til fordel for Trænabanken. Tromsøflaket er derimot fremdeles et av Fiskeridirektoratets 11 anbefalte områder for havbruk til havs.

### 8.3.2 Naturgitte forhold i og rundt Nordavind D

#### Temperatur- og strømforhold

Fiskeridirektoratet konkluderte i 2019 med at Tromsøflaket hadde verdier for temperatur og strømforhold som var innenfor grenseverdiene for god laksevelferd (Fiskeridirektoratet, 2019). Blant annet viser Albretsen, et al. (2019) at modellert gjennomsnittlig strømhastighet i Tromsøflaket er lavere enn grenseverdien for laksens vedvarende

svømmekapasitet (0,48 meter/sekund) (Tabell 8-2). I tillegg er modellert ekstremverdier av strømhastigheten (95 persentil) i området lavere enn grenseverdien for laksens kritiske svømmeevne (0,60 meter/sekund).

Havforskningsinstituttet konkluderte med at området som Tromsøflaket og Nordavind D er plassert i, er mindre egnet for oppdrett sammenlignet med mer sørlige havområder (Albretsen, et al., 2019). Dette skyldes at området har lav temperatur i vannet, og at temperatur vil påvirke laksens ytelse og dermed også laksens svømmeevne.

Albretsen, et al. (2019) modellerte at gjennomsnittlig temperatur på Tromsøflaket var på mellom 7,3 og 6,6 grader celsius, avhengig av havdybden (Tabell 8-2). Dette er lavere temperaturer sammenlignet med andre aktuelle HTH-områder, som Trænabanken og Frøyabanken nord.

Særlig Trænabanken har lignende strømhastighet som Tromsøflaket, men temperaturforholdene er nærmere det som er ansett som optimalt for

laksens trivsel og yteevne. Trænabanken virker dermed, sett i forhold til temperatur og strømhastighet, som et mer attraktivt område sammenlignet med Tromsøflaket.

### Bølgeforhold

Tromsøflaket har en signifikant bølgehøyde (median) på 2,04 meter, og en høyeste signifikant bølgehøyde (95 persentil) på 4,63 meter (Fiskeridirektoratet, 2019) (Figur 8-5). Fiskeridirektoratet kommenterte i 2019 at målt bølgehøyde var relativt høyt i området sammenlignet med andre havområder, men at det var lavere enn det som var målt i maksimal signifikant bølgehøyde på enkelte lokaliteter på Færøyene. Dette er også lavere bølgehøyder enn det som eksempelvis er målt på Frøyabanken nord, hvor Smart Fish Farm er planlagt lokalisert. Dette tyder på at bølgehøyde i seg selv ikke er den mest avgjørende faktoren som ekskluderer Tromsøflaket fra havbruk til havs.

### Havdybde

Nordavind D har en målt gjennomsnittlig dybde på 245 meter, noe som gjør området egnet for flytende havvind (NVE, 2023b). I det overlappende området mellom Nordavind D og Tromsøflaket varierer havdybden mellom litt over 230 og 290 meter, i henhold til Fiskeridirektoratets kartlag (Yggdrasil (Fiskeridirektoratet), 2024e). Dette er lavere havdybde enn den hvor Smart Fish Farm planlegges lokalisert på. Vår vurdering er derfor at havdybde ikke er en faktor som ekskluderer Tromsøflaket fra havbruk til havs.

### Samlet vurdering av naturgitte forhold

Temperatur virker å være en avgjørende faktor som gjør at Tromsøflaket anses som mindre attraktivt for havbruk, sammenlignet med eksempelvis Frøyabanken nord og Trænabanken.

I tillegg vil en viktig faktor være at oppdrettsnæringen ikke har uttrykt interesse for å drive med oppdrett i området. Tromsøflaket ligger langt unna dagens produksjonsområder. Dette kan opprinnelig være positivt siden det kan føre til mindre smittetrykk fra området til og fra kystnært havbruk. Havforskningsinstituttet og Fiskeridirektoratet konkluderte blant annet med at ettersom Tromsøflaket ligger langt unna grunnlinjen og utenfor kyststrømmen, vil

smittepotensialet fra området være mindre sammenlignet med andre HTH-områder som befinner seg nærmere kyststrømmen (Fiskeridirektoratet, 2019; Ådlandsvik, 2019a).

### 8.3.3 Konsekvenser for havbruk til havs på Tromsøflaket

Vi har ikke utarbeidet et verdi-, påvirknings-, og konsekvenskart for Tromsøflaket. Dette skyldes at området ikke er tatt med videre til konsekvensutredning hos Nærings- og fiskeridepartementet.

Basert på tilgjengelig informasjon virker det som at Tromsøflaket er mindre egnet for havbruk til havs sammenlignet med øvrige områder i denne rapporten. Dette skyldes i all hovedsak dårligere temperaturforhold. Lavere temperaturer vil påvirke produksjonsmulighetene i området og laksens svømmekapasitet, hvorav sistnevnte er viktig når man flytter oppdrett til mer eksponerte områder med sterkere strømforhold. I tillegg har vi i intervjuer ikke fått noen indikasjon på at Tromsøflaket er aktuelt for havbruk til havs. Dette var også en av årsakene til at Fiskeridirektoratet Tromsøflaket ikke ble anbefalt til videre konsekvensutredning, til fordel for Trænabanken (Fiskeridirektoratet, 2022).

Vår vurdering er at utbygging av havvind på Nordavind D vil kunne ha noe konsekvens, ettersom området i teorien kan brukes til havbruk til havs. Utbygging av havvind vil dermed beslaglegge et mulig produksjonsområde. Derimot virker det som havvindsutbygging på Nordavind D per i dag, med flere HTH-områder å velge imellom, vil ha mindre konsekvens. Dette skyldes i all hovedsak liten interesse for å drive med oppdrett i området.

Spørsmålet blir dermed om oppdrettsnæringen ville ha benyttet seg av Tromsøflaket dersom dette var det eneste området tilgjengelig. Hvis området ville ha blitt brukt, vil utbygging ha konsekvens ettersom det fjerner mulighetene for havbruk til havs. Hvis området ikke ville ha blitt brukt, så vil konsekvensen være lik null.

Vår vurdering er at konsekvensen av å bygge ut havvind i Nordavind D være relativt liten sammenlignet med områder som Frøyabanken nord og Trænabanken.



## 9. Samlet vurdering

*Hovedspørsmålet i vår utredning er om og hvordan områder som er anbefalt åpnet for havbruk til havs kan sameksistere med overlappende områder som er identifiserte for havvind. Vår konklusjon er at sikkerhetsavstander mellom havbruksanlegg og havvindanlegg utelukker samlokalisering. Siden overlappsområdene potensielt er verdifulle for HTH-næringen er konsekvensen av å bygge ut havvind stor. Med tilstrekkelige avbøtende tiltak kan imidlertid konsekvensene minimeres. Scenarioanalysen vår viser at man i de fleste overlappsområder vil kunne kombinere utbygging av havvind og havbruk til havs dersom havvind realiseres effektivt og konsentrert på noen områder, og det på forhånd er avsatt tilstrekkelig areal til havbruk til havs.*

### 9.1 Overordnede betraktninger

Denne fagutredningen innebærer å utrede konsekvensene av en næring som enda ikke finnes på en annen næring som heller ikke eksisterer. For å gjennomføre konsekvensvurderingene har vi derfor måttet gjøre en rekke antagelser, og foretatt metodiske valg som medfører stor usikkerhet i resultatene våre. Vi velger å synliggjøre fremgangsmåten vår og usikkerheten, slik at resultatene kan oppdateres dersom det kommer ny informasjon som har betydning for analysen. Selv om det er usikkerhet knyttet til konsekvensvurderingene, kan analyser som denne synliggjøre viktige momenter som vil være relevante for beslutningstagerne i dag og fremover i tid.

