

MULIGHETSSTUDIE FOR NORSKERENNA SØR

Andreas Heskestad, Tord Ludvigsen, Arne Vagle,
Ragnar Tveterås, Bård Misund



1	Forord	4
2	Sammendrag	4
3	Introduksjon	9
4	Muligheter for Rogaland	11
5	Status regelrammeverk havbruk til havs.....	13
6	Kunnskapsstatus for havbruk til havs.....	16
6.1	Temperatur og laksen.....	16
6.2	Strømforhold og laksen	16
6.3	Bølger og laksen	21
6.4	Fiskehelse og fiskevelferd.....	22
6.5	Rømming	24
6.6	Operasjoner.....	26
6.7	Beredskapsplaner	30
6.8	Helse, miljø og sikkerhet (HMS)	31
7	Norskerenna sør - tekniske data	32
7.1	Datagrunnlag	32
7.2	Presentasjon av værforhold	33
7.2.1	Dybde.....	33
7.2.2	Bølger.....	33
7.2.3	Vind.....	34
7.2.4	Strøm	34
7.2.5	Temperatur.....	36
7.2.6	Salinitet.....	36
7.3	Bunnforhold.....	36
8	Norskerenna sør - oppdaterte målinger.....	37
8.1	Generelt.....	37
8.2	Tilgjengelige målinger.....	37
8.3	Anbefalte målinger	38
8.4	Installasjon av måleutstyr og databehandling	39
8.4.1	Marine Operasjoner	39
8.4.2	Databehandling	39
9	Driftsmodeller for Norskerenna sør	39
9.1	Driftsmodeller for havbruk til havs	39
9.1.1	Driftsmodell (5+1 måned) x 2	41

9.1.2	Driftsmodell 10+2 måneder	42
9.1.3	Driftsmodell (16+2 måneder) x 2	43
10	Biosikkerhet.....	44
10.1	Biosikkerhet i Norskerenna sør	44
10.2	Anbefalinger for utbygginger til havs	46
10.3	Generelt om biosikkerhet.....	46
10.4	Modellering av spredning.....	47
10.4.1	Lusespredning.....	47
10.4.2	Spredning av virus	48
10.5	Konklusjoner.....	51
11	Inndeling av utbyggingsområder i Norskerenna sør	51
12	Scenarier for Norskerenna sør	53
12.1	Forutsetninger og parameterverdier	54
12.2	Produksjon.....	55
12.3	Verdiskaping	56
12.4	Sysselsetting	57
12.5	Kapital og investeringer.....	58
12.6	Energiforbruk og klimagassutslipp	58
12.7	Oppsummering	59
13	Ny grønne verdikjede og investeringsbehov.....	60
13.1	Generell infrastruktur.....	62
13.1.1	Logistikk og beredskap	62
13.1.2	Verft og vedlikehold	63
13.2	Fôr og logistikk.....	64
13.3	Investeringer i settefiskkapasitet (smolt eller postsmolt).....	65
13.4	Brønnbåtkapasitet.....	68
13.5	Slakteri og foredling	69
13.6	Muligheter for leverandørindustrien i Rogaland	70
13.7	Regional FoU-kapasitet	72
14	Forutsigbare rammebetingelser for investeringer i HTH	72
14.1	HTH næringens behov for forutsigbarhet	72
14.2	Scenarier for skatteregime.....	73
14.3	Skattescenarier for havbruk til havs: Numerisk eksempel	74
15	Anbefalinger for utvikling av Norskerenna sør	80
16	Referanser	82

1 Forord

Denne rapporten springer ut av et felles prosjekt mellom Blue Planet AS og Universitetet i Stavanger (UiS). Prosjektet har fått støtte fra Ulla-Førre Fondet v/Rogaland fylkeskommune, som støtter prosjekter som arbeider med grønn omstilling av næringslivet og utvikling av høyere utdanning i Rogaland. Rapporten har fått vesentlige bidrag fra prosjektet «Senter for havbruksteknologi: Nye grønne verdikjeder for havbruk», hvor UiS med et regionalt partnerskap, har fått støtte fra Ulla-Førre fondet for etablering av et senter for havbruksteknologi ved UiS.

I arbeidet med rapporten har havbruksnæringen engasjert seg med innspill og prosjektbistand. En særlig takk går til Blår, Moreld Aqua, Bremnes Seashore, Grieg Seafood, Akva Group og Stavanger kommune. I tillegg har en rekke andre aktører i verdikjeden for havbruk bidratt med gode og verdifulle innspill.

2 Sammendrag

Havbruk til havs – nye muligheter for en region i omstilling

Norge har en komplett verdikjede for havbruk og er verdensledende i produksjon av laks og ørret. Verden etterspør stadig mer ernæringsrik mat og det største potensialet for økt matproduksjon finnes i havet. Arealet for konvensjonelt havbruk i kystsonen i Norge er begrenset, og det er behov for nytt areal hvis havbruksnæringen fremover skal kunne øke produksjonen.

OECD har identifisert en rekke havbaserte vekstnæringer, men forutsetningen må være at havnæringene er bærekraftige (OECD, 2016, 2019). For Norge fremstår HTH, sammen med flytende havvind, CO₂ lagring til havs og havbasert mineralproduksjon som de mest lovende nye havnæringene. Havbruk til havs kan skaleres opp uten at staten behøver å bidra med store subsidier.

HTH gir Norge mulighet til å kombinere våre verdensledende havbaserte teknologier og kunnskapsbaser fra flere sektorer. For Rogaland og Sør-Vestlandet er en utvikling av HTH særlig interessant med tanke på den industrielle infrastrukturen og kompetansebasen regionen står på fra andre havnæringer.

Rogaland står i en kontinuerlig omstilling fra en petroleumsdrevet økonomi, til oppbygging av nye industrielle satsinger. Havnæringene representerer det største potensialet for nye industrielle satsinger og økt verdiskaping. I nye havnæringer bygger regionen videre på komparative fortrinn regionen har fra årtier med å skape verdier fra fiskeri, maritim og olje- og gassektoren.

Nærings- og fiskeridepartementet har over flere år arbeidet med regelrammeverk for HTH. Det er avsatt tre områder for havbruk til havs utenfor kysten av Norge, hvor myndighetene har igangsatt arbeidet med konsekvensvurdering av de aktuelle områdene. «Norskerenna-sør» utenfor kysten av Jæren er ett av disse områdene, og kan øke produksjonen av oppdrettsfisk i Rogaland fylke med ca. 100.000 tonn (dobling) innen 2035.

Norskerenna sør

I utvikling av Norskerenna sør vil næringen møte nye kunnskaps- og innovasjonsutfordringer når en helt ny verdikjede skal utvikles. Dette omfatter blant annet krevende værforhold, mer kompleks verdikjede, miljøavtrykk, fiskehelse- og -velferd, logistikkutfordringer, kamp om arealer og håndtering av ekstremhendelser.

Denne mulighetsstudien gir et oppdatert kunnskapsgrunnlag for data om værforhold som er tilgjengelig på Norskerenna sør. Kapittel 7 «Norskerenna sør - tekniske data» går gjennom eksisterende data på dybde, bølger, vind, strøm, temperatur m.fl. Dataen viser et område som er miljømessig krevende, men samtidig innenfor kriterier for å kunne lykkes med å utvikle havbruk på området. Vanntemperaturprofilen i overflaten ligger mellom 5-15 grader, som er gunstig for laksens tilvekst. I dypere vannlag er det enda mer stabile helårs temperaturer på mellom 6-10 grader. Vi har ulike kilder på strømhastighet som angir ulike verdier, men det er sjeldent det er mer enn 1 m/s i overflaten. Bølgehøyden er ca. 15m Hs for 100-års returperiode.

Det er nødvendig med ytterligere målinger av ulike miljøparametere over en lengre periode for å få et bedre kunnskapsgrunnlag. Det bør gjennomføres et måleprogram over minimum 1 år for å kartlegge miljøparametere som strøm, bølger, vind, vanntemperatur, salinitet og oksygeninnhold.

Driftsmodeller

I havbruk til havs vil havbruksnæringen måtte etablere nye driftsmodeller i planlegging av sin produksjon. En klassisk driftsmodell i næringen for kystnær produksjon er en såkalt 24 måneders produksjonssyklus. I løpet av en 24 måneders produksjonssyklus står det fisk på en lokalitet i inntil 22 måneder (normalt 16-17 måneder i Sør-Norge), og lokaliteten brakklegges i minimum 2 måneder. Introduksjon av stor postsmolt (postsmolt > 1 kg) gir muligheter for en kortere produksjonssyklus fordi fisken når slaktevekt raskere, og kan gi en bedre kapasitetsutnyttelse av store investeringer.

I havbruk til havs kan vi forvente at næringen ønsker å sette ut en større og mer robust smolt i åpent hav (postsmolt). Dette skyldes først og fremst laksens evne til å tåle de miljøkreftene den påføres på lokaliteten, samt å kunne redusere tidsrommet laksen står ute i offshore merder. Vi har vurdert 3 ulike driftsmodeller for havbruk til havs:

- 5+1 x 2 (5 måneder produksjon, 1 måned brakklegging) 2500/3000 gram utsettisk
- 10+2 (10 måneder produksjon, 2 måneder brakklegging) 1000/1500 gram utsettisk
- 16+2 x 2 (16 måneder produksjon, 2 måneder brakklegging) 250 gram smolt

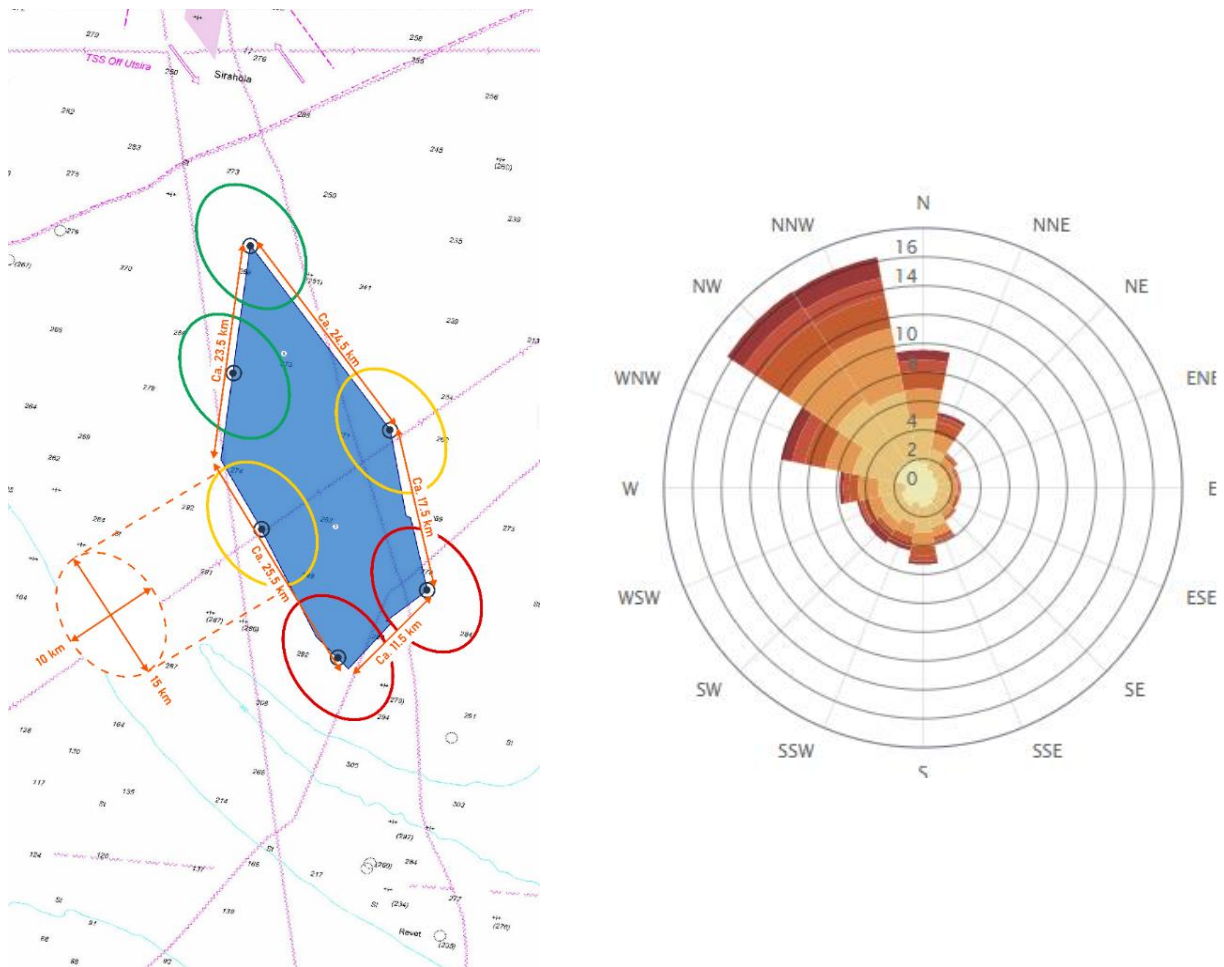
Det er forutsatt intern fellesbrakklegging i hvert enkelt utbyggingsområde.

Driftsmodellene påvirkes av ulike værbegrensninger gjennom årstidene. Spesielt i startfasen av havbruk til havs, mens teknologien fortsatt er umoden, bør gjennomføring av værsensitive operasjoner foregå på de minst værbelastede månedene om sommeren, fra mai til august.

Inndeling av utbyggingsområder i Norskerenna-sør

Med havbruk til havs har myndigheten og næringen anledning til å starte med «blanke ark» med tanke på planlegging av produksjon på områdene ut fra hensyn til fiskevelferd, biosikkerhet, miljø- og klimaeffekter, og økonomisk bærekraftig produksjon. Eksisterende data om dominerende strømretning tilsier en stegvis utbygging av Norskerenna sør, og som hensyntar at den dominerende strømretningen i området er i nord-vestlig retning. En antagelse

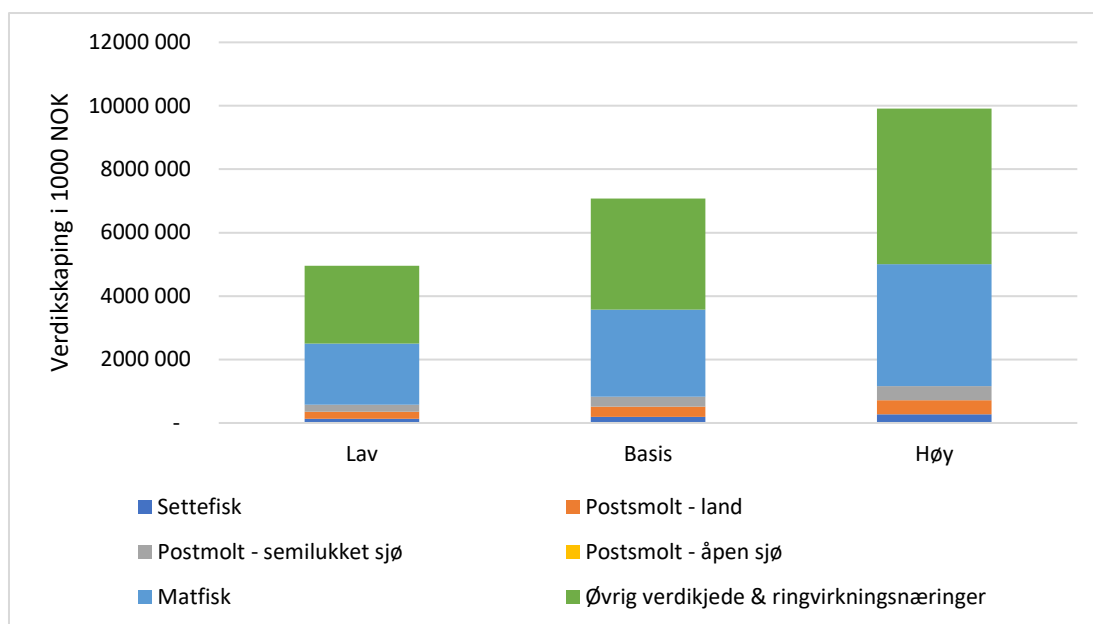
om en lav risiko for at lus spres mer enn 15 km i strømretning og 10 km på tvers av strømretningen, gir følgende tentative inndeling av Norskerenna sør, som vist i figur 1:



Figur 1 - Utbyggingsområder i Norskerenna sør. Byggetrinn 1 i rødt, 2 i grønt og 3 i gult. Avstander for området er vist. Til høyre: Strømrose i området.