For det første er det verdt å peke på at det i konsekvenskartene er en høy andel statistikkruiter som vurderes å ha alvorlig eller svært alvorlig konsekvens for havbruk til havs ved havvindsutbygging. Dette reflekterer at det er

betydelig usikkerhet knyttet til hvor og hvordan havbruksnæringen kommer til å utvikle seg i fremtiden. Dermed kan de fleste rutene være aktuelle og verdifulle for utbygging av havbruk, og plassering av havvindturbiner på de samme rutene, eller innenfor relevante sikkerhetssoner til disse vil forhindre slik utbygging. Med den havvindutviklingen vi skal legge til grunn i utredningen, vil det være mange ruter der påvirkningen av havvind på muligheten til å bygge ut havbruk kan være betydelig.

Samtidig hviler analysen av konsekvenser på en forutsetning om at havbruk blir en lønnsom næring som det er mulig å bygge opp. Konsekvenskartet er slik sett betinget av at havbruk *ville blitt realisert*. Dersom havbruk ikke realiseres i den aktuelle ruten, eller under fem kilometer fra, vil det antagelig ha liten eller ubetydelig konsekvens å bygge ut havvind i den aktuelle ruten.

Usikkerheten nevnt ovenfor er også et uttrykk for at det på nåværende tidspunkt er mange frihetsgrader i planleggingen av både havvind og havbruk. Etter hvert som frihetsgradene innskrenkes, ved at man tar avgjørelser som påvirker beslutningene til både havvind- og havbruksaktører, vil usikkerhetene også synke, og konsekvenskartet bli mer presist. Dersom man for eksempel bygger ut havbruk i en rute i kartet, vil andre havbruksaktører ikke anse rutene som ligger tett på denne ruten som attraktive. Konsekvensene av å bygge havvind i de samme rutene vil dermed synke, gitt at det fremdeles overholder en viss sikkerhetsavstand til oppdrettsanlegget.

Dette bringer oss til neste poeng fra analysen, som er at man kan minimere konsekvensene for havbruk til havs ved å gjennomføre arealmessige avbøtende tiltak. Slike tiltak kan være å avsette tilstrekkelige arealer til havbruk til havs. Det krever god planlegging av hvordan man kan dele arealer på en måte som minimerer negative konsekvenser for begge næringer. Vi har pekt på at gitt våre forutsetninger er arealbehovet til en havbruksklynge antagelig i størrelsesorden 80 km<sup>2</sup>. Vi har antatt at en slik klynge vil kunne produsere 50 000 tonn fisk i året. Gitt god planlegging bør derfor arealkonfliktene mellom havvind og havbruk kunne begrenses.

En tredje innsikt fra prosjektet er at havbruk i seg selv, er en mye mer begrensende faktor for havbruk til havs enn havvind. Forklaringen er at en havbruksklynge antagelig vil trenge langt større avstand til en annen havbruksklynge, enn det vil

trengte til et havvindanlegg. Implikasjonen av dette er at planleggingen av arealer til havbruk har færre frihetsgrader enn planleggingen av arealer til havvind. Planlegging av områder for havbruk vil derfor avhenge av mer informasjon om hvordan havbrukssektoren best kan plassere sine klynger.

For å realisere god koordinering som diskutert ovenfor er det derfor en fordel om utviklingen av havbruk til havs også har tilsvarende fremdrift som utviklingen av havvind, og at fagmyndighetene for havbruk utreder og realiserer et regime for havbruk i noenlunde samme tempo. Utviklingen av et regime for havbruk til havs er under arbeid, men arbeidet er avhengig av mer forskning, utvikling, og i noen grad også prøving og feiling.

Siden en del kunnskap fra havbruk vil ta tid å fremskaffe, kan det være fordeler ved å avvente å gjennomføre en mer nøyaktig deling av arealet i områdene Nordvest A, B og C til mer informasjon om et fremtidig havbruksregime foreligger.

## 9.2 Forutsetninger om verdi og påvirkning

I vår analyse har vi forsøkt å tallfeste konsekvensen for fremtidens havbruk til havs-næring, dersom det bygges ut havvind i enkelte områder. Helt spesifikt har vi sett på konsekvensen for havbruk til havs dersom det bygges ut havvind i utredningsområdene Nordvest A, Nordvest B og Nordvest C. Dette er områder som overlapper med områdene Trænabanken og Frøyabanken nord som allerede er på konsekvensutredning for Nærings- og fiskeridepartementet.

Vi har gjort en mer kvalitativ vurdering for konsekvensen for havbruk til havs på Sklinnabanken, som også overlapper med Nordvest C. I tillegg har vi gjort en kvalitativ vurdering for konsekvensen av å bygge ut havvind i utredningsområdene Vestavind F, Nordavind C og Nordavind D. Dette ettersom havvindsområdene overlapper med henholdsvis Indrebakken og Tromsøflaket. For disse havbruk til havs områdene, er det derimot ikke utarbeidet verdi-, påvirkning- og konsekvenskart.

Konsekvensen avhenger av hvilken verdi for havbruk til havs som kan oppnås, og hvordan havbruk til havs-næringen vil bli påvirket av plasseringen til havvindturbiner. Verdien vi tallfester vil være avhengig av hvor det er optimalt å plassere klynger av oppdrettsanlegg, gitt hensynet til smittepress mellom klynger og til kystnært havbruk.

Det vi har forsøkt å beskrive er relativ verdi innad i hvert område, og mellom områder. Dette er gjort basert på kvalitative vurderinger basert på intervjuer med næringsaktører, tidligere utredninger, og smittemodellering fra Havforskningsinstituttet.

Et premiss for tallfesting av verdi i hvert område er at det er kommersielt lønnsomt å drive med havbruk til havs i de valgte utredningsområdene, og at tilnærmet hele området er miljømessig egnet til å drive med havbruk til havs. Rapporten vår tar derfor ikke hensyn til sannsynligheten for at havbruk til havs vil realiseres eller ikke. Potensialet for havbruk til havs er usikkert, og vil avhenge av mange andre faktorer, blant annet tilgang på infrastruktur, lønnsomhet i næringen og hvilke rammer som blir satt for næringen. Dette er faktorer som vi ikke har hensyntatt i denne fagutredningen.

Dersom et område skal brukes til havvind har vi lagt til grunn at hele området vil fylles med vindturbiner som står nærme hverandre. Dette beslaglegger areal, og en klynge med oppdrettsanlegg vil ikke kunne plasseres mellom vindturbinene grunnet krav til sikkerhetsavstand på minimum 2 kilometer. Vi legger derfor til grunn at en oppdrettsaktør vil bli betydelig påvirket dersom det bygges ut havvind i et overlappsområde.

## 9.3 Samlede vurderinger av konsekvenser

Vår analyse viser at havvindsutbygging kan ha store negative konsekvenser for havbruk til havs dersom det bygges ut havvind i hele Nordvest A, Nordvest B og Nordvest C, slik som angitt i referanseprosjektet til NVE. Dette skyldes at det potensielt kan realiseres mye havbruk i overlappsområdene, men at dette vil bli fortrenget dersom det bygges ut havvind i hele utredningsområdet med en avstand på 2 500 meter mellom hver vindturbin. I tillegg vil det være noe konsekvens for havbruk til havs som er plassert nærme overlappsområdet. Dette skyldes at det vil kunne være noe negativ påvirkning på fisken grunnet støy fra havvindturbiner, men dette er det usikkerhet knyttet til.