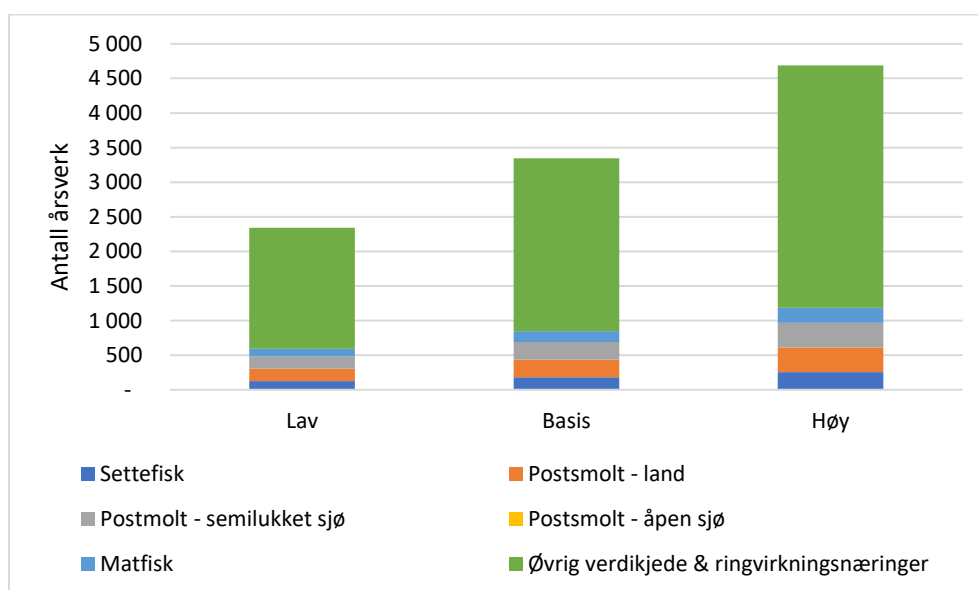
Scenarier for verdiskaping, arbeidsplasser og investeringer

Det er gjennomført beregninger for verdiskaping, arbeidsplasser og investeringer for utbygging av Norskerenna-sør for tre ulike scenarier; produksjon av 70 000 tonn, 100 000 tonn og 140 000 tonn laks/orrret. Disse scenarioene leder til en verdiskaping i Norskerenna sør-verdikjeden med ringvirkningsnæringer – målt i faste 2023 kroner - på 4,9 milliarder kroner i lavscenarier, 7 mrd kr i basisscenarier og 9,9 mrd kr i høyscenarier, som vist i figur 2:



Figur 2 – Verdiskapingspotensialet i Norskerenna sør

Analysen viser at utbygging av havbruk til havs i Norskerenna sør med ringvirkninger kan gi en sysselsetting på 2300-4700 årsverk, som vist i figur 3:

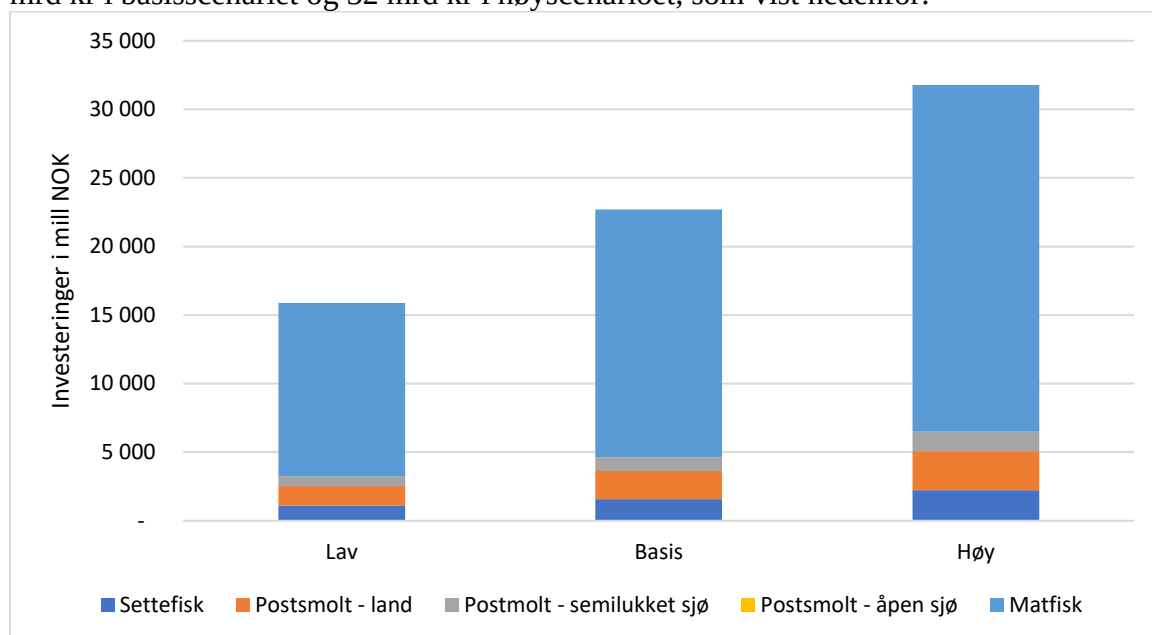


Figur 3 – Sysselsetting ved utbygging av Norskerenna sør

Norskerenna sør vil kreve investeringer i kapitalutstyr i hele verdikjeden og ringvirkningsnæringer slik som smolt- og postsmoltproduksjon, matfiskanlegg, utstyrsleverandører, verft, brønnbåter, fôr båter og slakterier.

Scenarioanalysene vurderer kun investeringer i kapitalutstyr – f.eks. bygninger, fartøy, kjøretøy, maskiner – ikke kjøp av tillatelser for å produsere laks (MTB) eller investeringer i biomasse. Inkluderes tillatelser og biomasse blir investeringsbehovet og kapitalbindingen betydelig høyere.

Disse scenarioene leder til investeringer i Norskerenna sør-verdikjeden med ringvirkningsnæringer – målt i faste 2023 kroner - på 16 milliarder kroner i lavscenarioet, 23 mrd kr i basisscenariet og 32 mrd kr i høyscenarioet, som vist nedenfor:



Figur 4 - Investeringer i kapitalutstyr i verdikjeden.

Norskerenna sør kan bidra til innovasjoner og utvikling av en leverandørindustri som kan eksportere teknologi og tjenester globalt, og dermed øke verdiskapingen ytterligere. Disse effektene er ikke inkludert i denne analysen, og her ligger noe av det største potensialet for framtidig verdiskaping og sysselsetting.

Forutsigbare rammebetingelser

I studien er det gjennomført en analyse for rammebetingelser for havbruk til havs med fokus på skatteregimet. Havbruk til havs er betydelig mer kapitalintensiv enn konvensjonell innaskjærs havbruk, og derfor blir forutsigbarhet for investeringene spesielt viktig. Det vil også være en tidligfase med mye læring og innovasjon, hvor de første selskapene vil pådra seg høyere kostnader enn selskaper som etablerer seg senere. Analysene våre viser at innføring av grunnrenteskatt etter at investeringene har blitt gjort og man HTH prosjekter har fått positiv kontantstrøm vil være svært negativt for avkastningen på investeringene. En ekte kontantstrømskatt fra år 0 vil gi økt trygghet for aktørene som skal investere milliardsummer. Valg av skatteregime kan være den viktigste beslutningen myndighetene tar i forhold til å utløse investeringer.

Anbefalinger

Mulighetsstudien gjennomgår både muligheter og problemstillinger for å kunne utvikle Norskerenna sør som et fremtidig område for havbruk til havs. Målet med studien har også vært å skape større interesse for en utbygging av Norskerenna sør, samt å gi anbefalinger for tiltak som vil forsere og øke sannsynligheten for at området bygges ut. Nedenfor følger anbefalinger for hvordan næringen, myndigheter og FoU-aktører kan arbeide sammen for å styrke dette arbeidet fremover. Anbefalingene utdypes mot slutten av rapporten.

1. Strømmålinger og modelleringer: Det anbefales å utføre målinger av værdata som vannstrøm, bølger, temperatur og miljødata som påvirker fiskens velferd, som oksygen og salinitet i Norskerenna sør, for å fremskaffe eksakte data om miljøforholdene i området.

Innsamling av data er en viktig del av forberedelsene for planlegging av havbruk til havs, deriblant innen fiskevelferd og fisketilvekst, smittespredning, planlegging av operasjoner og dimensjonering av anlegg. Sammen med myndighetenes pågående regelverksarbeid for havbruk til havs, er måling av miljøverdier avgjørende for å legge til rette for bærekraftig utvikling av havbruk til havs.

2. Verdikjedeforum for Norskerenna-sør: Utvikling av havbruk til havs fordrer et bredt samarbeid mellom næringen, myndigheter og FoU-aktører. Det bør etableres et offentlig og privat finansiert prosjekt «Verdikjedeforum for Norskerenna-sør» for å styrke kunnskapsdeling og samhandling mellom bedrifter i verdikjeden, myndigheter og FoU-institusjoner.

Et viktig delmål med et slikt prosjekt er å analysere hvordan konkurransekraften til norsk leverandørindustri kan styrkes gjennom standardisering, sertifisering, fabrikkasjonsvennlig design, krav til kompetanse for operatører av havbruksanlegg, pilot prosjekter, kunde-leverandør allianser etc.

3. Sameksistens på Norskerenna-sør: Bidra til god sameksistens med andre sektorer som har interesse på Norskerenna-sør. Særlig opp mot fiskerisektoren er det viktig å sikre tidlig dialog rundt bruk av området. I tillegg vil det være viktig med dialog med kystverket om sjøtrafikken i og rundt området. Å etablere arenaer for god sameksistens med havvindsektoren vil være av stor interesse for begge sektorene på sikt. Samhandling mellom disse sektorene muliggjør økt utnyttelse av større næringsarealer avsatt på norsk sokkel for to av landets fremste vekstnæringer.

3 Introduksjon

Havbruksnæringen er en av Norges største eksportnæringer. Næringen bidrar til betydelig verdiskaping og ringvirkninger langs kysten. Innovasjoner, produktivitetsforbedringer og markedsføringsaktiviteter har gjort det mulig å øke produksjonen av laks og ørret fra rundt tusen tonn til rundt 1,6 millioner tonn i løpet av tretti år. Skiftende regjeringer har i sine ulike politiske plattformer og strategier satt tydelige mål for økt satsing på bærekraftig produksjonsvekst fra havbruksnæringen.

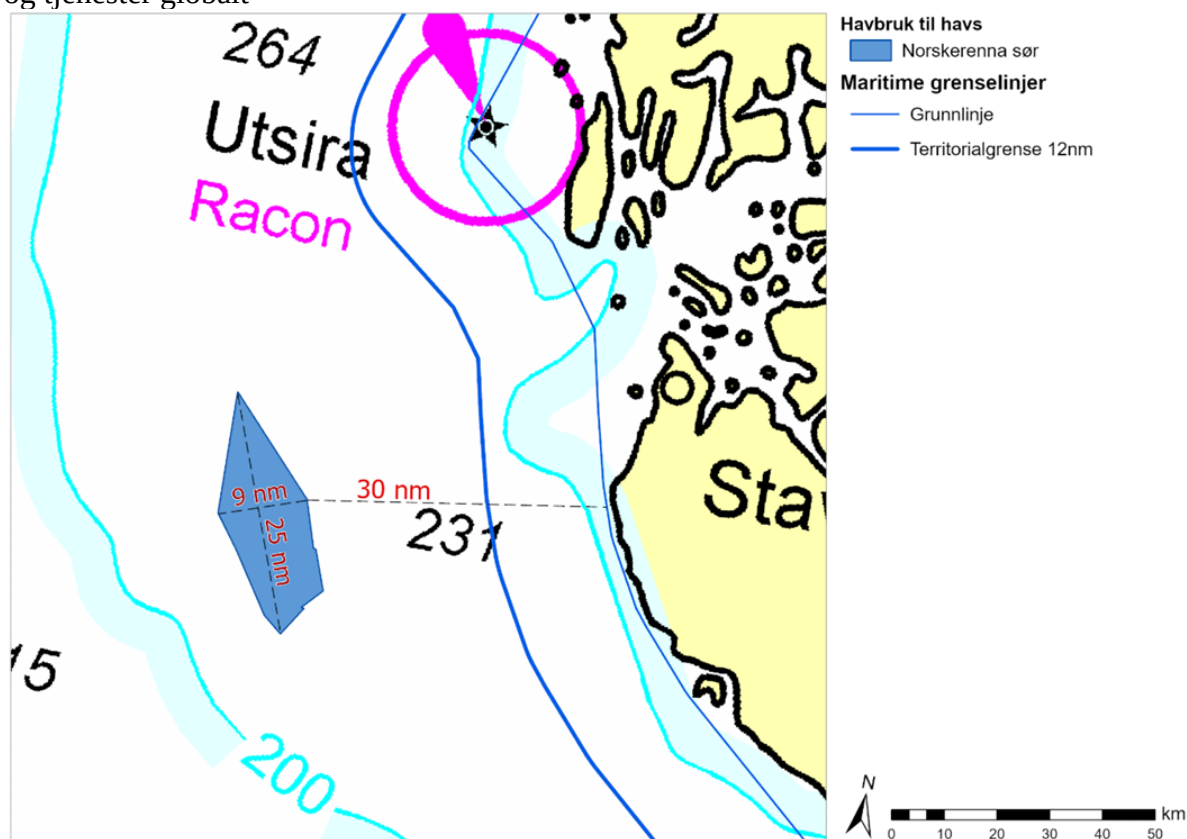
For å styrke bærekraftig produksjon har næringen de senere årene investert i økt kapasitet i landbaserte postsmoltanlegg. Postsmolt/stormolt gir kortere produksjonstid for matfiskproduksjon i sjø og kortere eksponeringstid mot lakselus og sykdomsfremkallende bakterier og virus. Alternative produksjonsteknologier slik som nedsenkbare eller semi-lukkede merder gir mulighet for beskyttelse mot lakselus, og offshoremerder åpner opp for vekst i nye produksjonsområder i åpent hav.

Tilgang til sjøarealer er en av de største utfordringene som må løses for at Norge skal kunne nå politiske ambisjoner om en produksjon på 5 mill. tonn i 2050. Myndighetene satte derfor i gang et større utredningsarbeid i 2018 for å undersøke mulighetene for økt produksjon i eksponerte havområder. Rapporten «Havbruk til havs» ble utarbeidet av en interdepartemental arbeidsgruppe ledet av Nærings- og fiskeridepartementet, og la grunnlaget for det videre arbeidet med fremtidige rammevilkår for etablering av et produksjonsregime for havbruk til havs (HTH).

Havbruk til havs gir Norge mulighet til å dra nytte av erfaringer og kunnskap om verdensledende havbaserte teknologi fra flere sektorer. Her møtes ledende norske klynger innen

havbruk, offshorevirksomhet og maritim sektor. Havbruk til havs kan gi eksportinntekter både for fisk produsert i Norge og for havbruksteknologi. Det er forventet en sterk etterspørsel i det globale markedet etter akvakulturproduksjon. Norsk leverandørindustri kan styrke sin posisjon i globale markeder ytterligere, dempe noe av fallet som vil komme av redusert aktivitet i olje- og gasssektoren.

For Rogaland og Sør-Vestlandet er en utvikling av havbruk til havs særlig interessant med tanke på den industrielle infrastrukturen og kompetansebasen regionen står på fra andre havnæringer. En beslutning om at ett av tre områder blir plassert i havområdet utenfor Sør-Vestlandet: Norskerenna sør vil derfor kunne utløse investeringer på mange milliarder i utbygging av dette, men også bidra til innovasjon og læring som kan gi konkurransefortrinn og eksport av teknologi og tjenester globalt



Figur 5 - Rogaland har muligheter for økt bærekraftig havbruksproduksjon med stort nytt havbruksområde i «Norskerenna sør».

Den 11. november 2022 vedtok Kongen i statsråd at de tre havområdene «Norskerenna sør», «Frøyabanken nord» og «Trænabanken» skal konsekvensvurderes for havbruk til havs. Området «Norskerenna sør» er det eneste området sør for Midt-Norge og ligger 30-40 nm fra kysten av Jæren. Den 14. april sendte Fiskeridirektoratet ut på høring forslag til utredningsprogram for offentlig overordnet konsekvensvurdering av havbruk til havs for de tre nevnte områdene. Høringsfristen ble satt til 24. mai og man forventer at arbeidet med den overordnede konsekvensvurderingen foreligger høsten 2023.

Analyser av verdiskapingspotensialet for havbruk til havs antyder en mulig årlig verdiskaping for HTH-verdikjeden inkludert ringvirkningseffekter på 2-7 milliarder kroner i 2030, og helt opp mot 30-90 milliarder kroner i 2050 (Tveterås m.fl. 2020). Investeringsbehovet ble estimert

til 11-32 milliarder kroner i tiårsperioden 2021-2030 og 120-400 milliarder i tiårsperioden 2041-2050 for høyvekst scenariet.

Utviklingen av en HTH verdikjede gir store muligheter for verdiskaping og arbeidsplasser innen en av de viktigste eksportnæringene vi har. Ingen regioner er bedre rustet for å lede an i utviklingen av en verdikjede for havbruk til havs enn Rogaland og Sør-Vestlandet. Realisering og utbygging av denne verdikjeden vil kunne gi betydelig verdiskaping for næringsaktører i hele verdikjeden og bidra til nye konkurransedyktige arbeidsplasser langs kysten.

HTH er i en startfase og det er behov for kunnskap om mulighetene HTH har i Rogaland og Sør-Vestlandet. Hensikten med denne mulighetsstudien er å beskrive kunnskapsstatus samt estimere de bedrifts- og samfunnsøkonomiske konsekvensene utviklingen av en HTH-verdikjede kan ha for regionen. I de neste kapitlene vil vi beskrive kunnskapsstatus på tekniske data og kartlegge behov for infrastruktur og kompetanse. Til slutt vil vi komme med anbefalinger om tiltak som fremmer mulighetene for en realisering av «Norskerenna sør» som et fremtidig område for havbruk til havs

4 Muligheter for Rogaland

Utvikling av havbruk til havs gir Rogaland fylke alene muligheten til å øke akvakulturproduksjonen fra litt under 100.000 tonn til over 200.000 tonn laks/ørret innen 2035, og samtidig videreutvikle en allerede verdensledende leverandørnæring til et globalt akvakulturmarked. Utvikling knyttet til ny havbruksteknologi for havbruk til havs vil bidra til å skaffe nye arbeidsplasser og gi regionen nye bein å stå på.

De siste årene har det i Rogaland vokst frem en underskog av selskaper som utvikler HTH-teknologier, ref. figur 6 under.



Figur 6 -Fra venstre til høyre (1) Blår – Octopus, (2) Grieg Seafood – Blue Farm (3) Viewpoint – Spidercage, (4) Ocean Aquafarms – Hex Box og (5) Moreld Aqua – GM Aqua Design

Sør-Vestlandet som region har komparative fortrinn ved utvikling av havbruk til havs. Regionen huser verft, logistikkbasar, sterke ingeniørmiljøer, etablerte utstyrsleverandører og maritim- og offshorekompetanse (feks. robotisering og fjernstyring), utdannings- og forskningsmiljøer og sterke klynge- og innovasjonsmiljøer. Infrastrukturen som er bygd opp rundt havbruksnæringen, maritim sektor og olje- og gassindustrien gjør at Sør-Vestlandet har en rekke fortrinn i HTH-utviklingen:

- Ledende oppdrettsselskaper
- Ledende fiskefôrprodusenter
- Postsmoltprodusenter. Flere nye prosjekter på gang for å øke kapasiteten og størrelsen på postsmolt
- Kapitalsterke miljøer som i større grad investerer i havbruksnæringen
- Oljebaser, havner og verft langs kysten som har infrastruktur for kommende utbygging av havbruk til havs og havvind
- Utdannings- og FoU-miljøer (Universitetet i Stavanger, Norece, Nofima, Strand Videregående Skole)
- Kompetanse og kapasitet innen beredskap som er overførbart fra olje- og gassvirksomheten
- Synergier med olje- og gassvirksomheten som har operert i havområdene i flere årtier

- Etablerte teknologibedrifter med satsinger innen konsepter for havvind og havbruk til havs
- Nærings-/Kompetanseklynger (Norwegian Offshore Wind Cluster og Stiim Aqua Cluster)
- Kommuner som tilrettelegger for vekst i havbruksnæringen og Rogaland Fylkeskommune som satser strategisk på havbruksnæringen
- Nærhet til det europeiske markedet

Havbruksteknologi er et av satsningsområdene på UiS (Universitetet i Stavanger), og det er etablert et eget forskningscenter OTICS¹. Universitetet er, sammen med regionale partnere, i gang med å etablere et felles senter for kompetansebygging og innovasjon innen grønne verdikjeder i havbruk. Det nye senteret vil ha et sterkt søkelys på offshore akvakultur og kompetansebygging i hele verdikjeden for realisering av en fremtidig produksjon i Norskerenna sør. UiS fikk nylig tildeling til senteret via Ulla-Førre-fondet og Stavanger kommune.