Vår samlede vurdering er at det vil være størst konsekvens å bygge ut havvind i den nordlige delen av Nordvest C. Dette ettersom området overlapper med den nedre delen av Frøyabanken nord, hvor det allerede er gitt tillatelse til et havbruksanlegg. Det er et område som er pekt på av næringen som attraktivt, og det har gode naturgitte forhold. Vi har vurdert at konsekvensen vil være størst dersom det bygges ut havvind i den vestlige delen av

overlappsområde, som følge av at havbruk til havs i det området vil være attraktivt av hensyn til å minimere biologisk risiko.

I tillegg er vår vurdering at utbygging av havvind i hele Nordvest A vil skape store konsekvenser for havbruk til havs i området Frøyabanken nord. Dette skyldes at området er pekt på av enkelte aktører i næringen som attraktivt å drive med havbruk til havs i, og at det har gode naturgitte forhold. I tillegg er området stort, slik at det er mye areal som kan utnyttes.

Nordvest A overlapper også med Sklinnabanken. Overlappsområdet ligger nærme kystnært havbruk, sammenlignet med Frøyabanken nord. Av den grunn vil det sannsynligvis være mer attraktivt å etablere havbruk til havs i Frøyabanken nord enn i Sklinnabanken, og starte å etablere havbruk til havs i de vestlige områdene i Frøyabanken nord. Konsekvensene av å bygge ut havvind i de nordvestlige delene av Nordvest C, er derfor etter vår mening større enn ved å bygge ut havvind i de nordøstlige delene av området.

Havvindsområde Vestavind F overlapper med tilnærmet hele havbruk til havs-området Indrebakken. Indrebakken har gode miljømessige forhold med tanke på laksens velferd, men området ligger nærme kystnært havbruk. Området er etter vår vurdering, mindre attraktivt sammenlignet med Frøyabanken nord og Trænabanken grunnet mulighetene for gjensidig smitte mellom oppdrett til havs og oppdrett i produksjonsområdene langs kysten. Havforskningsinstituttet modellerte også at smittepresset fra området var om lag fem ganger større sammenlignet med modellert smittepress fra Norskerenna Sør, som per i dag konsekvensutredes for havbruk til havs. Vår vurdering er derfor at utbygging av havvind i Vestavind F potensielt vil ha en konsekvens for mulighetene for havbruk til havs, men det vil være mindre sammenlignet med havvindsutbygging på Nordvest A, Nordvest B og Nordvest C.

Havvindsområdene Nordavind C og Nordavind D overlapper med havbruk til havs-området Tromsøflaket. Havforskningsinstituttet sine modelleringer viser at området er mindre egnet sammenlignet med øvrige havbruk til havs-områder. Dette følger av den lave temperaturen i havet, som påvirker laksens svømmekapasitet og trivsel. Området ligger derimot langt til havs og er stort. Dette taler positivt for havbruk til havs ettersom det muliggjør store avstander mellom hver klynge, og stor avstand til kystnært havbruk. Dette kan dermed redusere potensielt smittepress fra hver klynge.

Det er utfordrende å rangere havvindsområdene Vestavind F, Nordavind C og Nordavind D i forhold til hverandre. Dette følger av at ett område er mindre egnet grunnet miljømessige forhold som temperatur, mens et annet område er mindre egnet grunnet smittepress til og fra kystnært havbruk. Dette kan derimot endre seg, avhengig av teknologisk utvikling i næringen og fremtidig klima- og miljøforhold i havet.

## 9.4 Avbøtende tiltak

Scenarioanalysen vår viser at man i de fleste overlappsområder vil kunne kombinere utbygging av havvind og havbruk til havs ved å gjøre geografiske eller arealmessige avbøtende tiltak. Med tilstrekkelige tiltak vil konsekvensen av utbygging av havvind kunne reduseres til nær null.

Geografiske og arealmessige avbøtende tiltak innebærer at havvind realiseres effektivt og konsentrert på noen områder. Dette er et tiltak som vil redusere sannsynlighet for konflikt med HTH-næringen, men også andre arealkrevende næringer til havs. Effektiv bruk av areal vil dermed redusere behovet for andre avbøtende tiltak. For å redusere påvirkning på havbruksnæringen vil god arealplanlegging være særlig effektivt som avbøtende tiltak, fordi næringen krever større avstander til andre anlegg i egen næring, enn til vindkraftanlegg. Dette kan muliggjøre bygging av vindkraftanlegg mellom havbruksanleggene uten betydelig negativ påvirkning på næringen.

Effekten av slike geografiske og arealmessige avbøtende tiltak vil avhenge av i hvilken grad utbygging av havbruksklynger i utgangspunktet begrenses både av andre havbruksklynger og av vindkraftanlegg. Dette vil blant annet avhenge av kravet til sikkerhetsavstand mellom en klynge og en vindturbin, men også avstanden som kreves for å redusere biologisk risiko mellom hver klynge. Her er det foreløpig et begrenset kunnskapsgrunnlag og stor usikkerhet om hvilke avstander som vil gi mest rasjonell utbygging.

Når sikkerhetsavstanden som kreves mellom hver klynge øker, vil det være enklere å realisere arealmessige avbøtende tiltak. Dette følger av at det vil være større frihetsgrader til å plassere vindmølleparken i forhold til hver klynge, og større mulighet til å eksempelvis plassere en vindmøllepark mellom to klynger. Når sikkerhetsavstanden som kreves mellom hver klynge blir mindre, vil også potensialet for havbruk til havs øke i hvert område, ettersom man får plass til flere klynger med anlegg i områdene. Dette medfører også at det blir mer utfordrende å plassere inn et stort havvindsanlegg i samme område.

For å sikre en mest mulig rasjonell utnyttelse av arealene som overlapper kreves at konsesjonsmyndighetene er godt koordinert i tillatelsesprosessene, og samarbeider om å fremskaffe relevant kunnskap, slik at plasseringen av havbruk og havvind i minst mulig grad påvirker hverandre negativt.

## 9.5 Behov for videre kunnskap

Det er usikkerhet rundt fremtidens havbruk til havs-næring. Næringen er fremdeles å anse som umoden, og det er flere spørsmål som vil ha betydning for kommersiell lønnsomhet og plassering av klynger, som må besvares før vi vet med større sikkerhet hva som er det faktiske potensialet for havbruk til havs. Mer informasjon om utviklingen til havbruk til havs-næringen vil være viktig å kartlegge når avbøtende tiltak skal vurderes i forbindelse med utbygging av havvind.

I tillegg er det en del usikkerhet rundt hvor det i de ulike havbruksområdene er best å plassere ut klynger. Det er behov for enda mer detaljert informasjon om de miljømessige faktorene, som temperatur, strømforhold, bølgeforhold, bunnforhold, havdypet og salinitet i havet. I tillegg vil det være nødvendig å modellere vannslektskap mellom oppdrettsanlegg for å undersøke hvordan lakselus, sykdommer og virus spres i de frie vannmassene. Økt detaljeringsgrad om miljømessige forhold og smittepotensial, vil i større grad kunne si noe om hvor det er størst sannsynlighet for å plassere oppdrettsanlegg til havs.

Det er også behov for mer informasjon om hvordan havvindturbiner påvirker mulighetene for oppdrett til havs. Foreløpig er det fremdeles lite kunnskap om hvordan laksen eksempelvis påvirkes av støy fra havvindturbiner. I tillegg er det usikkerhet rundt faktorer som forurensning, og om behov for kunnskap om hvordan eksempelvis forankringen til havvindturbiner bidrar til å lage smitteveier som kan negativt påvirke nærliggende havbruksanlegg.