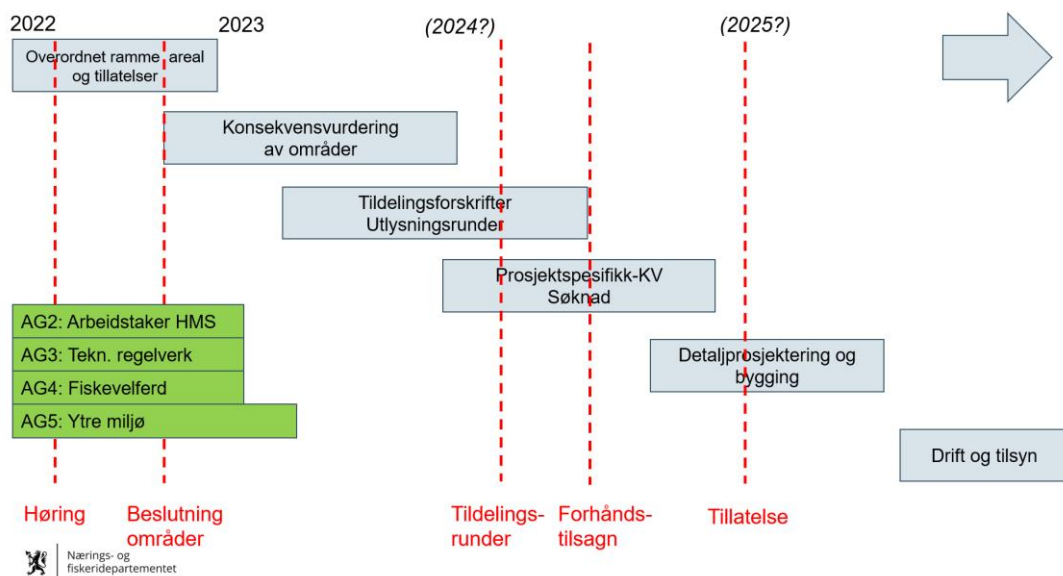
5 Status regelrammeverk havbruk til havs

Nærings- og fiskeridepartementet har de siste seks årene arbeidet med å utvikle et regelrammeverk for havbruk til havs. Dette arbeidet er drevet frem av politiske ambisjoner om å ta i bruk nye produksjonsområder for havbruk for å øke produksjonen av laks og ørret på en bærekraftig måte. Departementet har nedsatt flere arbeidsgrupper som skal utarbeide et forslag til regelverk som omfatter HMS, krav til teknisk standard, fiskevelferd og ytre miljø. Høsten 2022 ble det gjort endringer i laksetildelingsforskriften med et nytt kap. 4 om akvakulturtillatelser for matfisk på lokaliteter til havs. Her fastsettes det et overordnet rammeverk for identifisering av områder for havbruk til havs, og tildeling av tillatelser i disse områdene.

Fiskeridirektoratet sendte 14. april 2023 ut på høring forslag til utredningsprogram for offentlig overordnet konsekvensvurdering av havbruk til havs for områdene «Norskerenna sør», «Frøyabanken nord» og «Trænabanken». Høringsfristen var 24. mai med forventning om at arbeidet med konsekvensvurderingene fullføres høsten 2023. Samtidig utvikles et nytt regelrammeverket tilpasset offshore akvakultur. Dagens regelverk er tilpasset tradisjonelt akvakultur på kystnære lokaliteter og på lokaliteter i fjordene, og er mangelfullt med tanke på krav som stilles til HMS, teknologi og fiskevelferd ved produksjon av fisk i åpent hav.

Når konsekvensvurderingene er fullført og regelrammeverket er klart, kan de første tildelingsrundene starte. Figur 7, viser en sannsynlig tidslinje for avklaring av regelrammeverk, konsekvensvurderinger og de første tildelingsrundene:

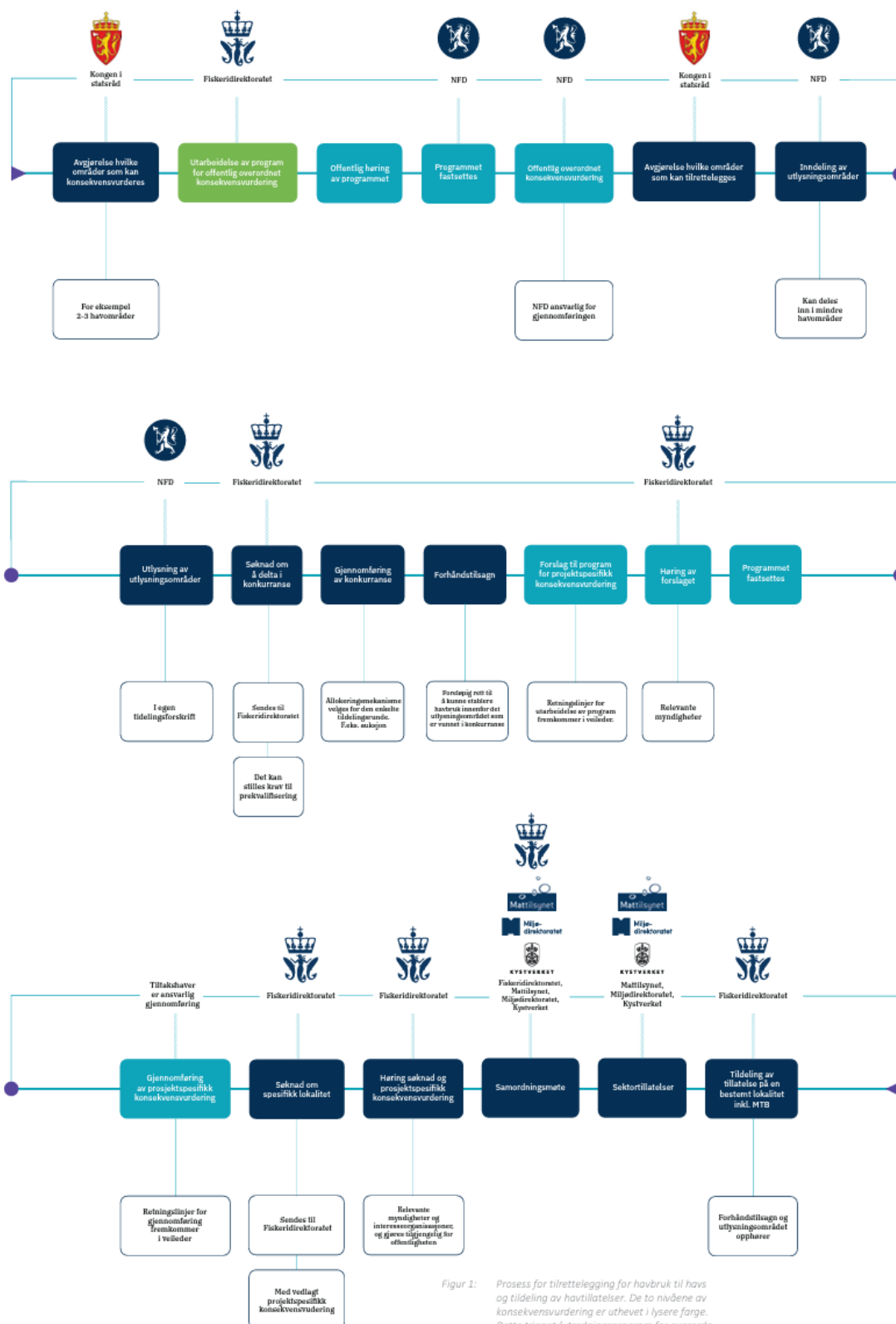
¹ <https://www.uis.no/en/research/ocean-technology-innovation-cluster-stavanger-otics>



Figur 7 - Tentativ tidsplan for Havbruk til havs. Kilde: NFD.

Proessen i figur 8, gitt at den gjennomføres etter plan, kan utløse søknader om tildeling av offshore havbrukstillatelser allerede i 2024, og dermed posisjonere seg inn mot havbruk til havs. Realisering av Norskerenna sør vil bety muligheter for ny aktivitet i de regionene som grenser til området.

Figur 8 viser hvordan departementet legger opp tildelingsprosessen.



Figur 1: Prosess for tilrettelegging for havbruk til havs og tildeling av havtillatelse. De to nivåene av konsekvensvurdering er uthevet i lysere farge. Dette trinnet (utredningsprogram for overordnet KV) er i tillegg uthevet i grønt.

Figur 8 - Prosess for tilrettelegging for havbruk til havs og tildeling av havtillatelse. Kilde NFD.

6 Kunnskapsstatus for havbruk til havs

6.1 Temperatur og laksen

Laksen kan overleve i sjøtemperaturer mellom -2 og 23 grader celsius og vokser best i sjøtemperaturer mellom 9 og 18 grader (optimal temperatur for vekst er rundt 13 grader), og trives best i temperaturer mellom 8 og 14 grader. Laksen viser tegn på stress ved sjøtemperaturer over 16 grader celsius.^{2 3} Vekst og appetitt reduseres ved temperaturer høyere enn 18 – 19 grader celsius.^{4 5} Foreløpige målinger av sjøtemperaturer i Norskerenna sør viser at overflatetemperaturspennet ligger på 5-16 grader, et spenn som i stor grad overlapper med sjøtemperaturer som er optimale for vekst og overlevelse av fisken. I sjøtemperaturene 7-15 grader celsius bruker også laksen minst energi når den svømmer⁶. Svømmekapasiteten er høyest ved ca. 15 grader. Ref. figur 9.

Utsett av smolt eller postsmolt i sjøtemperaturer under 6-7 grader celsius er generelt frarådet⁷, og kan være begrensende for utsett i Norskerenna. De stabile sjøtemperaturene utaskjærs fremstår gunstig for lakseoppdrett og er mer optimale for vekst og overlevelse av fisken enn innaskjærs sjøtemperaturer. Ettersom lus har høyest forekomst i høye sommertemperaturer og vintersår i lave vintertemperaturer, kan sjøtemperaturen til havs potensielt ha en positiv fiskehelseeffekt ved isolert sett lavere smittepress av lus om sommeren og innslag av vintersår om vinteren. Smittepress av lus og sykdommer er imidlertid en funksjon av en rekke faktorer, inkludert biomasse og individtetthet, så det er for tidlig på dette stadiet å trekke sterke konklusjoner om fiske sykdommer og lus på mer eksponerte lokaliteter.

6.2 Strømforhold og laksen

Det har vært utført flere studier av laksens evne til å svømme i strøm som dokumenterer at laksen er i stand til både å holde en maks hastighet i minutter («sprint»), kalt kritisk hastighet (U_{crit}) og en vedvarende hastighet, altså 80% av den maksimale svømmehastigheten («maraton») i opptil tre dager.⁸

Mye strøm og bølger kan gi fiskevelferdsutfordring for laksen i væreksponte områder. Men også for lite strøm og vannutskiftning i store merder til havs med høy biomasse kan tidvis være en utfordring og resultere i oksygenmangel hos fisken.⁹

² <https://www.hi.no/hi/nyheter/2020/januar/strom-og-temperatur-begrenser-omrader-egnet-for-havbruk-til-havs>

³ <https://ilaks.no/varmere-hav-er-darlig-nytt-for-oppdrettslaksen/>

⁴ <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848608004730>

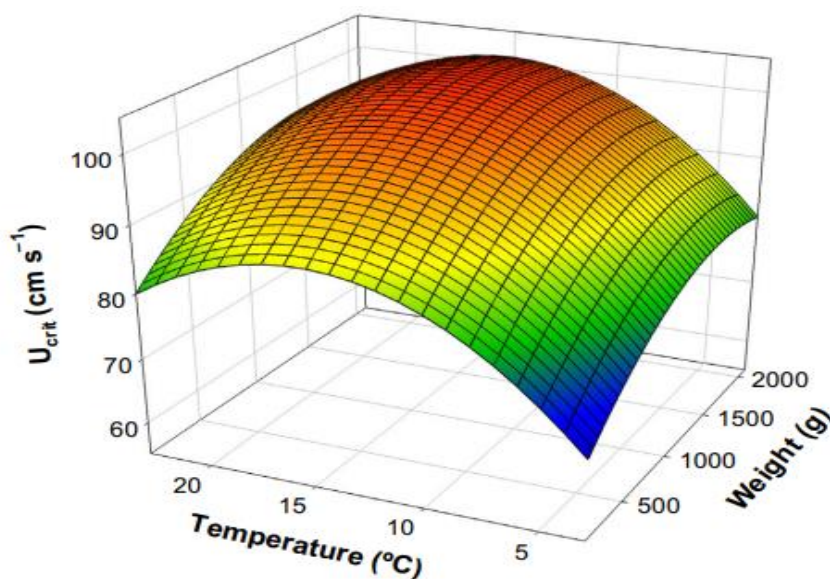
⁵ <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1095643312004837>

⁶ <https://forskning.no/fisk-fiskehelse-havet/laksen-bruker-mer-energi-pa-a-svomme-nar-havet-blir-varmere/2082119>, <https://academic.oup.com/conphys/article/10/1/coac037/6609991?login=false>

⁷ <https://nofima.no/wp-content/uploads/2016/06/Velferdsindikatorer-for-oppdrettslaks-2018.pdf>

⁸ <https://www.hi.no/hi/nyheter/2021/oktober/laksen-er-en-god-maratonsvømmer>

⁹ <https://www.hi.no/hi/nyheter/2023/mai/oppdrett-til-havs-lite-strom-kan-lage-kluss>



Figur 9 – Laksens kritiske svømmekapasitet er avhengig av både temperatur og fiskestørrelse. Kilde: *Fish welfare in offshore salmon aquaculture*¹⁰

For mye strøm kan slite ut fisken. Laksens svømmekapasitet avhenger av flere faktorer som sjøvannets temperatur, laksens størrelse og helsetilstand og hvor lenge laksen svømmer i en bestemt hastighet. Det vil også avhenge av havbruksteknologien som anvendes. Noten reduserer typisk strømhastigheten innenfor merden med ca. 20%¹¹ i forhold til strømhastigheten utenfor merden og en eventuell dobbeltnot eller andre teknologiske løsninger kan redusere strømhastigheten ytterligere. I tillegg er strømhastigheten typisk høyest i overflaten, og merder som kan senkes under overflaten eller er dypere, kan gi fisken mulighet til å trekke dypere hvor det er lavere strømhastighet. Det er ikke fiskevelferdsmessig ugunstig å senke ned fisken, så lenge den får luft enten tilført fra luftlommer eller ved at merden jevnlig heves til overflaten. Snarere tvert imot vil det bidra til mindre lus og potensielt gunstigere sjøtemperaturer for fisken.^{12 13} Derfor er det nødvendig med grundige kartlegginger av strøm i områdene for havbruk til havbruk før en designer havanlegget.

Mattilsynet angir en “*praktisk grense for strømhastigheter (målt utenfor merd) ved lokaliteter som skal brukes til nyutsatt smolt bør derfor kunne settes til maks. 2 fiskelengder pr sekund.*”¹⁴ Ifølge forskning fra Havforskningsinstituttet kan imidlertid den minste smolten takle høyere strømhastighet per fiskelengde, omtrent 3-4 ganger kroppslengden, se figur 10 for

¹⁰ <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/raq.12501>

¹¹ Current forces on and flow through fish farms. Løland, PhD, 1991, <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3A241fb0a9-8fe2-4fa5-9de5-4d01cd4941b1>

¹² Welfare, behaviour and feasibility of farming Atlantic salmon in submerged cages with weekly surface access to refill their swim bladders

Alexis Glaropoulos, Lars H. Stien, Ole Folkedal,*, Tim Dempster, Frode Oppedal

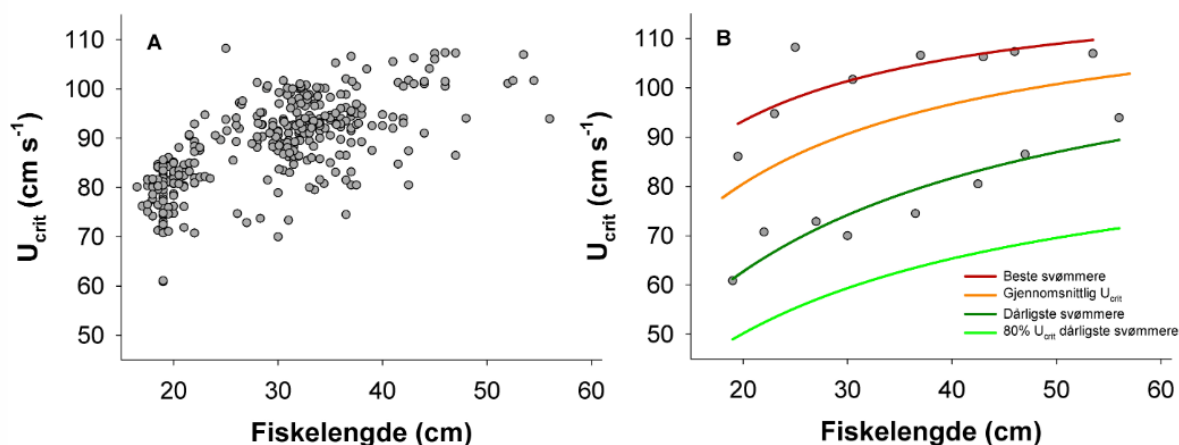
¹³ Submerged cage aquaculture of marine fish: A review of the biological challenges and opportunities. Michael Sievers, Øyvind Korsøen, Fletcher Warren-Myers, Frode Oppedal, Georgia Macaulay, Ole Folkedal, Tim Dempster

¹⁴

https://www.mattilsynet.no/fisk_og_akvakultur/akvakultur/akvakulturanlegg/retningslinje_ved_saksbehandling_av_etableringsoknader.16319/binary/Retningslinje%20ved%20saksbehandling%20av%20etablerings%C3%B8knader

grenseverdier¹⁵. Det er individuelle forskjeller blant laksen, og en må hensynta de dårligste svømmerne og gi god fiskevelferd til hele populasjonen i merden.