## Vedlegg A Sammendrag av utredningsområder

Som spesifisert i oppdraget skal en oppsummering av hvert utredningsområde legges i eget vedlegg.

### A.1 Nordvest A

Nordvest A ligger i et område som anses som godt egnet for havbruk til havs, og overlapper med to tilrådte områder for havbruk til havs; Trænabanken (NO5) og Sklinnabanken (NO1). Samlet sett er Nordvest A lokalisert i et område med gode temperatur og strømforhold for velferden og tilveksten til laksen. Området har noe krevende bølgeforhold og er dypt. Derimot er området pekt ut på som attraktivt av aktører i oppdrettsnæringen. Verdi-kartet indikerer dermed at det er særlig det vestlige området av Trænabanken som i stor grad vil være attraktivt for havbruk til havs næringen. Dette følger av at næringen ønsker større sikkerhetsavstander til kystnært havbruk av smittehensyn. Konsekvenskartet viser at dersom det bygges ut havvind i området hvor Trænabanken og Nordvest A overlapper, vil dette potensielt ha alvorlige konsekvenser for havbruk til havs næringen. Dette følger av at havvind vil beslaglegge over halvparten av arealet i Trænabanken, og at man potensielt mister muligheten til å plassere ut mellom 9 og 2 klynger i området, avhengig av hvilken sikkerhetsavstand som kreves mellom hver klynge. Analysen vår viser derimot at effektiv arealplanlegging og koordinering næringene seg imellom er et avbøtende tiltak som kan redusere konsekvensen til nær null i tre av fire scenarier..

### A.2 Nordvest B

Nordvest B ligger i et område som anses som godt egnet for havbruk til havs, og overlapper med det tilrådte området for havbruk til havs; Frøyabanken nord (NO11). Samlet sett er Nordvest B lokalisert i et område med gode temperaturforhold for velferden og tilveksten til laksen, men med noe sterke strømforhold sammenlignet med Nordvest A. Området har i tillegg noe krevende bølgeforhold og er dypt. Verdikartet indikerer at tilnærmet hele det området hvor Frøyabanken nord og Nordvest B overlapper, potensielt vil være attraktivt for havbruk til havs næringen. Dette følger av at næringen ønsker større sikkerhetsavstander til kystnært havbruk av smittehensyn, og store sikkerhetsavstander mellom klynger av oppdrettsanlegg innad i området. Ettersom Frøyabanken nord har en særegen utforming, vil potensielt hjørnene av området få større verdi, dersom man ved utbygging av oppdrett i dette området vil maksimere oppdrettsproduksjonen. Konsekvenskartet viser at dersom det bygges ut havvind i området hvor Frøyabanken nord og Nordvest B overlapper, vil dette potensielt ha alvorlige konsekvenser for havbruk til havs. Dette følger av at havvind vil beslaglegge et verdifullt område for havbruk til havs, og at man potensielt mister muligheten til å plassere ut mellom 1 og 2 klynger i området, avhengig av hvilken sikkerhetsavstand som kreves av hensyn til biosikkerhet. Analysen vår viser derimot at effektiv arealplanlegging og koordinering mellom havvind og havbruk kan fungere som et arealmessig avbøtende tiltak som kan redusere konsekvensene. Vi tror også at attraktiviteten for havbruksaktørene for dette området vil påvirkes av om det på forhånd bygges ut havbruk i Nordvest C. Dersom det etableres mye havbruk lengre sør i Frøyabanken (overlapp med Nordvest C), kan dette påvirke verdien av overlappsområdet med Nordvest B negativt. Konsekvensene av å benytte overlappsområdet i Nordvest B til havvind blir da også mindre.

### A.3 Nordvest C

Nordvest C ligger i et område som anses som godt egnet for havbruk til havs, og overlapper med to tilrådte områder for havbruk til havs; Frøyabanken nord (NO11) og Frøyabanken sør (NO10). Kun Frøyabanken nord er med i pågående konsekvensutredning til Nærings- og fiskeridepartementet. Samlet sett overlapper Nordvest C med to havbruksområder som har gode temperaturforhold for velferden og tilveksten til laksen, og som har noe mindre havdybde. Områdene har noe mer krevende strømhastighet, og særlig den vestlige delen av Frøyabanken nord ser ut til å ligge mer eksponert til, men dette området er også dagens lokasjon til det eneste havbruk til havs-prosjektet, Smart Fish Farm, som har fått tillatelse etter akvakulturloven. Basert på de miljømessige faktorene virker arealet hvor Frøyabanken Nord og Sør og Nordvest C overlapper, å være egnet for å drive med havbruk til havs.

Vi har kun utarbeidet verdi-, påvirknings- og konsekvenskart for området som overlapper med Frøyabanken nord. Verdi-kartet viser at det er en betydelig andel av det sørlige området i Frøyabanken nord som vurderes å ha

stor eller svært stor verdi. Dett skyldes at store deler av det sørlige området i Frøyabanken nord, sannsynligvis vil være mer aktuelt for utbygging av havbruk til havs, gitt ulike forutsetninger om sikkerhetsavstand mellom klynger av oppdrettsanlegg til havs og avstand til kystnært havbruk. Konsekvenskartet viser at dersom det bygges ut havvind i området hvor Frøyabanken nord og Nordvest C overlapper, vil dette potensielt ha alvorlige konsekvenser for oppdrettsnæringen. Dette følger av at havvind vil beslaglegge en betydelig del av arealet i Frøyabanken nord, og at man potensielt mister muligheten til å plassere ut mellom 4 og 2 oppdrettsklynger i området, avhengig av hvilken sikkerhetsavstand som kreves mellom klyngene. Analysen vår viser derimot at effektiv arealplanlegging og koordinering næringene seg imellom er et avbøtende tiltak som kan redusere konsekvensen til nær null.