Ettersom laksens svømmekapasitet er avhengig av både temperatur og svømmevarighet, bør en ved vurdering av lokaliteter til havs ikke bare måle maksimalstrømhastigheten, men også *varigheten* av strømningshastighetene, helst i kombinasjon med temperaturmålinger. En slik fremgangsmåte er foreslått som et alternativ til dagens klassifisering av lokaliteter som er kategorisert i eksponeringsgrad etter bølger og strøm.¹⁶



Figur 10 – Smoltens svømmekapasitet i forhold til fiskelengde. Kilde: Havforskningsinstituttet.

Svømmekapasiteten er vist ved 13-14°C, noe som er nær optimal svømmekapasitet. De grå punkter i B representerer henholdsvis den beste og dårligste fisken fra A. Ettersom all fisk i oppdrettssituasjonen bør sikres akseptabel velferd, må grenseverdiene for maksimal tillatt strømhastighet ta hensyn til de svakest svømmere. Derfor vil de anbefalte grenseverdiene som funksjon av fiskelengde være henholdsvis den mørkegrønne linje for korttids eksponering (minutter) og den lysegrønne for langtids eksponering (timer). Data er modifisert fra Remen et al. (2016), Hvas et al. (2016, 2017a, 2017b, 2018a) og Hvas & Oppedal (2017).¹⁷

Figur 11 viser laksens utmattingstid som funksjon av svømmehastighet, målt i fiskelengder (FL) per sekund eller i forhold til kritisk svømmekapasitet.¹⁸ Laksen kan svømme i en lengre varighet enn tidligere antatt. Eksempelvis, kan fisken svømme i en hastighet ved en FL/s under 2,2 / sekund i mer enn 72 timer; i 2-72 timer ved FL = 2,5 / s og maks to timer ved 2,6 FL / s.

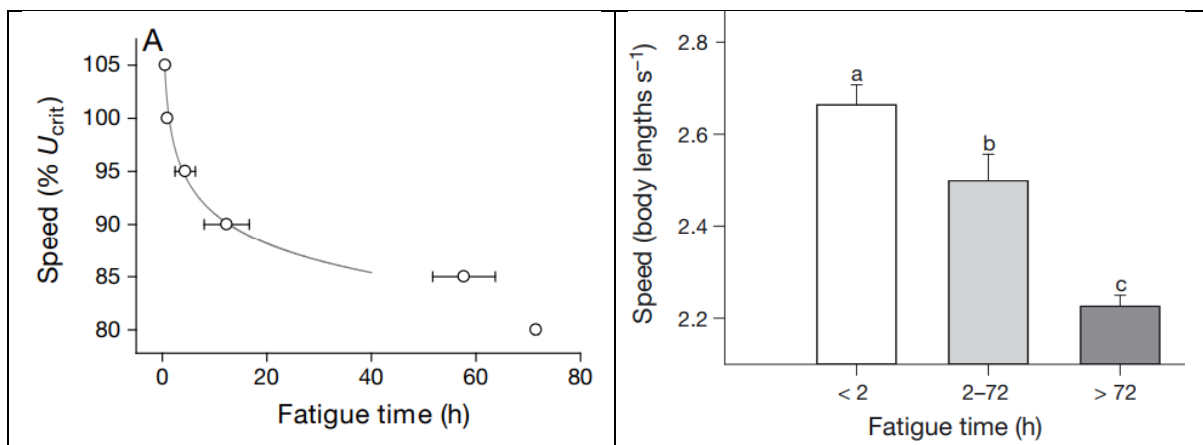
¹⁵ <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2019-37>

¹⁶

<https://www.researchgate.net/publication/332294076> Fish welfare based classification method of ocean current speeds at aquaculture sites

¹⁷ <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2019-37>

¹⁸ <https://www.int-res.com/articles/feature/q013p189.pdf>



Figur 11 – Svømmehastighet (% av kritisk svømmehastighet) vs. Utmattingstid og svømmehastighet (angitt i KL/s) vs utmatningstid. Testet med 700 gram / ~39 cm ved 12 °C. Kilde: HI. <https://www.int-res.com/articles/feature/q013p189.pdf>

«Cost of Transport» (CoT) er et uttrykk som beskriver hvor mye energi fisken bruker på å svømme, og CoT varierer med temperatur og svømmehastighet. Minimum CoT tilsvarer den svømmehastigheten som er mest energioptimal og er en indikator for frivillig eller foretrukken svømmehastighet. Denne svømmehastigheten er ofte sett hos migrerende fisk eller fisk i merd ved lav vannstrøm.^{19 20} En svømmehastighet under optimal svømmehastighet kan føre til at fisken får mer fett og mindre protein i kroppen enn ved optimal svømmehastighet.²¹

Noen resultater som viser hvordan fiskens svømmevarighet relatert til U_{crit} er vist i tabell 1:

Tabell 1- Fiskens utmattingstider mot % strømhastighet av U_{crit} . Testet med 700 gram / ~39 cm ved 12 °C. Kritisk svømmehastighet = 107 cm/s og minimum cost of transport (CoT): 66cm/s ble målt. Kilde: HI. <https://www.int-res.com/articles/feature/q013p189.pdf>

U_{crit}	Gjennomsnittelig utmattingstid	Beste svømmere	Verste svømmere
80%	0% utmattet i løpet av 24 t	9 / 10 fisk > 72 t	Utmattet etter 67 t
85%	0% utmattet i løpet av 24 t	9 / 10 fisk > 72 t	Utmattet etter 30,1 t
90%	12.3 ± 4.3 t	38,9 t	
95%	4.37 ± 0.20 t	19,5 t	
100%	0.94 ± 0.12 t		100% utmattet innen 1,36 t
105%	0.56 ± 0.11 t		100% utmattet innen 1,25 t

Dersom en stor del av den aerobe kapasiteten må benyttes til vedvarende svømming, kan vekstpotensialet bli redusert.²² Ved kroniske eksponeringsforhold (dager eller uker) blir grenseverdiene for vannstrømstyrkene derfor lavere enn de anbefalte grenseverdiene i figur 11.

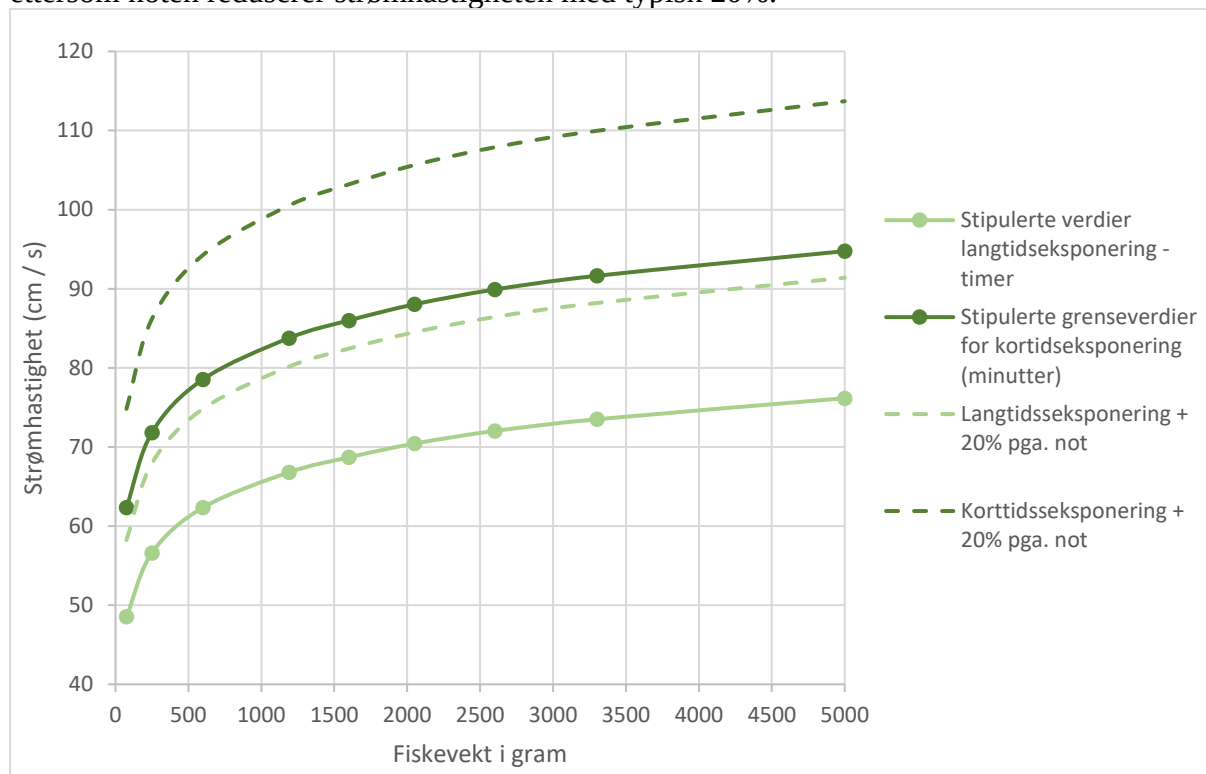
¹⁹ <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28507190/>

²⁰ Assessing swimming capacity and schooling behaviour in farmed Atlantic salmon *Salmo salar* with experimental push-cages. *Aquaculture* 473: 423–429.

²¹ <https://bora.uib.no/bora-xmlui/bitstream/handle/1956/16129/dr-thesis-2017-Frida-Solstorm.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

²² Solstorm, F., Solstorm, D., Oppedal, F., Fernö, A., Fraser, T. W. K. & Olsen, R. E. (2015). Fast water currents reduce production performance of post-smolt Atlantic salmon *Salmo salar*. *Aquaculture Environment Interaction* 7, 125–134.

Forskningen anbefaler grenseverdier over minimum CoT, altså ca. 60% av kritisk svømmehastighet hvor fisken fortsatt har aerob kapasitet, men mindre enn overgangen til den anaerobe svømmekapasiteten ved 80-85% av svømmehastigheten.²³ Disse grenseverdiene er vist i figur 12, som funksjon av fiskevekt. Det er også vist kurver med 20% høyere strømhastighet som representerer strømhastigheten utenfor merden i konvensjonelle merder, ettersom noten reduserer strømhastigheten med typisk 20%.



Figur 12 – Relasjon mellom fiskevekt og anbefalte grenseverdier for strømhastighet. En 20% økning i strømhastigheten er vist med stiplede linjer for å illustrere maksimal strømhastighet utenfor not. Stiim Aqua Clusters beregninger ut ifra HIs forskningsdata.

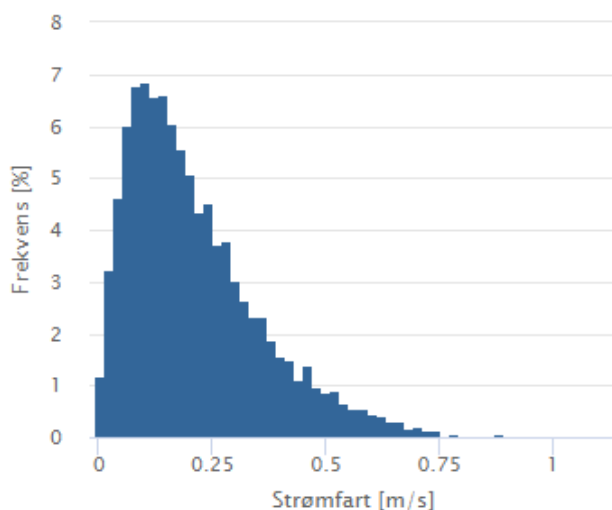
Andre forhold som spiller inn er at den kritiske svømmehastighet kan bli redusert med omtrent 15% etter fôring, og en bør derfor vurdere å stoppe utfôringen ved stormvarsel. Kondisjonering til skiftende strømforhold allerede på smolt-stadiet kan bidra til at laksen lærer å tilpasse seg et eksponert miljø med høye bølger og strømhastigheter.

Når fisken svømmer øker frekvensen av haleslag lineært med svømmehastigheten. Rent praktisk kan en derfor observere fiskens haleslagfrekvens i oppdrettsanlegget (for eksempel vha kamera) og benytte denne som en vurdering på hvor fort laksen svømmer. En haleslagfrekvens på 3,2 / sek signaliserer at fisken er på grensen til deres maksimale vedvarende svømmekapasitet, 2,5 slag / sek tilsvarer en optimal CoT.²⁴ Hvis fisken bryter det sirkulære mønsteret og står mot strømmen i lange perioder tyder det på at vannstrømmen for høy.

²³ <https://www.int-res.com/articles/feature/q013p189.pdf>

²⁴ <https://www.int-res.com/articles/feature/q013p189.pdf>

Strømforhold i Norskerenna sør



Figur 13 – Frekvensdiagram over strømfart i Norskerenna Sør.

Simuleringsstudier viser en median strømhastighet i Norskerenna sør på ca. 0,2 m/s, og svært sjeldent er det strømhastighet opp mot 1 m/s (Figur 13), som tyder på at strømhastighetene i området overlapper med de hastighetene som gir god fiskevelferd. Utfordringer kan imidlertid oppstå med stor biomasse i en merd og/eller perioder med lave strømhastigheter. Strømmålinger bør utføres i området for nøyaktige verdier av strøm og en mer nøyaktig vurdering av fiskevelferd.

6.3 Bølger og laksen

Det er begrenset forskning på hvordan laksens atferd i bølger, men det er indikasjoner på at laksen svømmer dypere i bølger (spesielt om dagen)²⁵ og det er kjent at laks kan bli sjøsyk i bølger.^{26 27}

Bølger er karakterisert ved bølgehøyder og bølgeperioder, og begge variablene har betydelig variasjon i en gitt sjøtilstand, typisk uttrykt i signifikant bølgehøyde (Hs). Bølgebevegelsene er høyest i overflaten og reduseres eksponentielt med dybden. Dersom en tenker seg at bølger består av en uendelig mengde partikler, vil en se at bølgepartiklene har sirkulære bevegelser med hastigheter og akselerasjoner, og magnituden vil variere med både bølgehøyde og -periode. Det er nærliggende å sammenligne laksens adferd i bølger og strøm, og ettersom større laks kan takle høy strømhastighet bedre enn mindre laks, er det en rimelig antakelse at det samme gjelder for laks i bølger.

Bølgepartikkelhastighetene (som er en funksjon av bølgehøyde, bølgeperiode, dybde av bølgepartikkel og vanddyb) i høye bølger kan være mye høyere enn strømhastighetene i overflaten, eksempelvis opptil 1-1,5 m/s. Det synes da naturlig at laksen søker nedover i merden

²⁵ Johannesen, Á., Patursson, Ø., Kristmundsson, J., Dam, S. og P. Klebert (2020). How caged salmon respond to waves depends on time of day and currents. PeerJ 8, e9313.

²⁶ Noble, C., Nilsson, J., Stien, L. H., Iversen, M. H., Kolarevic, J. & Gismervik, K. (2018). Velferdsindikatorer for oppdrettslaks: Hvordan vurdere og dokumentere fiskevelferd. 312 pp

²⁷ Hilbig, R., Anken, R. H., Bauerle, A. & Rahmann, H. (2002) Susceptibility to motion sickness in fish: a parabolic aircraft flight study. Journal of gravitational physiology: a journal of the International Society for Gravitational Physiology 9(1), P29-30

for å slippe unna de høye bølgepartikkelbevegelsene og dette vil være dimensjonerende for dybden for overflatemerder. Det er observert at laksen kan dykke mer enn 700 meter i ned dypet.^{28 29}

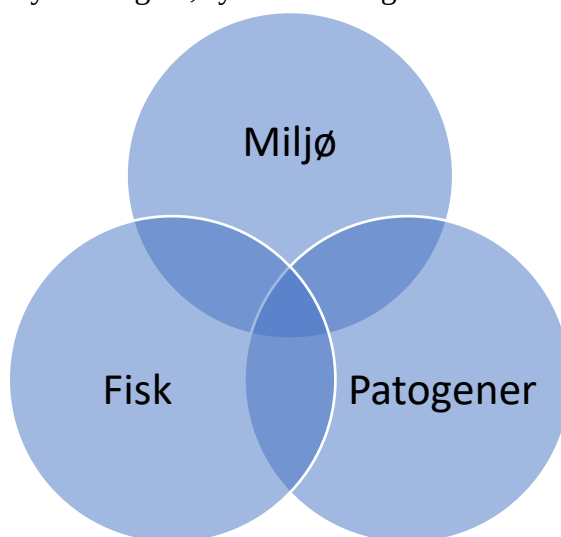
Kunnskap fra skipsdesign forteller at spesifikke bevegelseskarakteristikker i skip gir størst grad av sjøsyke hos mennesker, og det er mulig å designe skip med bevegelseskarakteristikker som gir mindre sjøsyke. På tilsvarende måte kan noen spesifikke bevegelser i sjø gjøre laks sjøsyke. Med bedre kunnskap kan en unngå eller redusere sjøsyke hos laks i havbruk til havs. Fisken kan svømme ned i vannlagene for å unngå de høyeste bølgene hvis teknologivalget muliggjør nedsenkning av merdene eller ved å lage nøtene tilstrekkelig dype. Det er for øyeblikket lite kunnskap om hvor dyp merdene må være, eller hvor dypt fisken vil oppholde seg i ulike bølgehøyder. Laksens atferd i bølger må studeres nærmere.

En risiko med merder som ikke er tilstrekkelig dype er at fisken kan samles i høy tetthet ved bunnen av merden i høye bølger, bli stresset av både den høye tettheten og de høye bølgene, forbruke mye oksygen og ha dårlige velferdsforhold. Fisken kan bli utmattet og bli slått i notveggen av bølger eller strøm.

Transport av laks bør ikke utføres i signifikant bølgehøyde over 3m, da dette kan stresse fisken eller gjøre den sjøsyk.³⁰ Dette kan være begrensende for operasjoner ved oppdrettsanlegg til havs, spesielt uttak av fisk fra oppdrettsanlegget.

6.4 Fiskehelse og fiskevelferd

Fiskehelse og velferd er et komplekst samspill mellom miljø, genetikk, håndtering og spredning av patogener. Siden de første forsøkene med oppdrett av laks på 1960-tallet har en stadig fått mer kunnskap om fiskehelse og forbedret fiskevelferden i havbruk. Likevel er det fortsatt utfordringer å løse, som høy dødelighet, sykdommer og lus.

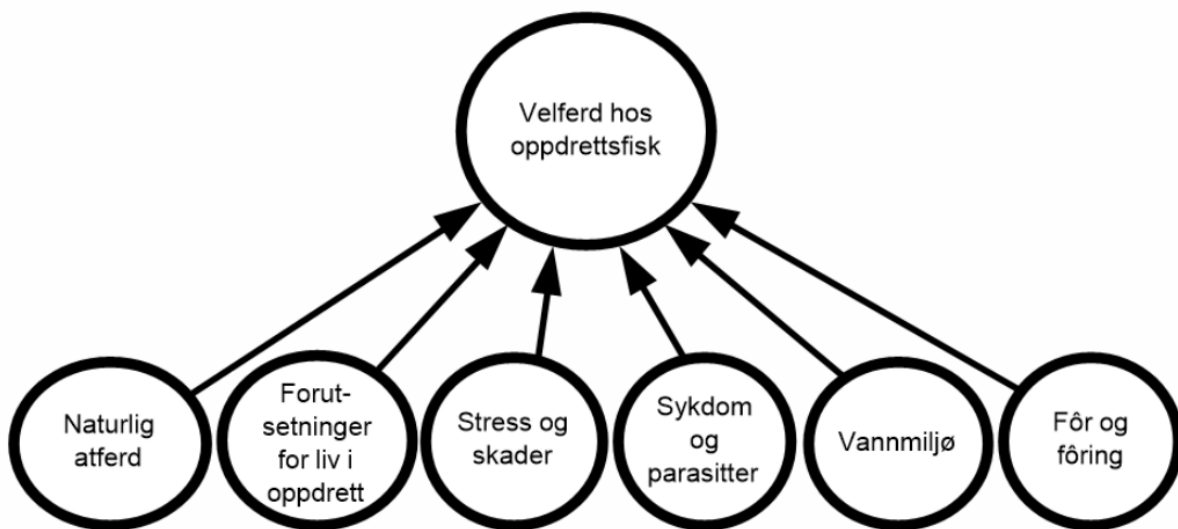


Figur 14 - Fiskevelferd er avhengig av et komplekst samspill av flere faktorer, som miljø, håndtering, spredning av patogener og fiskegenetikk.

²⁸ https://uit.no/nyheter/artikkel?p_document_id=575213

²⁹ https://uit.no/nyheter/artikkel?p_document_id=595406

³⁰ Iversen, M. & Eliassen, R. (2012) Stressovervåkning av settefiskproduksjonen i Mainstream Norway AS 2009 - 2011. Stresskartlegging av laksesmolt (*Salmo salar* L.), og effekten av stressreducerende tiltak på stressnivå, dyrevelferd og produksjonsresultatet. UiN-rapport nr 05/2012. pp. 54



Figur 15 - 6 grunnbehov i fiskevelferd til fiskeoppdrett. Kilde: Risikorapport norsk fiskeoppdrett 2022 - risikovurdering, Havforskningsinstituttet.

Når havbruk til havs skal utvikles er det viktig å etterstrebe best mulig fiskevelferd og lære av utfordringene i innaskjærs havbruk.

Stress

Stress er fysiske og mentale faktorer som gjør at fisken er nødt til å bruke uforholdsmessig mye energi på å opprettholde konstant fysiologisk og kjemiske forhold i kroppen, kalt homeostase. Dersom stresspåkjenningen blir for stor eller langvarig, kan det gi fysiske og fysiologiske skader. Både direkte skader og stress gir økonomiske tap i fiskeri og akvakultur.

Følsomheten for stress varierer mye fra individ til individ. Stresset fisk får reaksjoner som redusert matinntak etter stress, redusert trivsel og redusert evne til å danne nye hjerneceller som igjen vil gi dårligere hukommelse. Fisken som er mest påvirket av stress vil være mest utsatt, for eksempel ved at den har større og mer langvarig reduksjon i matinntaket etter stress.

Stress øker sjansen for mange laksesykdommer som PD, ILA, AGD, IPN, HMSB, CMS og vintersår. Stress kan være en faktor som bidrar til sykdom og dødelighet og er vesentlig å ta hensyn til i vurderingen av fiskevelferd.

Tiltak som reduserer stress hos fisk, kan gi lavere dødelighet. Et redusert stressnivå for smolt på 65%, reduserte dødeligheten med 97%.³¹

Lakselus

Lakselus er en naturlig parasitt på laksefisk i saltvann, og er en av de største utfordringene i havbruksbransjen. Luseinfeksjon kombinert med bruk av enkelte avlusningsmetoder kan redusere fiskevelferd. Luseutfordringer ble i 2017 beregnet til å koste oppdrettsnæringen ca. 5 milliarder i året.³² Luseforskriften setter øvre grenser på 0,5 voksen hunn lus i gjennomsnitt per fisk i anlegget og i deler av året under 0,2 hunn lus i gjennomsnitt per fisk. Selskapene er ansvarlig for å sikre at mengden lakselus ikke er over grensen. Lakselus bekjempes med

³¹ <https://tekmar.no/wp-content/uploads/2016/08/Martin-Iversen-Stress-hos-laks.pdf>

³² <https://nofima.no/publikasjon/1523319/>

preventive metoder som luseskjørt og nedsenkning av fisk, rensefisk, og behandlinger i form av mekaniske eller termiske metoder samt legemidler. En utfordring med reaktive behandlingsmetoder er at fisken må håndteres, som for eksempel trenges, pumpes og behandles. Behandlingen kan føre til stress hos fisken, sår i huden og økt dødelighet. Både økt stress og sår i huden øker sannsynligheten for sekundære sykdommer og dødelighet i perioden etter behandlingen. Reduksjon av den negative påvirkningen fra behandling mot lakselus vil i høy grad medvirke til bedre fiskehelse og fiskevelferd. Med forebyggende tiltak mot lakselus unngås de negative fiskevelferdskonsekvensene med reaktive behandlinger; høy bruk av rensefisk (som høy dødelighet og egne fiskevelferdsutfordringer), bruk av legemidler med negative effekter for miljøet, og behandling som kan gi stress, sårskader, potensielle sykdommer og dødelighet.

Siden smittepress av lus er en funksjon av avstand mellom anlegg, kan strategisk lokalisering av anleggene i god avstand til hverandre isolert sett kunne bidra til redusert lusesmitte. Likevel må en forvente at det kan forekomme lakselus også utaskjærs. Da er det viktig å planlegge plassering av anleggene til havs for minst mulig spredning mellom anleggene til havs, og fra anleggene til havs mot eksisterende anlegg langs kysten.³³

Sykdommer

Laksesykdommer som PD, ILA, AGD, IPN, HMSB, CMS og vintersår er en utfordring for fiskevelferd og fiskehelse, krever ressurser for behandling, gir dødelighet og forårsaker tapte inntekter. Det er estimert at PD i snitt forårsaket direkte kostnader for norske lakseoppdrettere i 2015 mellom 2,2 kr / kg, ILA 0,8 kr / kg og CMS 0,6 kr / kg produsert laks.³⁴

Sykdommer kan ha spredningspotensial til nærliggende merder. Noen av sykdommene er relatert til temperatur, som vintersår som opptrer mest i kalde sjøtemperaturer under 6-7 grader celsius. Stresspåvirkning kan gjøre fisken mindre robust til å takle flere av sykdommene som påvirker fisken, blant annet ved behandling og trenging av fisken. 17% av vintersårene kommer rett etter utsett og 40% etter mekanisk lusebehandling, dvs. nærmere 60% av vintersårene kan knyttes til aktiviteter på anlegget.³⁵

Ved å legge oppdrettsanlegg til havs vil en kunne begrense en del faktorer er relatert økt forekomst av sykdommer. Utaskjærs er sjøtemperaturen mer stabil med lavere maksimaltemperaturer om sommeren enn innaskjærs. Det kan redusere påslaget av lakselus som igjen reduserer behovet for lusebehandlinger, sekundære sykdommer og dødelighet. Minimaltemperaturer om vinteren er høyere utaskjærs på vinteren, noe som kan redusere vintersår. Rensefisk tåler i mindre grad enn laksen sterk vannstrøm, og mindre egnet til å forebygge luseinfeksjoner i HTH enn i innaskjærs havbruk. I tillegg kan en planlegge en større avstand mellom anleggene utaskjærs og dermed redusere spredningen av patogener fra et anlegg til et annet. Totalt sett kan en oppnå redusert forekomst av både lakselus og laksesykdommer utaskjærs. Samtidig må man arbeide med å øke kunnskapsgrunnlaget som gjelder potensielle fiskehelse og velferdsutfordringer som kan oppstå i havbruk utaskjærs.

6.5 Rømming

I havbruk til havs utvikles det nye konsepter som skiller seg fra dagens konsepter ved at merdene ofte er større, kan være laget av stål, har annen teknologi for eksempelvis trenging

³³ <https://www.hi.no/hi/nyheter/2020/april/havstraumane-kan-frakte-lakselusa-inn-til-kysten>

³⁴ [https://openaccess.nhh.no/nhh-](https://openaccess.nhh.no/nhh-xmlui/bitstream/handle/11250/2484546/master2017.PDF?sequence=1&isAllowed=y)

[xmlui/bitstream/handle/11250/2484546/master2017.PDF?sequence=1&isAllowed=y](https://openaccess.nhh.no/nhh-xmlui/bitstream/handle/11250/2484546/master2017.PDF?sequence=1&isAllowed=y)

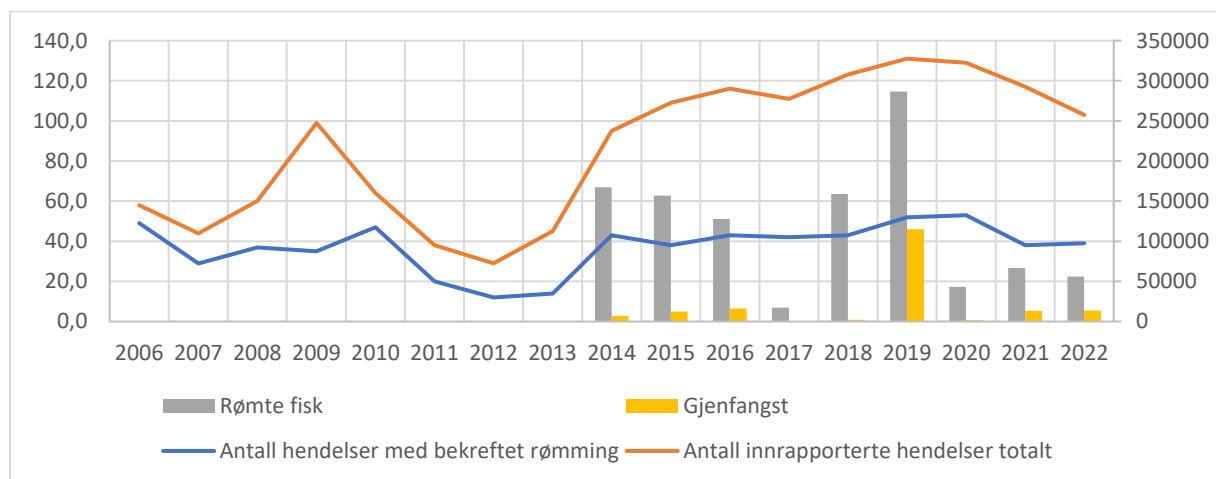
³⁵ <https://ilaks.no/60-prosent-av-tilfellene-med-vintersar-knyttes-opp-mot-handtering/>

og overføring av fisk, notteknologi og kan inkludere boligkvarter, helidekk, livbåter og fôringslagre på merden, og i større grad benytte autonome systemer. Det vil oppstå nye og andre risikoer i havbruk til havs sammenlignet med konvensjonelt havbruk. Konsekvensen av rømming er potensielt høyere ved at flere fisk kan rømme. Derfor må en utføre risikovurderinger på et tidlig stadiet i konseptutviklingen, og designe oppdrettsanleggene slik at de får en akseptabel risiko i henhold til gjeldende regelverk. Aktuelle regelverk er [akvakulturdriftsforskriften](#) og [NYTEK23](#), samt standarden [NS 9415, Flytende akvakulturanlegg — Lokalitetsundersøkelse, prosjektering, utførelse og bruk](#). Nærings- og Fiskeridepartementet har utarbeidet en egen [strategi mot rømming fra akvakultur](#)³⁶ som tar utgangspunkt i en nullvisjon, og Fiskeridirektoratet har utgitt en [veileder for beredskap ved rømming av fisk fra akvakulturanlegg](#).³⁷

DNV har utarbeidet standarden «*DNV-OTG-24 - Fish escape prevention from marine fish farms*» som blant annet spesifiserer følgende for not i eksponerte og offshore lokaliteter:³⁸

- dimensjoneringsprinsipper
- krav til dimensjonering
- fabrikasjon og inspeksjon
- sertifisering og klassing
- dokumentasjon
- vedlikehold

Selv om rømningsårsakene i havbruk til havs kan være helt ulike rømningsårsakene fra konvensjonelt havbruk, vil det være nyttig å studere og lære av rømningsårsakene i konvensjonelt havbruk. Rømningsstatistikk fra konvensjonelt havbruk viser at antall rømte laks varierer fra år til år, men at trenden har vært synkende de siste årene, ref. figur 16. Rømninger skjer ofte i forbindelse med arbeidsoperasjoner som avlusning, ref. figur 17, i tillegg til andre årsaker som værforhold, feildesign av merd, svikt i planlegging av lokasjon, mangelfulle risikovurderinger og utilstrekkelig beredskap.^{39 40}



Figur 16 - Antall rømningshendelser og antall rømte fisk med gjenfangst mellom 2014 og 2023. Kilde: <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Roemningsstatistikk>

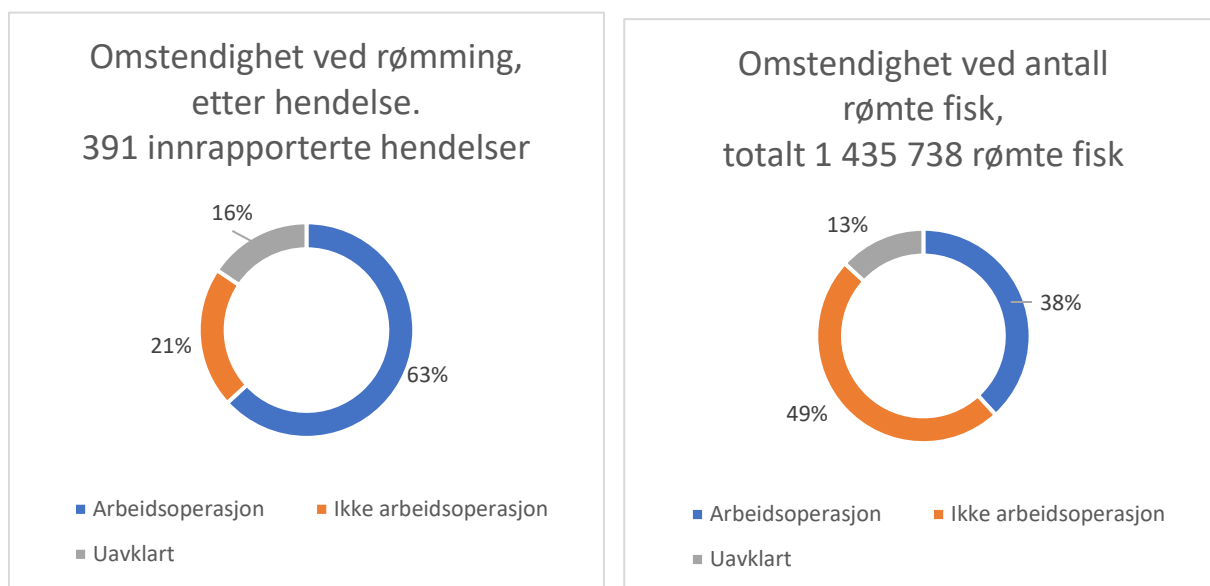
³⁶ <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Drift-og-tilsyn/Roemming/Strategi-mot-roemming>

³⁷ <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Drift-og-tilsyn/Roemming/Beredskapsveileder/Beredskapsveileder-roemming-fisk-oppdattert-21-10-22.pdf>

³⁸ <https://www.dnv.com/maritime/Offshore/technical-guidance-otg.html>

³⁹ https://www.sintef.no/globalassets/sintef-ocean/prosjekter/hindre-romming/granskning_notat_m-lenker-2019.pdf

⁴⁰ <https://hindreromming.no/>



Figur 17 – Omstendighet ved rømningshendelser og antall rømte fisk med gjenfangst mellom 2014 og 2023.02.15. Kilde: <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/erfaringsbase-romming>

6.6 Operasjoner

Det er en rekke ulike operasjoner på dagens konvensjonelle havbruksanlegg som må utføres regelmessig. De fleste av disse operasjonene må også kunne utføres i havbruk til havs, men med enda mer begrensede værwinduer. Dette er det viktig å planlegge for når en designer oppdrettsanlegg til havs, og en må også ta i betraktning at dette kan endre på måten en utfører operasjoner på. Under har vi listet noen av operasjonene som må gjøres i oppdrett.

Tilkomst til oppdrettsanlegg

Tilkomst til oppdrettsanlegg er per i dag risikofylt og fører til mange ulykker, ref. kapittel 6.8. Tilkomst til havbruk til havs kan skje ved for eksempel helikopter eller personellfartøy, som blant annet *Crew Transfer Vessels*. Det kan vurderes å standardisere tilkomst til oppdrettsanlegg til havs.

Inspeksjon, vedlikehold og rengjøring

Den undersjøiske inspeksjonen av oppdrettsanlegget bør ved havbruk til havs være enda mer basert på bruk av ROV enn dykkere, slik som utviklingen i petroleumsindustrien i Nordsjøen også har vært. En del tilsynsarbeid utføres på merdene i dagens havbruk hver dag. Det er naturlig at store deler av dette tilsynsarbeidet vil skje autonomt i havbruk til havs, for eksempel hulldeteksjon i not.

Oppdrettsanlegget må designes for å redusere vedlikehold, og for å kunne utføre vedlikehold når det er værwindu⁴¹ for det. En bør altså allerede ved utforming av oppdrettsanlegget prøve å angi hvilke værkriterier som gjelder for ulike vedlikeholdsoperasjoner og bestemme vedlikeholdsintervaller for ulike komponenter. Her vil faktorer som vedlikeholdskostnader, konsekvenser av vedlikeholdsmangler og risiko påvirke hvor ofte en skal vedlikeholde. Intervallene som velges er ofte erfaringsbasert kombinert med komponentens antatte levetid. En må også undersøke værstatistikk for å sjekke hvor ofte en statistisk sett har gode nok

⁴¹ Et værwindu er definert som et tidsrom med værforhold som muliggjør en bestemt handling. <https://naob.no/ordbok/v%C3%A6rvindu>

værkriterier til å gjøre vedlikeholdsarbeidet. Det er en rimelig antagelse at mesteparten av vedlikeholdsarbeidet må utføres i de værmessige roligste månedene som april til september.