## 10. Referanser

- Adams, T. P., Miller, R. G., & Aleynik, D. (2013, Desember 18.). Offshore marine renewable energy devices as stepping stones across biogeographical boundaries. *British Ecological Society*.
- al, H. J. (2011, August 5.). Short-term ecological effects of an offshore wind farm in the Dutch coastal zone; a compilation. *Environmental Research*.
- Albretsen, j., Beck, A. C., Biuw, M., Huserbråten, M., Kutti, T., Kvamme, B. O., . . . Wennevik, V. (2019). *Havbruk til havs - Fysiske miljøbetingelser og økosystempåvirkning*. Bergen: Havforskningsinstituttet.
- Albretsen, j., Beck, A. C., Biuw, M., Huserbråten, M., Kutti, T., Kvamme, B. O., . . . Wennevik, V. (2019). *Havbruk til havs - Fysiske miljøbetingelser og økosystempåvirkning*. Bergen: Havforskningsinstituttet.
- Andrej Abramic, A. G.-P.-P. (2024, Mars 12.). Site selection within the maritime spatial planning: Insights from use-cases on aquaculture, offshore wind energy and aggregates extraction. *Ocean & Coastal Management*.
- Antje Gimpel, V. S.-R. (2015, Mars 6.). A GIS modelling framework to evaluate marine spatial planning scenarios: Co-location of offshore wind farms and aquaculture in the German EEZ. *Marine Policy*, ss. 102-115.
- B, L. S., & Stenberg, C. (2011). Effect of the Horns Rev 1 Offshore Wind Farm on . *DTU Aqua Report*, ss. 97-99.
- Baptiste Poujol, A. P.-V.-L. (2020, Februar 6.). Site-specific life cycle assessment of a pilot floating offshore wind farm based on suppliers' data and geo-located wind data. *Journal of Industrial Ecology*.
- Bell, A. M., Baier, R., Buchinger, S., Kocher, B., Reifferscheid, G., & Ternes, T. (2020b, April 15.). Ecotoxicological characterization of emissions from steel coatings in contact with water. *Water Research*.
- Bell, A., von der Au, M., & Regnery, J. (2020a, Desember 14.). Does galvanic cathodic protection by aluminum anodes impact marine organisms? *Environ Sci Eur*.
- Benhemma-Le Gall, A., Graham, I. M., Merchant, N. D., & Thompson, P. M. (2021, Juli 2.). Broad-Scale Responses of Harbor Porpoises to Pile-Driving and Vessel Activities During Offshore Windfarm Construction. *Frontiers in Marine Science*.
- Bergström L, S. F. (2013, Juni 27.). Effects of an offshore wind farm on temporal and spatial patterns in the demersal fish community. *Mar Ecol Prog Ser*.
- Bergström, L. (2014, Mars 19.). Effects of offshore wind farms on marine wildlife—a generalized impact assessment. *Environmental Research*.
- Betker, K. (2014, Januar 1.). Underwater construction and operational noise at alpha ventus. *Ecological Research at the Offshore Windfarm alpha ventus*.
- BOEM. (2020, Januar). Electromagnetic Field & Marine Life.
- Brussa, G., Grosso, M., & Rigamonti, L. (2023, Mai 9.). Life cycle assessment of a floating offshore wind farm in Italy. *Sustainable Production and Consumption*, ss. 134-144.
- Buck, B. K.-C. (2008, Mai 20.). Meeting the quest for spatial efficiency: progress and prospects of extensive aquaculture within offshore wind farms. *Helgol Mar Res*, ss. 269-281.
- C. Stenberg, J. G. (2015). Long-term effects of an offshore wind farm in the North Sea on fish communities. *Inter-Research Science Publisher*.
- Carlos V C Weiss, M. M. (2020, Desember). Climate change effects on marine renewable energy resources and environmental conditions for offshore aquaculture in Europe. *ICES Journal of Marine Science*, ss. 3168-3182.
- Carlos V.C. Weiss, B. O. (2018, Mai 25.). Co-location opportunities for renewable energies and aquaculture facilities in the Canary Archipelago. *Ocean & Coastal Management*, ss. 62-71.
- Christiansen, N., Daewel, U., Djath, B., & Schrum, C. (2022). Emergence of Large-Scale Hydrodynamic Structures Due to Atmospheric Offshore Wind Farm Wakes. *Frontiers in Marine Science*.

- Chu, C. W. (2021, August). Development of Integrated Offshore Fish Cage . *The University of Queensland*.
- Coolen, J. W. (2020, Februar). Marine stepping-stones: Connectivity of *Mytilus edulis* populations between offshore energy installations. *ncbi*.
- Daewel, U., Akhtar, N., & Christiansen, N. (2022, November 24.). Offshore wind farms are projected to impact primary production and bottom water deoxygenation in the North Sea. *Commun Earth Environ*.
- De Mesel, I. K. (2015, Januar 20.). Succession and seasonal dynamics of the epifauna community on offshore wind farm foundations and their role as stepping stones for non-indigenous species. *Hydrobiologia*.
- Degraer, S., Carey, D., Coolen, J., Hutchison, Z., Kerckhof, F., Rumes, B., & Vanaverbeke, J. (2020, Desember 16.). Offshore wind farm artificial reefs affect ecosystem structure and functioning: A synthesis. *Oceanography*, ss. 48-57.
- DFØ. (2024, januar 26. ). *Overordnet konsekvensvurdering av havbruk til havs i områdene "Norskerenna sør", "Frøyabanken nord" og "Trænabanken"*. Hentet fra doffin.no: <https://www.doffin.no/notices/2024-101077>
- Díaz, H., & Soares, C. (2021, Februar 7.). A Multi-Criteria Approach to Evaluate Floating Offshore Wind Farms Siting in the Canary Islands . *Energies*.
- Diaz, H., & Soares, C. G. (2022). A novel multi-criteria decision-making model to evaluate floating wind farm locations. *Renewable Energy*, ss. 431-454.
- Dorrell, R. M., Lloyd, C. J., Lincoln, B. J., Rippeth, T. P., Taylor, J. R., Caulfield, C.-c. P., . . . Simpson, J. (2022, Mars 22). Anthropogenic Mixing in Seasonally Stratified Shelf Seas by Offshore Wind Farm Infrastructure. *Frontiers in Marine Science*.
- Ebeling, A., Wippermann, D., Zimmermann, T., Klein, O., Kirchgeorg, T., Weinberg, I., . . . Pröfrock, D. (2023, September). Investigation of potential metal emissions from galvanic anodes in offshore wind farms into North Sea sediments. *Marine Pollution Bulletin*.
- Energidepartementet. (2023). *Utsira Nord*. Hentet april 29., 2024 fra <https://www.regjeringen.no/no/tema/energi/landingssider/havvind/utsira-nord/id2967232/>
- Ervik, L.-C., Larsen, J., Klakegg, B., Sandberg, M., Johansen, E., & Holmøy, R. (2020). *Smittesikring og biosikkerhet i norsk lakseproduksjon. Delrapport 1 - Risikofaktorer og beste praksis for biosikkerhet*. Åkerblå AS og BDO AS. Hentet fra <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbase/n/901522/?fileurl=https://fhf.no.sharepoint.com/sites/pdb/Publisertedokumenter/3238122020%2011%2003%20Delrapport%201%20%E2%80%93%20Risikofaktorer%20og%20beste%20praksis%20for%20biosikkerhet.pdf.PDF&filename=delrapp>
- Euronext Oslo Børs. (2023, januar 25.). *PSG Enters Offshore Wind Market*. Hentet fra [newsweb.oslobors.no](https://newsweb.oslobors.no): <https://newsweb.oslobors.no/message/580677>
- Fagerbakke, C. (2020). *Dette er trafikklyssystemet*. Hentet februar 26., 2024 fra <https://www.hi.no/hi/nyheter/2020/februar/trafikklys>
- Ferraz de Paula, L., & Carmo, B. (2022). Environmental Impact Assessment and Life Cycle Assessment for a Deep Water Floating Offshore Wind Turbine on the Brazilian Continental Shelf. *Wind*.
- Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering (FHF) . (u.d.). *Nedsenket drift: Effekter på lakselus, fiskevelferd og tilvekst (DypLus)*. Hentet juni 13. , 2024 fra <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbase/n/901879>
- Fiskeridirektoratet. (2019). *Kartlegging og identifisering av områder egnet for havbruk til havs*. Oslo: Fiskeridirektoratet.
- Fiskeridirektoratet. (2022). *Anbefaling av tre områder for havbruk til havs*. Oslo: Fiskeridirektoratet.
- Fiskeridirektoratet. (2023a). *Lønnsomhetsundersøkelse for laks og regnbueørret: matfiskproduksjon: Gjennomsnittresultater for hele landet 2008-2022*. Hentet februar 29., 2024 fra <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall->