Overvåkning av fiskevelferd

Tidlig deteksjon av sykdommer, lus eller annet som påvirker fiskevelferden kan bli enda viktigere for havbruk til havs enn i dagens konvensjonelle oppdrett for å i større grad kunne planlegge behandling, uttak og nødutslakting av fisk ettersom værvinduene er mer begrenset. Se også kapittel 10.4.2.1. I dagens konvensjonelle anlegg foregår overvåkning av fiskens tilstand delvis manuelt og ved videoovervåkning og sensorer i merd. I havbruk til havs blir manuell overvåkning vanskeligere ettersom mer krevende miljøforhold i mindre grad vil tillate det, og dette vil kreve en videreutvikling av digital helse- og velferdsovervåkning for havbruk til havs. I tillegg vil en utvikle bedre systemer for prediksjon av smittespredning.

Fjerning av svimere, syk og skadet fisk

Dyr skal behandles godt og beskyttes mot fare for unødige påkjenninger og belastninger. Avliving skal skje på en forsvarlig måte. Derfor må oppdretter ha utstyr og rutiner som gjør det mulig at skadet og syk fisk (svimere / «taperfisk») kan tas ut av anlegget, bedøves og avlives. Det forutsetter at det finnes et opplegg for uttak av slike svekkede individer i alle typer produksjonsenheter. Det kan være vanskelig rent praktisk, men å bare la fisken dø langsomt hen vil være i strid med dyrevelferdslovens § 3 og § 12 om avliving. Antall som er tatt ut skal journalføres.⁴²

Fjerning av dødfisk

Det er krav fra myndighetene om at dødfisk skal kontrolleres og tas ut minst daglig. I perioder med forøket dødelighet kan opptak være nødvendig flere ganger daglig, ihht. [akvakulturdriftsforskriften § 16](#), så lenge værforhold tillater det. Fjerning av dødfisk er viktig for å fjerne spredning av patogener og sykdom.

Kverning og ensilering

Dødfisk skal rett etter opptak kvernes og ensileres til pH under 4. Mellomlagring på anlegget over flere dager i sekker eller kar er ikke tillatt.⁴³

Lusetelling

Lusetelling skal i henhold til regelverk utføres hver uke ved temperaturer over 4°C og annenhver uke under 4°C, i henhold til [Forskrift om bekjempelse av lakselus i akvakulturanlegg](#), §6. Imidlertid har Mattilsynet tillatt at automatisk lusetelling kan utføres. Dette ble først tillatt ved dispensasjon, men under betingelse av at det ble utført manuell lusetelling i tillegg.⁴⁴ Senere har kravet om manuell lusetelling blitt fjernet⁴⁵ og det har også kommet signaler om at Mattilsynet ønsker å fase ut manuell lusetelling helt.⁴⁶ En kan derfor forvente at lusetelling i fremtiden og i havbruk til havs vil fortrinnsvis foregå automatisk.

⁴² Hendelser med negativ effekt på fiskevelferd, Mattilsynet, 2021.

⁴³

https://www.mattilsynet.no/fisk_og_akvakultur/akvakultur/krav_til_opptak_og_haandtering_av_dodfisk_i_oppdrettsanlegg.33039

⁴⁴ <https://www.fiskeribladet.no/tekfisk/disse-far-forste-dispensasjon-fra-mattilsynet-for-automatisk-lusetelling/2-1-918013>

⁴⁵ <https://www.intrafish.no/fiskehelse/mattilsynet-fjerner-vilkar-rundt-lusetelling-det-er-et-kraftig-signal/2-1-1293091>

⁴⁶ <https://www.kyst.no/automatisk-lusetelling-lusetelling-mattilsynet/mattilsynet-om-manuell-lusetelling-onskelig-a-fase-ut/1427646>

Biomassemåling

Ifølge forskrift om drift av akvakulturanlegg (akvakulturdriftsforskriften) skal biomasse og grunnlaget for beregningen av biomasse, tilvekst og tetthet journalføres hver dag. Biomassen skal aldri overstige MTB som følger av tillatelsen. Det hevdes at dagens biomassemåling er mer basert på usikre enkeltmålinger enn statistikk og gir derfor en stor usikkerhetsmargin i total biomasse, størrelse og fordeling av vektklasser. Dette gir et økonomisk tap for oppdretterne på mer enn 1 milliard kroner årlig, ifølge SINTEF rapporten fra 2009, «Konsekvensanalyse - utredning rundt følgene av feilestimering av biomasse i sjøbasert oppdrett». ^{47 48} Det er utviklet automatiske og nøyaktige biomassemålere for oppdrett og slike systemer vil også bli benyttet i havbruk til havs.

Helsekontroll

Helsekontroll av laks utføres for å avdekke smitte, sykdom og skader i henhold til [Akvakulturdriftsforskriften](#) §50 a. Fisk i akvakulturanlegg for matfisk med 1 000 000 matfisk eller flere (tilsvarende MTB på 5500 tonn ved gjennomsnittlig slaktevekt på 5,5 kg), skal ha minst tolv helsekontroller per år. Dersom det ikke er fisk i akvakulturanlegget hele året, reduseres krav til antall helsekontroller tilsvarende. Akvakulturdriftsforskriften §13 gir føringer for hvordan helsekontroll skal utføres.

Utsett av fisk

Ifølge oppdrettere, er utsett av fisk en operasjon en forventer kan utføres hele året. Oppdrettsanlegget bør likevel utformes slik at utsett av fisk kan skje skånsomt og effektivt for fisken og personell.

Uttak av fisk

Uttak av fisk er en sensitiv operasjon for fiskevelferd, hvor en må trenge fisken. Trenging av fisk foregår ved at en krymper volumet fisken har tilgjengelig og pumper ut fisken etter hvert. Trenging i konvensjonelle oppdrettsanlegg foregår ved at en kran fra brønnbåt eller annet fartøy løfter opp notlinen, samtidig som personell på merdkanten fester noten til flytekragen og fisken pumpes om bord i brønnbåten.

Noen definerte egenskaper for god trenging er som følger:

- God, skånsom og effektiv trenging med tilfredsstillende fiskevelferd, deriblant minst mulig og kortvarig stress for fisken.
- God HMS for arbeiderne
- Må kunne utføres under et kort værvindu
- Unngå klemfare for fisken, deriblant lommes i notlinen som fisken kan vikle seg inn i⁴⁹
- Unngå nottak i vannoverflaten
- Fisken skal ideelt sett trenge bare en gang
- Det skal kunne trenge gradvis ettersom brønnbåter og slakterier ikke nødvendigvis har kapasitet til å ta imot all fisken i hele merden.

⁴⁷

https://www.sintef.no/globalassets/upload/fiskeri_og_havbruk/havbruksteknologi/exactus/dokument/akvarena_endelig_rapport_konsekvensanalyse_feilestimering_biomasse-05102009.pdf

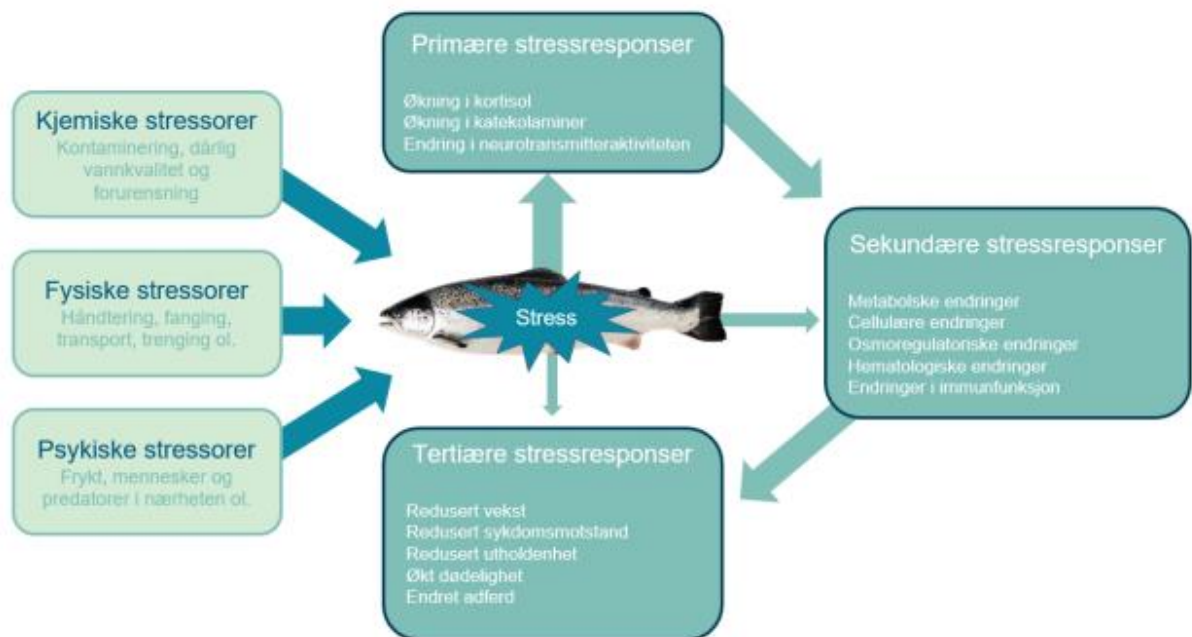
⁴⁸

<https://prosjektbanken.forskningsradet.no/project/FORISS/256297?Kilde=FORISS&distribution=Ar&chart=bar&calcType=funding&Sprak=no&sortBy=date&sortOrder=desc&resultCount=30&offset=180&Fag.3=Akvakultur>

⁴⁹ Mattilsynet. Veiledning om krav til god fiskevelferd ved slakteri for akvakulturdyr, Mattilsynet 2022

- Trenging og annen håndtering kan føre til skader på fiskens hud og bør spesielt unngås ved lave sjøtemperaturer for å redusere risikoen for å utvikle vintersår og høyere dødelighet.⁵⁰

Trenging er en prosess som er nødvendig for å effektivisere pumping, men som utsetter fisken for stress. Graden av stress vil variere med mange faktorer som miljøforhold under trening (for eksempel temperatur, oksygenivå og strøm, varigheten på trening, andre eventuelle stresskilder (stressorer) i nærheten som predatorer og om fisken er blitt utsatt for stress i perioden før trening.



Figur 18 - Fysiske, kjemiske og andre oppfattede stressorer som påvirker fisk, og fremkaller fysiologiske og lignende effekter. Disse deles inn primære, sekundære og tertiære responser. Kilde: Masteroppgave: Effekten av lufteksponering og trening på primære og sekundære stressresponser hos atlantisk laksesmolt (*Salmo salar* L.) av Benedikte Hokland Ottestad, 2020.

Tettheten av laks i en merd ligger på maksimalt 25 kg/m³ under vanlig drift, men under trening vil tettheten øke til 200-500 kg/m³ på kort tid. Den økte tettheten under trening vil gi dårligere vannkvalitet, ved at forbruket av oksygen vil øke, og tilgangen på oksygen vil minke, og tilsvarende vil nivåene av karbondioksid vil øke. Derfor er det vanlig praksis å tilføre oksygen (kalt oksygenering) under trening.^{51 52} Selv om det er forventet at det vil være mer gjennomstrømming av vann offshore, og dermed trolig mer oksygen, kan det også offshore være nødvendig med oksygenering.

⁵⁰ Gismervik, K., A. Østvik, and H. Viljugrein (2016) Pilotflåte Helixir- dokumentasjon av fiskevelferd og effekt mot lus. Del 1 uten legemiddel, in Veterinærinstituttets rapportserie 15- 2016, Veterinærinstituttet: Oslo. p. 45.

⁵¹ R. Waagbø, C. D. Hosfeld, S. Fivelstad, P. A. Olsvik og O. Breck, «The impact of different water gas levels on cataract formation, muscle and lens free amino acids, and lens antioxidant enzymes and heat shock protein mRNA abundance in smolting Atlantic salmon, *Salmo salar* L.», Comparative Biochemistry and Physiology, Part A, vol. 149, nr. 4, s. 396-404, 2008. [28] R. Jakobsen

⁵² Å. M. Espmark og Nofima, «Trenging og pumping av levende og sløyd fisk,» [Online]. Tilgjengelig: https://sjomatonorge.no/wpcontent/uploads/importedfiles/Asa_Espmark_Trenging.pdf

Stressnivåer og tiden det tar for laksen å hente seg inn etter stress øker vanligvis med trengetiden og trengetiden bør derfor være så kort som mulig. Ifølge RSPCA standarden skal ikke trengetiden overstige 2 timer^{53 54}.

Selve pumpingen av fisk gir nødvendigvis ikke så mye stress for fisken.⁵⁵

En har manglende erfaring med trenging av fisk i høye bølger, og bølger er en potensiell stressfaktor for fisken som potensielt kan komme i tillegg til selve trengingen. Næringsaktører, som røktere og brønnbåtkapteiner vi har diskutert med, hevder at en trolig ikke bør trenge fisken i overflaten i høyere bølger enn 2m Hs ettersom en ikke vet hvordan fisken vil reagere, men dette betinger av teknologien i oppdrettsanlegget.

Som en kort oppsummering; en bør utforme trengingsteknologien slik at den kan foregå effektivt og skånsomt for både fisk og personell og ta hensyn til krevende miljøforhold under trengingen, og dette er spesielt krevende i havbruk til havs.

Lusebehandling

Det er ulike typer lusebehandling, som⁵⁶:

- Oral avlusing (avlusingsmiddel er tilsatt fôret og dette skader ikke fisken)
- Medikamentell badebehandling: medikamentet blandes ut i sjøvann og fisken «bader» i det (i dag foregår dette som oftest i brønnbåt og dette hindrer spredning av legemidler i miljøet, eller nær gyte- og rekefelt).
- Ikke-medikamentelle metoder (IMM) - deriblant
 - mekanisk avlusing der lus fjernes fra laksen ved at den spyles eller børstes av
 - termisk avlusing der laksen utsettes for varmt vann (28-34 °C) i 20 til 30 sekunder for å få lusen til å dette av.

Alle metoder gir velferdsutfordringer i større eller mindre grad, slik som stress, dødelighet og sekundære effekter som sykdommer. Ettersom brønnbåtkapasitet kan bli en utfordring, kan næringen forsøke å utvikle løsninger for å behandle lus og sykdom lokalt på oppdrettsanlegget uten å måtte benytte brønnbåt.

Fôring av fisk

Fôring av fisk bør kunne foregå kontinuerlig og under vanskelige værforhold, men laksen tåler perioder uten fôr.⁵⁷

6.7 Beredskapsplaner

For oppdrettsanlegg skal det i dag utarbeides beredskapsplaner etter gjeldende regelverk, og eventuelt andre beredskapsplaner ved behov. Ifølge Fiskeridirektoratets *Veileder for beredskap ved rømming av fisk fra akvakulturanlegg* skal følgende beredskapsplaner utarbeides i henhold til akvakulturregelverk:

1. Rømming av fisk
2. Akutt utbrudd av smittsom sykdom og massedød av fisk
3. Skadelige alger og maneter

⁵³ <https://nofima.no/wp-content/uploads/2016/06/Velferdsindikatorer-for-oppdrettslaks-2018.pdf>

⁵⁴ RSPCA. RSPCA UK (2015). RSPCA welfare standards for farmed Atlantic salmon. Standards accessed via <https://science.rspca.org.uk/sciencegroup/farmanimals/standards/salmon> 1st November 2016. 2015

⁵⁵ <https://ilaks.no/trenging-stresser-mer-enn-pumping/>

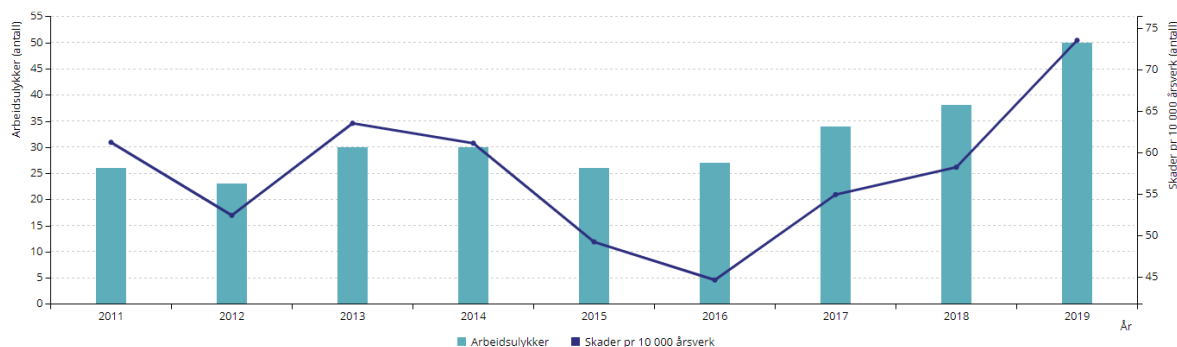
⁵⁶ <https://www.hi.no/hi/nyheter/2022/mai/darlig-fiskehelse-gjor-at-oppdrettslaks-dor-etter-avlusing>

⁵⁷ <https://www.hi.no/hi/nyheter/2020/november/oppdrettslaks-klarar-seg-fint-uten-for-i-opptil-fire-uker>

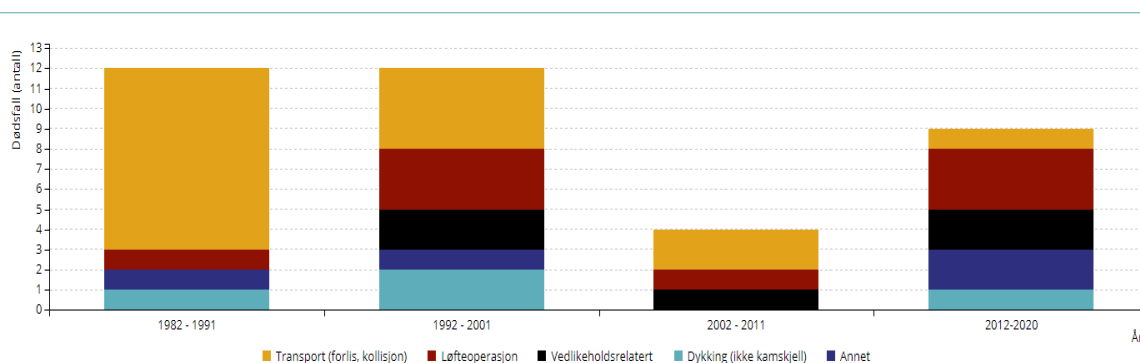
4. Skadelige levemiljøforhold
5. Akutt forurensning
6. Forholdsregler ved sleping av merder og håndtering av fisk og merder under lasting og lossing

6.8 Helse, miljø og sikkerhet (HMS)

Arbeid i oppdrett er et av Norges farligste yrker. Ansatte på havbruksanlegg har den nest mest ulykkesutsatte jobben i Norge, etter fiskeri. Statistikk over arbeidsulykker er vist i figur 19 og 20.