- og-analyse/Loennsomhetsundersoekelse-for-laks-og-regnbueoerret/Matfiskproduksjon-laks-og-regnbueoerret
- Fiskeridirektoratet. (2023b, oktober 12.). *Akvakulturstatistikk: matfiskproduksjon av laks, regnbueørret og ørret - Salg 1994-2022 [Datasett]*. Hentet februar 26., 2024 fra <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Akvakulturstatistikk-tidsserier/Laks-regnbueoerret-og-oerret/Matfiskproduksjon>
- Fiskeridirektoratet. (2023c). *Behandling av søknad om klarering av lokaliteten Frøya*.
- Fiskeridirektoratet. (2024a, august 26.). *Biomasse*. Hentet fra fiskeridir.no: <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Drift-og-tilsyn/Biomasse>
- Fiskeridirektoratet. (2024b, juni 1.). *Utviklingstillatelser*. Hentet februar 26., 2024 fra fiskeridir.no: <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tildeling-og-tillatelser/Saertillatelser/Utviklingstillatelser>
- Fiskeridirektoratet. (2024c, august 28.). *Kartlag: Sjødata - bølgehøyde. Elementdetaljer*. Hentet fra portal.fiskeridir.no: <https://portal.fiskeridir.no/portal/apps/webappviewer/index.html?id=8c733df16bd442c6a6726a9fb29b4d6e>
- Fiskeridirektoratet. (2024e, august 28.). *Klarering av lokalitet for akvakultur i Norskehavet: Kart over den omsøkte lokaliteten*. Hentet fra fiskeridir.no: <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tema/Havbruk-til-havs/klarering-av-lokalitet-for-akvakultur-i-norskehavet>
- Floeter, J., Pohlmann, T., Harmer, A., & Möllmann, C. (2022, Juli 28.). Chasing the offshore wind farm. *Frontiers in Marine Science*.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2021). *Global aquaculture production Quantity (1950-2021)*. Hentet mars 26., 2024 fra [https://www.fao.org/fishery/statistics-query/en/aquaculture/aquaculture\\_quantity](https://www.fao.org/fishery/statistics-query/en/aquaculture/aquaculture_quantity)
- Forland, T. N., Sivle, L. D., & al, e. (2024, Januar 3.). Havforskningsinstituttets rådgivning for menneskeskapt støy i havet. *Havforskningsinstituttet*.
- Forsvarsbygg. (2022). *Høringsuttalelse til områder for havbruk til havs 1 Sklinnabanken og 5 Trænabanken*.
- Fry, F. E. (1971). The effect og environmental factors on the physiology of fish. *Fish Physiology*, 6, ss. 1-98. doi:[https://doi.org/10.1016/S1546-5098\(08\)60146-6](https://doi.org/10.1016/S1546-5098(08)60146-6).
- Gaylarde, C. C., Baptista Neto, J. A., & Monteiro, E. (2021, Januar). Paint fragments as polluting microplastics: A brief review. *Marine Pollution Bulletin*.
- Giacomo R. Di Tullio, P. M. (2018). Sustainable use of marine resources through offshore wind and mussel farm co-location. *Ecological Modelling*, ss. 34-41.
- Gill, A. S. (2020, Desember 17.). Setting the context for offshore wind development effects on fish and fisheries. *Oceanography*.
- Glarou, M., Zrust, M., & Svendsen, J. (2020, Mai 8.). Using Artificial-Reef Knowledge to Enhance the Ecological Function of Offshore Wind Turbine Foundations: Implications for Fish Abundance and Diversity. *Journal of Marine Science and Engineering*.
- Grefsrud, E. S., Andersen, L. B., Grøsvik, B. E., Karlsen, Ø., Kvamme, B. O., Hansen, P. K., ... Solberg, M. F. (2023). *Risikorapport norsk fiskeoppdrett 2023 - produksjonsdødelighet hos oppdrettsfisk og miljøeffekter av norsk fiskeoppdrett*. Havforskningsinstituttet.
- Grønvik, O., Grünfeld, L., Wahl, E., Størkersen, K., & Thorvaldsen, T. (2023). *Verdikjedeanalyse av havbruk til havs. Menon-publikasjon nr 131/2023*. Oslo: Menon Economics.
- Hammar, L. . (2016, Januar 22.). Offshore Wind Power for Marine Conservation. *Open Journal of Marine Science*.
- Handeland, S. O., Imsland, A. K., & Stefansson S., O. (2008). The effect of temperature and fish size on growth, feed intake, food conversion efficiency and stomach evacuation rate of Atlantic salmon post-smolts. *Aquaculture*, 283, ss. 36-42. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.06.042>.

- Havforskningsinstituttet. (2021). *Temasider: Lakselus*. Hentet juni 10, 2024 fra <https://www.hi.no/hi/temasider/arter/lakselus>
- Hayley Farr, B. R.-H. (2021). Potential environmental effects of deepwater floating offshore wind energy facilities. *Ocean & Coastal Management*.
- Heskestad, A., Ludvigsen, T., Vagle, A., Tveterås, R., & Misund, B. (2023). *Mulighetsstudie for Norskerenna Sør*. Stavanger: Stiim Aqua Cluster, Blue Planet AS, Universitetet i Stavanger.
- Holmer, M. (2010). Environmental issues of fish farming in offshore waters: perspectives, concerns and research needs. *Aquaculture Environment interactions*, ss. 57-70. doi:10.3354/aei00007
- Hooper, T., & Austen, M. (2014, Januar). The co-location of offshore windfarms and decapod fisheries in the UK: Constraints and opportunities. *Marine Policy*, ss. 295-300.
- Hvas, M., & Oppedal, F. (2017, september 22.). Sustained swimming capacity of Atlantic salmon. *Aquaculture environment interactions*, ss. 361-369. doi:<https://doi.org/10.3354/aei00239>
- Hvas, M., Folkedal, O., & Oppedal, F. (2019). *Havbasert oppdrett - Hvor mye vannstrøm tåler laks og rensefisk?*. Havforskningsinstituttet.
- ilaks.no. (2024). *Witzøe utelukker offshore-oppdrett uten grunnrente til havs*. Hentet juni 10, 2024 fra <https://ilaks.no/witzoe-utelukker-offshore-oppdrett-uten-grunnrente-til-havs/>
- Johannesen, Á., Patursson, Ø., Kristmundsson, J., Dam, J., & Klebert, P. (2020, June 18.). How caged salmon respond to waves depends on time of day and currents. *PeerJ*. doi:10.7717/peerj.9313.
- John Villalba, N. A.-M. (2022, April 1.). Assessment of uncertain alternatives for co-located aquaculture and offshore wind farm in tasmania. *Ocean Engineering*.
- Junjie Wang, X. Z. (2019, April 1.). Effects of established offshore wind farms on energy flow of coastal ecosystems: A case study of the Rudong offshore wind farms in China. *Ocean & Coastal Management*.
- Kirchgeorg, T., Weinberg, I., Hörnig, M., Baier, R., Schmid, M., & Brockmeyer, B. (2018, November). Emissions from corrosion protection systems of offshore wind farms: Evaluation of the potential impact on the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, ss. 257-268.
- Kongsberg Maritime. (2020). *Fiskevelferd i bølger og strøm på utaskjærs lokaliteter (Erfaringer fra Ocean Farm 1)*. Kongsberg Maritime AS.
- Kristiansen, D., Endresen, P. C., Lader, P., Su, B., Volent, Z., & Aksnes, V. (2018). *SJØFLO - Sjøegenskaper og forankring til flytende lukkede oppdrettsanlegg (Sluttrapport)*. SINTEF.
- Lara Wever, G. K. (2015). Lessons from stakeholder dialogues on marine aquaculture in offshore wind farms: Perceived potentials, constraints and research gaps. *Marine Policy*, ss. 251-259.
- Mattilsynet. (2024). *Koordinerte brakkleggingsgrupper for å bedre biosikkerheten*. Hentet mars 26., 2024 fra <https://www.mattilsynet.no/fisk-og-akvakultur/fiskesykdommer/krav-om-koordinerte-brakkleggingsgrupper-for-a-bedre-biosikkerheten>
- Meld. St. 16 (2014-2015). (2015). *Forutsigbar og miljømessig bærekraftig vekst i norsk lakse- og ørrettoppdrett*. Oslo: Nærings- og fiskeridepartementet.
- Methratta, E. T. (2019, Mars 24.). Meta-Analysis of Finfish Abundance at Offshore Wind Farms. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, ss. 242-260.
- Mikkola, E. H. (2018, September). Multi-Platform Concepts for Combining Offshore Wind Energy and Fish Farming in Freezing Sea Areas: Case Study in the Gulf of Bothnia. *Proceedings of the ASME 2018 37th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering*, s. 9.
- Miljødirektoratet. (2024, februar 7. ). *Akvakultur - oppdrett*. Hentet fra Miljødirektoratet: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarso-mrader/vann-hav-og-kyst/akvakultur-fiskeoppdrett/>
- Misund, A., & Thorvaldsen, T. (2022). *Nye produksjonssystemer i havbruk: utfordringer og muligheter*. SINTEF.