Figur 19 - Oversikt over alvorlige arbeidsulykker i havbruksnæring 2011 – 2019. KILDE: Barentswatch.



Figur 20 - Ulykkesstatistikk i norsk havbruk – oversikt dødsulykker. KILDE: Barentswatch

De viktigste årsakene til arbeidsulykker er:

1. Transport inn/ut til anlegg inkludert på/avstigning til fra merd
2. Operasjoner med bruk av kran
3. Fortøyningsoperasjoner
4. Opphold på merdkant

Ulykkesskader er i stor grad relatert til fall, kutt og klemming. Arbeidsrelatert fravær skyldes primært belastningsrelaterte plager, som smerter i skuldre, nakke og arm og rygg og akutte skader på grunn av mye manuelt og monotont arbeid som tunge løft.

58

Det er derfor nødvendig at havbruk til havs med enda mer krevende værforhold skjer mer automatisert og med mindre manuell arbeidskraft. Dette setter sterke føringer for utforming av oppdrettsanlegg, hvor en tar HMS i betraktning allerede i designfasen.

58 <https://www.barentswatch.no/havbruk/arbeidsskader>

Fellesforbundet, Fiskeri- og havbruksnæringens landsforening og Arbeidstilsynet har utarbeidet en rapport **Arbeidsmiljø og sikkerhet i havbruk** der det er angitt en rekke referanser og paragrafer ift AML og internkontrollforskriften for relevante arbeidsoperasjoner⁵⁹. Veilederen gir en god innsikt i gjeldende regelverk som arbeidsmiljøloven, forskrift om systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid (internkontrollforskriften), folketrygdloven, skipssikkerhetsloven med flere. Det er opprettet en arbeidsgruppe for HMS i havbruk til havs, ref. <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/hms-for-arbeidstakere-ved-havbruk-til-havs/id2917887/>

For mer informasjon om arbeidsulykker i oppdrett, se referanser som: ⁶⁰ ⁶¹ ⁶² ⁶³

7 Norskerenna sør - tekniske data

Tilgjengelig data er satt i system for tidlig utredning av forholdene på Norskerenna sør. Dataen som er etablert vil kunne fungere som underlag for tidlig prosjektering av konsepter for utbygging.

Videre må lokasjonsspesifikke målinger utføres etter hvert som konseptenes detaljnivå utarbeides, et arbeid som må utføres og være ferdigstilt lang tid (2- 3år) i forkant av installasjon av konstruksjoner. Kapittel 8 '*Norskerenna sør oppdaterte målinger*' beskriver hvilke type målinger som må utføres, varighet og metode.

7.1 Datagrunnlag

Bølge og vinddata er hentet fra bølgemodellen NORA3 levert av Meteorologisk institutt. Dataene dekker perioden 01.01.1986 – 30.11.2021 (36 år), har en horisontal oppløsning på 3 km og oppgis hver time. Alle signifikante bølgehøyder⁶⁴ (Hs) refererer til en times lange stasjonære sjøtilstander.

Ekstremverdier for signifikant bølgehøyde (Hs) og vindhastighet er beregnet med en ekstremverdimodell basert på årlige maksima. Ekstremverdier er gitt med returperioder på 1, 10, 50 og 100-år (dvs. verdiene som er forventet å gjentas én gang per intervall på henholdsvis 1, 10, 50 og 100 år).

Grunnet den eksponerte lokasjonen til området Norskerenna sør er bølge- og vinddata antatt tilnærmet lik for hele området. Lokasjon 58.599°N, 4.437°E er derfor antatt representativ for analysen.

Strøm, temperatur or salinitetsdata er hentet fra sirkulasjonsmodellen Norkyst-800, et samarbeidsprosjekt mellom Havforskningsinstituttet og Meteorologisk institutt. Dataene dekker perioden 20.02.2017 – 17.09.2022 (~5,5 år), har en horisontal oppløsning på 800 m og

⁵⁹ https://sjomatt norge.no/wp-content/uploads/2014/04/Arbmiljo_havbruk.pdf

⁶⁰ <https://samforsk.no/uploads/files/Publikasjoner/Rapport-Kongsvik-et-al-2018-HMSstyring-blant-ledelseRev.pdf>

⁶¹ https://www.sintef.no/contentassets/cc823f8d272b4bad8d98690ce9174d3c/hms-undersokelsen-i-havbruk-2016-thorvaldsen-holmen-og-kongsvik_ferdig.pdf

⁶² <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848619334039>

⁶³ <https://www.sintef.no/siste-nytt/2012/drift-av-eksponerte-oppdrettslokaliteter-hvor-tryk/>

⁶⁴ Signifikant bølgehøyde (Hs) er gjennomsnittet av høyden på de 33 prosent høyeste bølgene. Størrelsen på de aller høyeste enkeltbølgene kan være det dobbelte av den signifikante bølgehøyden.

oppgis hver time. Alle strømhastigheter refererer til en times lange stasjonære tilstander. Merk at sirkulasjonsmodeller (strøm) på generell basis er mer usikre enn atmosfæriske modeller (bølger og vind). Ekstremverdier for strømhastigheter er beregnet ved å tilpasse en sannsynlighetsfordeling til alle tilgjengelige data.

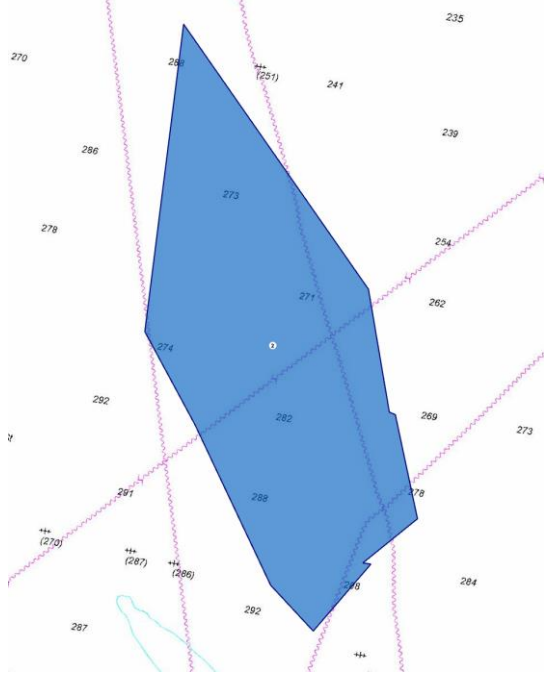
Strømforholdene vil ikke være like for hele Norskerenna sør, og både operasjonelle- og ekstremverdier vil derfor variere for området. Presenterte ekstremverdier er beregnet for lokasjon 58.364°N, 4.433°E.

Bunnforhold er hentet fra kartverket og er i hovedsak basert på data fra Norges Geologiske Undersøkelse (NGU).

7.2 Presentasjon av værforhold

7.2.1 Dybde

Vanndybden i området Norskerenna sør er på 270-290 m, som vist i figur 20.



Figur 21 - Vanndybde for Norskerenna sør. Bilde fra Fiskeridirektoratet.

7.2.2 Bølger

Tabell 2 gir ekstremverdier for signifikant bølgehøyde og tilhørende gjennomsnitt og 90% konfidensintervall for topp-periode.

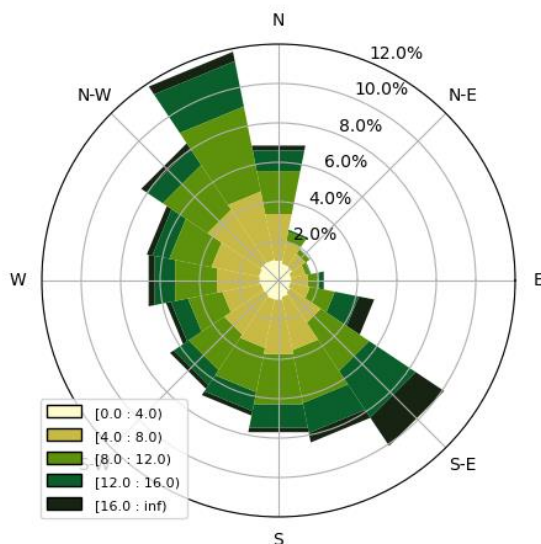
Tabell 2 - Ekstremverdier for signifikant bølgehøyde og tilhørende gjennomsnitt og 90% konfidensintervall for topp-periode.

Returperiode [år]	Hs [m]	Topp-periode [s]		
		P5	Gj. snitt	P95
1	9.70	11.9	13.9	16.2
10	12.79	14.0	16.0	18.1
50	14.19	14.9	16.9	19.1
100	14.65	15.2	17.2	19.4

7.2.3 Vind

Figur 22 -viser en vindrose for Norskerenna sør. Vindretningen er definert som «kommer fra». Det er tydelig at lite vind kommer fra nord-øst, mens de høyeste hastighetene kommer fra nord-vest og sør-øst.

Tabell 3 gir helårs *omnidireksjonelle*⁶⁵ ekstremverdier for vindhastighet for Norskerenna sør.



Figur 22 - Vindrose for Norskerenna sør. Vindhastighet er gitt i m/s og vindretningen er definert som «kommer fra».

Tabell 3 - Helårs omnidireksjonelle ekstremverdier for vindhastighet.

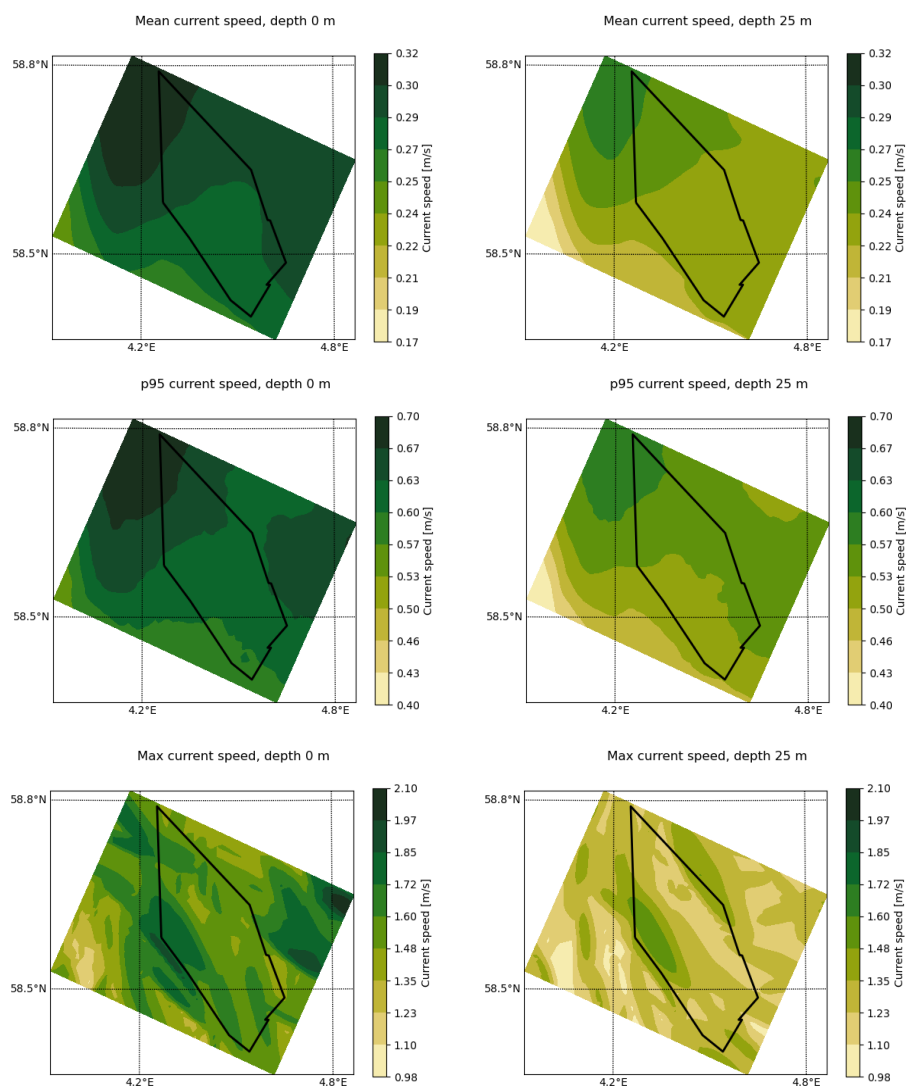
Returperiode [år]	Vindhastighet [m/s]
1	24.79
10	28.60
50	30.86
100	31.75

7.2.4 Strøm

Figur 23 - viser gjennomsnitt, maksimum og 95% persentil strømhastighet for dybder 0 og 25 m. Maksimum henviser her til den største registrerte strømhastigheten for det analyserte tidsintervallet.

Tabell 4 - gir helårs omnidireksjonelle ekstremverdier for strømhastighet for Norskerenna sør.

⁶⁵ omnidireksjonell betyr at det er tatt hensyn til vind/strøm fra alle retninger.



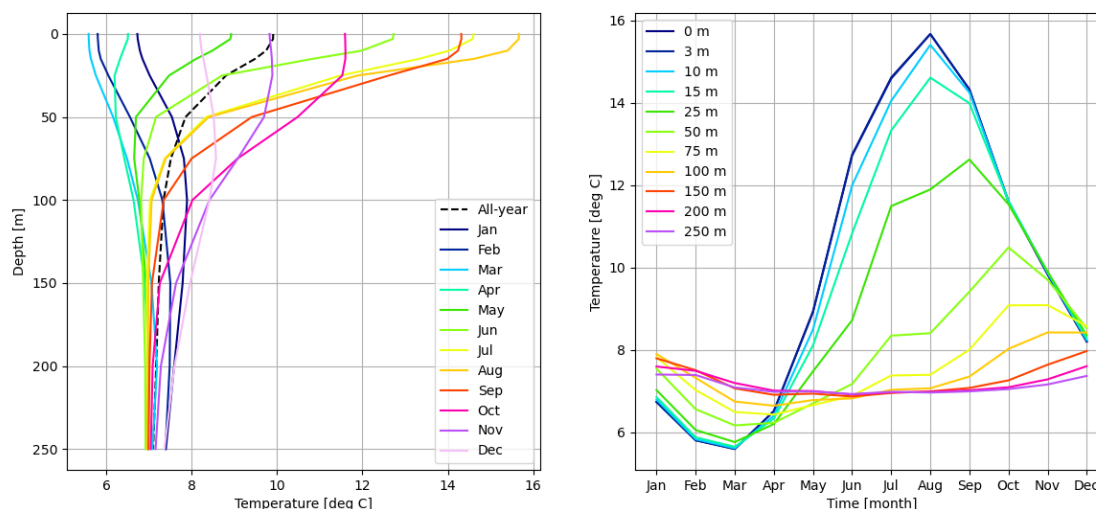
Figur 23 - Gjennomsnitt, maksimum og 95% persentil strømhastighet for dybder 0 og 25 m. Merk at nivåene på fargeskalaen er ulike for hver rad. Den svarte linjen representerer omrisset til området Norskerenna sør.

Tabell 4 - Helårs omnidireksjonelle ekstremverdier for strømhastighet.

Dybde	Returperiode [år]			
	1	10	50	100
M	m/s	m/s	m/s	m/s
0	1.32	1.56	1.73	1.79
3	1.30	1.53	1.69	1.76
10	1.26	1.49	1.64	1.70
15	1.23	1.45	1.60	1.66
25	1.15	1.36	1.51	1.57
50	0.99	1.17	1.30	1.35
75	0.86	1.01	1.11	1.15
100	0.76	0.88	0.97	1.00
150	0.69	0.80	0.87	0.90
200	0.66	0.76	0.83	0.86
250	0.60	0.68	0.74	0.76

7.2.5 Temperatur

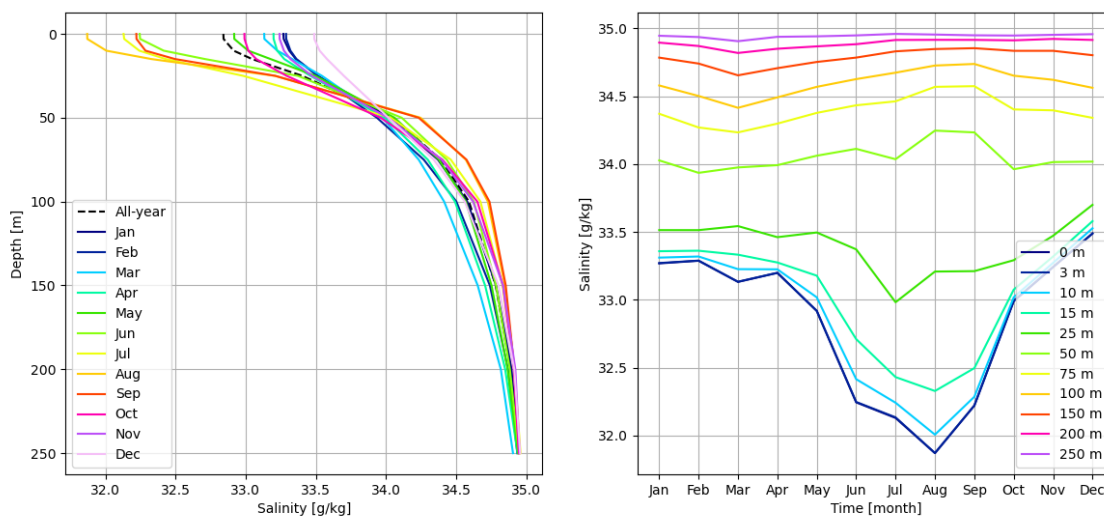
Figur 24 -viser månedlig og helårs gjennomsnittlige vanntemperatureprofiler ved 58.364°N, 4.433°E, Norskerenna sør. Temperaturprofilene er antatt representative for hele Norskerenna sør.



Figur 24 - Månedlig og helårs gjennomsnittlige vanntemperatureprofiler ved 58.364°N, 4.433°E, Norskerenna Sør.