- Misund, B. (2022). *Kostnadsutvikling i oppdrett av laks og ørret: Hva koster biologisk risiko?* NORCE Helse og samfunn.
- Mooney, T., Andersson, M., & Stanley, J. (2020, Desember 16.). Acoustic impacts of offshore wind energy on fishery resources: An evolving source and varied effects across a wind farm's lifetime. *Oceanography*, ss. 82-95.
- Niu, F., Xie, J., Zhang, X., Xue, R., Chen, B., Liu, Z., & Yang, Y. (2023, Februar 3.). Assessing differences in acoustic characteristics from impact and vibratory pile installation and their potential effects on the large yellow croaker. *Frontiers in Marine Science*.
- NOU 2023: 23. (2023). *Helhetlig forvaltning av akvakultur for bærekraftig verdiskaping*. Oslo: Nærings- og fiskeridepartementet.
- NVE. (2023a). *Identifisering av utredningsområder for havvind*. Hentet fra <https://veiledere.nve.no/havvind/identifisering-av-utredningsomrader-for-havvind/>
- NVE. (2023b, april 25. ). *Identifisering av utredningsområder for havvind*. Hentet fra <https://veiledere.nve.no/havvind/identifisering-av-utredningsomrader-for-havvind/nye-omrader-for-havvind/nordvest-a/>
- NVE. (2023c). *Identifisering av utredningsområder for havvind: Utsira Nord*. Hentet april 29., 2024 fra <https://veiledere.nve.no/havvind/identifisering-av-utredningsomrader-for-havvind/sorlige-nordsjo-ii-og-utsira-nord/utsira-nord/>
- Nærings- og fiskeridepartementet. (2019). *Havbruk til havs: Ny teknologi - nye områder*. Oslo: Nærings- og fiskeridepartementet.
- Nærings- og fiskeridepartementet. (2020). *Regjeringen skrur på trafikklyset i havbruksnæringen*. Hentet februar 26., 2024 fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumentarkiv/regjeringen-solberg/aktuelt-regjeringen-solberg/nfd/nyheter/nyheter-2020/regjeringen-skrur-pa-trafikklyset-i-havbruksnaringen/id2688939/>
- Nærings- og fiskeridepartementet. (2021). *Et hav av muligheter - regjeringens havbruksstrategi*. Oslo.
- Nærings- og fiskeridepartementet. (2024, mars 6.). *Ny fargelegging i trafikklyssystemet for havbruk*. Hentet fra regjeringen.no: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/ny-fargelegging-i-trafikklyssystemet-for-havbruk/id3028522/>
- Olje- og energidepartementet. (2022, februar 9). Oppdrag om identifisering av nye områder for fornybar energiproduksjon. *Brev til NVE*.
- Pangerc, T., Theobald, P., Wang, L., Robinson, S., & Lepper, P. (2016, Oktober). Measurement and characterisation of radiated underwater sound from a 3.6 MW monopile wind turbine. ss. 2913-2922.
- Pardo, J. F. (2023). A synthesis review of nature positive approaches and coexistence in the offshore wind industry. *ICES Journal of Marine Science*.
- Potlock, K., Temple, A., & Berggren, P. (2023, Juni 15.). Offshore construction using gravity-base foundations indicates no long-term impacts on dolphins and harbour porpoise. *Marine Biology*.
- R. ter Hofstede, F. D. (2022, Juli). Offshore wind farms contribute to epibenthic biodiversity in the North Sea. *Journal of Sea Research*.
- R. van Hal, A. G. (2017, Mai). Changes in fish communities on a small spatial scale, an effect of increased habitat complexity by an offshore wind farm. *Marine Environmental Research*, ss. 26-36.
- Radford C, S. M. (2019). Soundscapes in aquaculture systems. *Soundscapes in aquaculture systems*, ss. 53-62.
- Raghukumar, K., Nelson, T., Jacox, M., Chartrand, C., Fietchter, J., Chang, G., ... Roberts, J. (2023, April 13.). Projected cross-shore changes in upwelling induced by offshore wind farm development along the California coast. *Commun Earth Environ*.
- Reese, A., Voigt, N., Zimmermann, T., Irrgeher, J., & Pröfrock, D. (2020, Oktober). Characterization of alloying components in galvanic anodes as potential environmental tracers for heavy metal emissions from offshore wind structures. *Chemosphere*.
- Reubens, J. D. (2014, Januar 4.). The ecology of benthopelagic fishes at offshore wind

- farms: a synthesis of 4 years of research. *Hydrobiologia*, ss. 121-136.
- Rezaei, F., Contestabile, P., Vicinanza, D., & Azzellino, A. (2023, September 1.). Towards understanding environmental and cumulative impacts of floating wind farms: Lessons learned from the fixed-bottom offshore wind farms. *Ocean & Coastal Management*.
- Risch, D., Favill, G., Marmo, B., van Geel, N., Benjamins, S., Thompson, P., . . . Wilson, B. (2023, Mai 12.). Characterisation of underwater operational noise of two types of floating offshore wind turbines. *Scottish Association for Marine Science (SAMS)*.
- Roberto Danovaro, S. B. (2024). Making eco-sustainable floating offshore wind farms: Siting, mitigations, and compensations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- Ryan O'Shea, E. C. (2024, April 12.). Managing offshore multi-use settings: Use of conceptual mapping to reduce uncertainty of co-locating seaweed aquaculture and wind farms. *Journal of Environmental Management*.
- SalMar Aker Ocean AS . (2021). *Søknad om klarering av lokalitet i Norskehavet for Smart Fish Farm pilotprosjekt*.
- Sara M. Maxwell, F. K. (2022, April 1.). Potential impacts of floating wind turbine technology for marine species and habitats. *Journal of Environmental Management*.
- SEER. (2022, Juni 30.). Electromagnetic Field Effects on Marine Life. *National Renewable Energy Laboratory and Pacific Northwest National Laboratory for the U.S. Department of Energy, Wind Energy Technologies Office*.
- Steins, N. A., Veraart, J. A., Klostermann, J. E., & Poelman, M. (2021, April). Combining offshore wind farms, nature conservation and seafood: Lessons from a Dutch community of practice. *Marine Policy*.
- Store norske leksikon. (2023, desember 29.). *Førfaktor*. Hentet fra snl.no: <https://snl.no/f%C3%B4rfaktor>
- Svendsen, J. C.-E. (2022). Effects of operational offshore wind farms on fishes and fisheries. Review report. *DTU Aqua*, s. 62.
- T. Michler-Cieluch, G. K. (2009, Januar). Reflections on integrating operation and maintenance activities of offshore wind farms and mariculture. *Ocean & Coastal Management*, ss. 57-68.
- Thomas P. Adams, R. G. (2013, Desember 18.). Offshore marine renewable energy devices as stepping stones across biogeographical boundaries. *Journal of Applied Ecology*.
- Thommessen . (2022, juni 7.). *Trafikklyssystemet i havbruk 2022-2024*. Hentet fra thommessen.no: <https://www.thommessen.no/aktuelt/trafikklyssystemet-i-havbruk-2022-2024>
- Thomsen, F., Lüdemann, K., & Kafemann, R. (2006, August). Effects of Offshore Wind Farm Noise on Marine Mammals and Fish. *COWRIE Ltd*.
- Tonje Nesse Forland, L. D. (2024, Januar 3.). Havforskningsinstituttets rådgivning for menneskeskapt støy i havet. *Havforskningsinstituttet*.
- Tougaard, J., Henriksen, O., & Miller, L. (2009, Juli). Underwater noise from three types of offshore wind turbines: Estimation of impact zones for harbor porpoises and harbor seals. *The Journal of the Acoustical Society of America*.
- Tourgaard, J., Hermannsen, L., & Madsen, P. T. (2020, November 1.). How loud is the underwater noise from operating offshore wind turbines? *J. Acoust. Soc. Am.* , ss. 2885-2893.
- Tourgaard, J., Hermannsen, L., & Madsen, P. T. (2020, November 24.). How loud is the underwater noise from operating offshore wind turbines? *The Journal of the Acoustical Society of America*.
- Tveterås, R., Bryde, M. H., Bruland, G., Misund, B., Walde, C., Akbas, K. K., & Søndena, A. V. (2023). *Bærekraftig bruk av kystarealene i havbruk - finnes det tilgjengelig areal for vekst?* Stavanger: BluePlanet.
- Tveterås, R., Moland, M., Reve, T., Misund, B., Nystøl, R., Bjelland, H., . . . Fjelldal, Ø. (2020). *Verdiskapingspotensiale og veikart for havbruk til havs*. Stavanger: Stiim Aqua Cluster. Hentet fra <https://www.uis.no/sites/default/files/inline-images/iwoCs5gOwRqdnymH9CIHv8ORymSafzSLMkLlB4w6hqj9nzV0GC.pdf>

- Utror. (2023). *Havbruk til havs - Industrihåndbok*. Utror. Hentet fra [https://static1.squarespace.com/static/61af49ea0256f1327d4208df/t/654cc87f8d411e02fcad3dee/1699530893255/Utror+-+HTH+Industrih%C3%A5ndbok+2023\\_vF\\_R ev+1.pdf](https://static1.squarespace.com/static/61af49ea0256f1327d4208df/t/654cc87f8d411e02fcad3dee/1699530893255/Utror+-+HTH+Industrih%C3%A5ndbok+2023_vF_R ev+1.pdf)
- van den Burg SWK, R. C. (2020, Februar 20.). *Governing Risks of Multi-Use: Seaweed Aquaculture at Offshore Wind Farms. Front. Mar.*
- Van Hoey, G. B. (2021). Overview of the effects of offshore wind farms on fisheries and aquaculture. *Publications Office of the European Union*, s. 99.
- Wahlberg, M., & Westerberg, H. (2005). Hearing in fish and their reactions to sounds from offshore wind farms. *Marine Ecology Progress Series*.
- Warren-Myers, F., Vågseth, T., Folkedal, O., Stien, L. H., Fpsse, J. O., Dempster, T., & Oppedal, F. (2022). Full production cycle, commercial scale culture of salmon in submerged sea-cages with air domes reduces lice infestation, but creates production and welfare challenges. *Aquaculture*, 548(1). doi:<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737570>.
- Weiyu Yuan, J.-C. F. (2023, Januar 11.). Floating wind power in deep-sea area: Life cycle assessment of environmental impacts. *Advances in Applied Energy*.
- Welte, T., Bye, R. J., Gumdal, I. S., Bergslid, S., Vinnem, J. E., & Purse, L. (2023). *Utredning knyttet til sikkerhetsaspekter mellom havvind, fiskeri og havbruk til havs*. Safetec.
- Welte, T., Bye, R. J., Gumdal, I. S., Bergslid, S., Vinnem, J. E., & Purse, L. (2023). *Utredning knyttet til sikkerhetsaspekter mellom havvind fiskeri og havbruk til havs*. Safetec.
- Wood, C. M., Turner, J. D., & Graham, M. S. (1983, Februar). Why do fish die after severe exercise? *Journal of fish biology*, 22(2), ss. 189-201. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1983.tb04739.x>
- Yggdrasil (Fiskeridirektoratet). (2024a, august 28.). *[Kartla for akvakultur og gjeldende produksjonsområder*. Hentet fra portal.fiskeridir.no: <https://portal.fiskeridir.no/portal/apps/web appviewer/index.html?id=87d862c458774397a8466b148e3dd147>
- Yggdrasil (Fiskeridirektoratet). (2024b, august 28.). *[Kart for Havbruk til havs. Oversikt over områder for havbruk til havs, herunder anbefalte i 2019 og anbefalte i 2022]*. Hentet fra portal.fiskeridir.no: <https://portal.fiskeridir.no/portal/apps/web appviewer/index.html?id=74d9be72eb0e41d4b15f1d85490106e0>
- Yggdrasil (Fiskeridirektoratet). (2024c, august 28.). *[Hentet fra kart for Havbruk til havs. Oversikt over sjødata, herunder signifikant bølgehøyde (95-persentil) og signifikant bølgehøyde (median)]*. Hentet fra portal.fiskeridir.no: <https://portal.fiskeridir.no/portal/apps/web appviewer/index.html?id=74d9be72eb0e41d4b15f1d85490106e0>
- Yggdrasil (Fiskeridirektoratet). (2024d, august 28.). *[Kartlag for Havbruk til havs. Oversikt over områder for havbruk til havs (både anbefalte i 2019 og i 2022), identifiserte områder for havvind i 2023 og forbudsområder for skytefelt i sjø på høring 2021]*. Hentet fra portal.fiskeridir.no: <https://portal.fiskeridir.no/portal/apps/web appviewer/index.html?id=74d9be72eb0e41d4b15f1d85490106e0>
- Yggdrasil (Fiskeridirektoratet). (2024e, august 28.). *[Kart for Havbruk til havs. Oversikt over områder for havbruk til havs (anbefalt i 2019 og i 2022), oversikt over identifiserte områder for havvind i 2023 og havbunn og dybde, herunder dybdekurver havområder/bakgrunn sjøkart]*. Hentet fra portal.fiskeridir.no: <https://portal.fiskeridir.no/portal/apps/web appviewer/index.html?id=74d9be72eb0e41d4b15f1d85490106e0>
- Yildiz, N., Hemida, H., & Baniotopoulos, C. (2021, September 8.). Life Cycle Assessment of a Barge-Type Floating Wind Turbine and Comparison with Other Types of Wind Turbines. *Energies*.
- Ådlandsvik, B. (2019a). *Havbruk til havs - smittespredning*. Bergen: Havforskningsinstituttet.
- Ådlandsvik, B. (2019b). *Havbruk til havs - yttergrense for produksjonsområdene*. Bergen: Havforskningsinstituttet.

Ådlandsvik, B. (2021). *Utfyllende kunnskapsgrunnlag for utvelgelse av havområder*. Havforskningsinstituttet.

*og fra HTH-områdene 1 og 5.*  
Havforskningsinstituttet.

Ådlandsvik, B. (2022). *Havbruk til havs - Utfyllende kunnskapsgrunnlag; smittespredning til*

*[www.osloeconomics.no](http://www.osloeconomics.no)*

E-post og telefon:  
[post@osloeconomics.no](mailto:post@osloeconomics.no)  
+47 21 99 28 00

Besøksadresse:  
Klingenberggata 7A  
0161 Oslo

Postadresse:  
Postboks 1562 Vika  
0118 Oslo