7.2.6 Salinitet

Figur 25 viser månedlig og helårs gjennomsnittlige salinitetsprofiler ved 58.364°N, 4.433°E, Norskerenna sør. Salinitetsprofilene er antatt representative for hele Norskerenna sør.

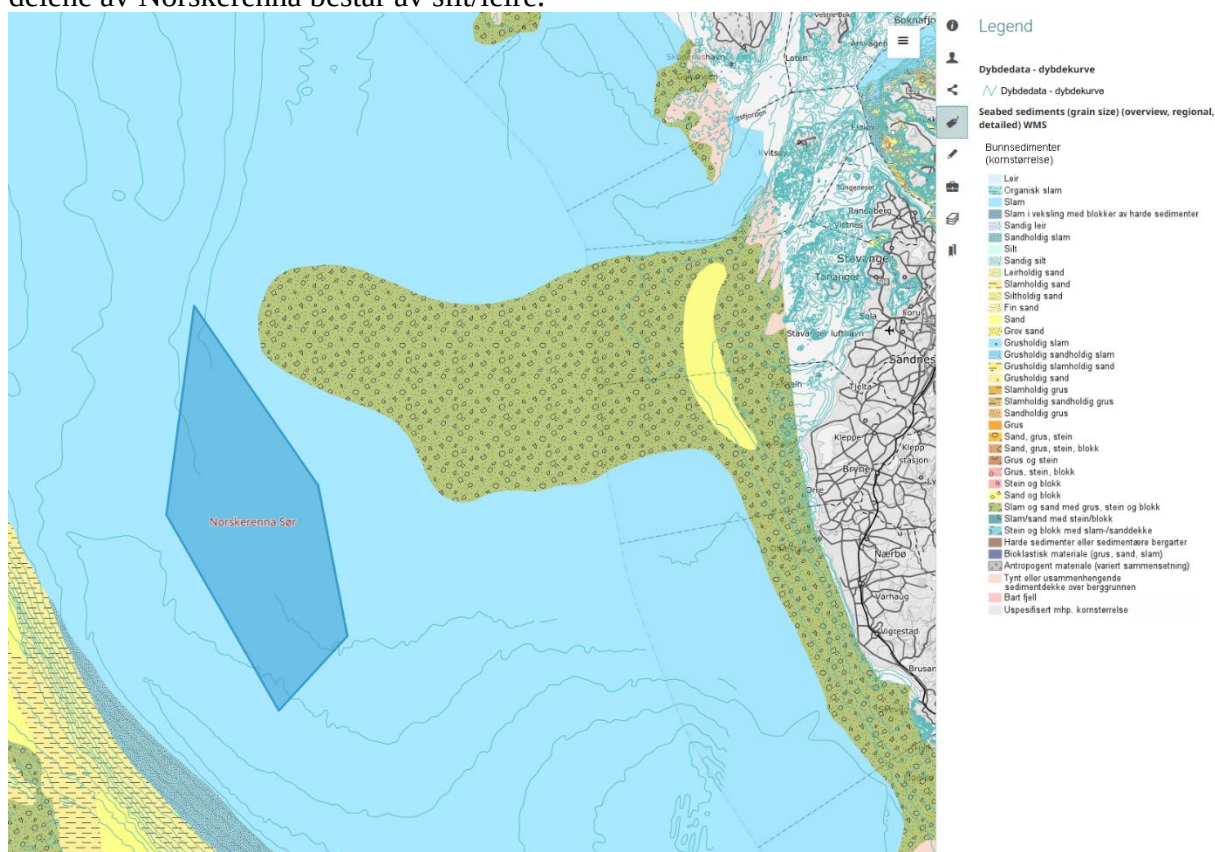


Figur 25 - Månedlig og helårs gjennomsnittlige salinitetsprofiler ved 58.364°N, 4.433°E, Norskerenna Sør.

7.3 Bunnforhold

Bunnforholdene ved Norskerenna sør, basert på tilgjengelige data, er relativt homogene. Dette er illustrert i Figur 26 -som viser et sedimentkart av bunnforholdene i området. Det øvre laget består av slam (ihht klassifisering basert på kornstørrelse er dette mellom leire (finere) og silt

(grovere).⁶⁶ Dette stemmer også overens med rapport fra NGU der det er beskrevet at de dypere delene av Norskerenna består av silt/leire.⁶⁷



Figur 26 - Bunnforhold, Norskerenna Sør. Lyseblå farge indikerer slam.

8 Norskerenna sør - oppdaterte målinger

8.1 Generelt

For å få bedre kontroll på de faktiske miljøforholdene ved Norskerenna sør anbefales det å utføre målinger av ulike miljøparametere over en lengre periode (> 1 år). I tillegg til å kunne brukes på egenhånd vil et slikt datasett muliggjøre validering og eventuelt kalibrering av modellerte numeriske data.

Det anbefales at målinger utføres og at behandlede data gjøres offentlig tilgjengelig – fortrinnsvis oppsummert i en *metocean-rapport*.⁶⁸ Dette vil redusere risiko og sikre konsistens i hvilke miljøforhold ulike konstruksjoner/anlegg blir designet for å motstå og vil også gi en bedre forståelse for operasjonsforholdene.

8.2 Tilgjengelige målinger

Det er allerede offentlig tilgjengelige satellittdata for området. Dette inkluderer blant annet data for midlere vindhastighet og signifikant bølgehøyde, vanntemperatur og salinitet i vannoverflaten. Disse dataene kan brukes til å kalibrere data fra numeriske modeller. Miljødata under vannoverflaten (f.eks. strømmålinger) finnes ikke, så vidt vi vet.

⁶⁶ NGU, "Norges Geologiske Undersøkelse," [Online]. Available: <https://www.ngu.no/Mareano/Kornstorrelse.html>. [Accessed 3 1 2023].

⁶⁷ NGU, "Overflatesedimenter på Nordsjøplatået, Egersundbanken og i Norskerenna utenfor Sørvest-Norge," 2000.

⁶⁸ En *MetOcean-rapport* dokumenterer vind, havstrøm, bølge og andre relevante miljøkrefter på lokaliteten.

8.3 Anbefalte målinger

Det anbefales å gjennomføre et måleprogram over *minimum* 1 år (helst mer) for å kartlegge miljøparametere som strøm, bølger, vind, vanntemperatur, salinitet og oksygeninnhold. En varighet på minimum 1 år kreves i NS9415 for å kunne behandle dataene statistisk for å finne ekstremverdier.⁶⁹ Det er svært viktig at måledataene kvalitetssikres underveis i programmet. Spesielt relevant for strøm, *anbefales det å utføre målinger ved mer enn ett geografisk punkt* da strømforholdene ofte kan variere mye over relativt korte avstander. Har man målinger ved flere lokasjoner kan disse også brukes til såkalt «site pooling», som betyr at man bruker data fra flere lokasjoner til å beregne felles ekstremverdier med mindre usikkerhet (brukes mye i f.eks. Mexicogulfen til å beregne ekstremverdier pga. orkaner).

En overflatebøye (bølgebøye) vil kunne fungere som en felles plattform for flere ulike type måleinstrumenter. Mye av dataene vil da kunne bli sendt direkte til land for videre behandling. Et forslag til viktige parametere å måle, inkludert kommentarer til målinger, er gitt i tabell 5.

Tabell 5 - Anbefalinger til hvilke typer målinger som bør utføres.

Miljøfaktor	Nøkkelvariabler	Kommentar til målinger
Bølger	Hs, Tp, Tz, Mdir ⁷⁰ (dønning + vindsjø).	Målinger med bølgebøye. I tillegg til parametere som beskriver den «totale» sjøtilstanden er det fordelaktig om bølgedataene kan brytes ned til vindsjø og dønningssjø da kombinerte sjøtilstander ofte opptrer.
Strøm	Horisontale strømhastighetskomponenter (u,v) ved flere dyp; typisk 10-minutters middel. ⁷¹	Målinger av strømhastighet (og retning) ved flere vandyp ansees kanskje som det aller viktigste å måle grunnet relativt høy usikkerhet i numeriske sirkulasjonsmodeller. Spesielt fokus på den øvre delen av vannsøylen da dette som regel er mest relevant for havbruk. Et nedovervent akustisk profilerende instrument (ADCP) kan integreres i bølgebøye. Merk at gode måledata for strøm over lange tidsperioder er notorisk vanskelige å produsere. Bruserud og Haver dokumenterer relativt store forskjeller i måleverdier fra ulike instrumenter på samme tid og sted. ⁷² 2-3 punktmålere for strømhastighet kan monteres langs forankringslinen til bøyen for å validere ADCP (enkelte punktmålere kan være noe mer nøyaktige grunnet færre/bedre bakenforliggende antagelser for beregning av strømhastighet).
Vind	Midlere vindhastighet, maks vindkast	En vindmåler kan integreres på bølgebøyen.
Vann	Temperatur, salinitet, oksygeninnhold, etc.	Målere for ulike vannparametere kan integreres i bølgebøyen. Det bør fortrinnsvis måles på mer enn ett dyp (med fokus på den øvre delen av vannsøylen).

⁶⁹ Standard Norge, "NS9415:2021, Flytende akvakulturanlegg - Lokalitetsundersøkelse, prosjektering, utførelse og bruk," 2021

⁷⁰ Hs – signifikant bølgehøyde, Tp / Tz – bølgetilstandens topperiode / nullkrsyningsperiode

⁷¹ u, v angir strømretninger

⁷² K. Bruserud and S. Haver, "Uncertainties in Current Measurements in the Northern North Sea," *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, vol. 34, pp. 855--876, 2017.

Målingene vil også kunne være nyttige og interessante for ulike forsknings- og utdanningsinstitusjoner, som HI og UIS.

8.4 Installasjon av måleutstyr og databehandling

8.4.1 Marine Operasjoner

Ved installasjon i sommerhalvåret vil et relativt lite fartøy kunne installere bølgebøyen(e). Bøyen må forankres til havbunnen. Periodisk tilsyn for vedlikehold, kontroll og uthenting av data bør medberegnes. Alt utstyr hentes inn når periode (> 1 år) for målinger er over, metode for dette er en omvendt operasjon av installasjon.

Det er flere aktører som leier ut denne type måleutstyr og det anbefales en grundig gjennomgang av muligheter og god prosjektering lang tid i forkant av en installasjon.

8.4.2 Databehandling

Mye av dataene kan sendes direkte til land via f.eks. satellittkommunikasjon (en bølgeleverandør kan informere om hva som er mest hensiktsmessig). Dataene bør fortrinnsvis kontrolleres av en automatisk kvalitetssikringsprogramvare om bord på bøyen før de sendes til land.

Rådata bør lagres og hentes ut periodisk når værforholdene tillater det for å muliggjøre ytterligere kvalitetskontroll. Bølgeleverandør og eventuelt andre underleverandører av måleutstyr bør involveres i kvalitetssikringen av data og fortrinnsvis holdes ansvarlig om større deler av måleseriene er av dårligere kvalitet enn forventet. Forventet oppetid og krav til kvalitet bør avklares på forhånd.

9 Driftsmodeller for Norskerenna sør

En driftsmodell beskriver blant annet hvordan en organisasjon drives og hvordan den leverer verdier til sine eiere og kunder. Et eksempel på en typisk driftsmodell i oppdrettsnæringen, er en såkalt 24 måneders produksjonssyklus. Her settes ut smolt med typiske størrelser fra ca. 60-150 gram ca. hver 24. måned. I løpet av en 24 måneders produksjonssyklus står det fisk på en lokalitet i inntil 22 måneder (normalt 16-17 måneder i Sør-Norge), og lokaliteten brakklegges i minimum 2 måneder. Med introduksjon av stor postsmolt (postsmolt > 1 kg), ser næringen muligheter for å ta i bruk en driftsmodell basert på en kortere produksjonssyklus, f.eks. 10+2 (10 måneder med fisk i sjøen + 2 måneder brakklegging). I dag ligger oppdrettsanleggene helt eller delvis skjermet fra de største miljøpåvirkningene (bølger og strøm), og oppdretterne er normalt sett ikke begrenset av sesongvariasjoner. Dette innebærer at lokalitetene kan opereres gjennom hele året (utsett av fisk, behandling av fisk, uttak av fisk for slakting).



9.1 Driftsmodeller for havbruk til havs

Vi har valgt å se på 3 ulike driftsmodeller for havbruk til havs:

- 5+1 x 2 (5 måneder produksjon, 1 måned brakklegging) med 2500/3000 gram utsett fisk
- 10+2 (10 måneder produksjon, 2 måneder brakklegging) med 1000/1500 gram utsett fisk
- 16+2 x 2 (16 måneder produksjon, 2 måneder brakklegging) 250 gram smolt

Det antas intern fellesbrakklegging i hvert enkelt utbyggingsområde. Det er naturlig å tilpasse driftsmodellene til fiskens biologi og velferd, til miljøet som temperaturer og til vær, og når det er mest hensiktsmessig å utføre operasjoner. Det trolig mest begrensende for driftsmodeller i havbruk til havs er tidspunktet for uttak av fisk for slakt. Det er usikkert hvor høye bølger en kan tillate under trenging og dette vil variere mellom ulike oppdrettsteknologier for havbruk til havs. Det er også en begrensning i hvor høye bølger en kan transportere fisk i. Dersom konvensjonelle brønnbåter benyttes, er det som tidligere nevnt anbefalt at en transporterer levende laks i maks 3m signifikante bølgehøyder. Såkalte slaktebåter som *Norwegian Gannet* vil kunne transportere den slaktede fisken i høyere bølger, men selve trengingen og utpumpingen vil trolig ikke kunne foregå i høyere bølger enn konvensjonelle brønnbåter, og en er derfor fortsatt avhengig av operasjonsværvinduer for trenging av fisk.

Det er forventet at oppdrettsanlegg for havbruk til havs vil bli større enn dagens oppdrettsanlegg, og kan romme 15.000 til 20.000 tonn fisk (maksimal tillatt biomasse). Dersom en vil tømme et helt anlegg i denne størrelsen med brønnbåter med en kapasitet på 1000-1200 tonn (som dagens største brønnbåter), vil det kunne kreve at brønnbåtkapasiteten blir vesentlig bygd ut eller at en må ta ut fisken for slakt i sommermånedene med statistisk gode muligheter for tilstrekkelige operasjonsværvinduer. Dette kan sette føringer på hvordan driftssyklusene blir utført, spesielt i startfasen av havbruk til havs, mens teknologien fortsatt er under utvikling.

De ulike skisserte produksjonssyklusene forsøker å hensynta vær og bølger i fargekodene grønt – trolig akseptabel risiko, gul – middels risiko og oransje – bør trolig unngås for værsensitive operasjoner, som planlagt høsting (H). Det er spesielt utslakt / høsting som anses som sensitivt, spesielt dersom en i løpet av kort tid, for eksempel 1 måned eller to skal slakte ut en biomasse på mellom 10.000 og 30.000 tonn. Utsett av fisk anses for å være mindre kritisk og kan potensielt gjøres hele året så lenge det er værvinduer til det.

Det gjenstår fortsatt en grundig vurdering om disse produksjonssyklusene er de mest hensiktsmessige, og må sees i sammenheng med økonomi, fremtidig produksjonskapasitet av ulike settefiskstørrelser, brønnbåtkapasitet, biosikkerhet og vil trolig også være tilpasset en oppdretters preferanser. Alle de nevnte driftssyklusene er i fase med årstidene, slik at utsett og høsting kommer til samme tid hvert år, evt hvert tredje år.

9.1.1 Driftsmodell (5+1 måned) x 2

Tabell 6 - (5 + 1) x 2 - produksjonssyklus.

			Utsettmåned						
	U	H	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	Jul
Jan			U						
Feb				U					
Mar					U				
Apr						U			
Mai			H				U		
Jun			B	H				U	
Jul			U	B	H				U
Aug				U	B	H			
Sep					U	B	H		
Okt						U	B	H	
Nov			H				U	B	H
Des			B	H				U	B
Jan			U	B	H				U
Feb				U	B	H			
Mar					U	B	H		
Apr						U	B	H	
Mai							U	B	H
Jun								U	B

Denne produksjonssyklusen har utsett to ganger i året, med svært stor utsettfisk (2,5 - 3 kg), kort tilvekstperiode og kortere brakkleggingsperiode enn det som i dag er lovpålagt (2 måneder). Produksjonssyklusen vil ha svært høy produksjon i forhold til MTB (maksimal tillatt biomasse), men vil også være sensitiv for prisvariasjoner ettersom slaktetiden er svært kort. Den store utsettfisken vil kreve gjennomtenkte løsninger i hele produksjonskjeden, hvor en spesielt tar stilling til hvordan utsettfisken skal produseres, i RAS-anlegg, konvensjonelt i åpne merder eller i lukkede anlegg i sjø.

9.1.2 Driftsmodell 10+2 måneder

Tabell 7 - 10 + 2- produksjonssyklus

			Utsettmåned											
	U	H	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
Jan			U											
Feb				U										
Mar					U									
Apr						U								
Mai							U							
Jun								U						
Jul									U					
Aug										U				
Sep											U			
Okt			H									U		
Nov			B	H									U	
Des			B	B	H									U
Jan				B	B	H								
Feb					B	B	H							
Mar						B	B	H						
Apr							B	B	H					
Mai								B	B	H				
Jun									B	B	H			
Jul										B	B	H		
Aug											B	B	H	
Sep												B	B	H
Okt													B	B

Denne produksjonssyklusen benytter utsettfisk i en størrelsesorden på 1-1,5 kg. Den gir fisken redusert eksponering for sjø enn dagens typiske modell som foregår over 22 måneder + to måneder brakklegging og er derfor forventet å gi mindre lusepåslag og sykdommer enn dagens modell.

9.1.3 Driftsmodell (16+2 måneder) x 2

Tabell 8 - (16 + 2) x 2 Produksjonssyklus

			Utsettmåned											
	U	H	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
J			U											
F				U										
M					U									
A						U								
M							U							
J								U						
J									U					
A										U				
S											U			
O												U		
N													U	
D														U
J														
F														
M			H											
A			H											
M			B	H										
J			B	B	H									
J			U	B	B	H								
A				U	B	B	H	H						
S					U	B	B	H	H					
O						U	B	B	H	H				
N							U	B	B	H	H			
D								U	B	B	H	H		
J									U	B	B	H	H	
F										U	B	B	H	H
M											U	B	B	H
A												U	B	B
M													U	B
J														U
J														
A														
S			H	H										
O			H	H	H	H								
N			B	H	H	H								
D			B	B	H	H								
J				B	B	H	H							
F					B	B	H	H						
M						B	B	H	H					
A							B	B	H	H				
M								B	B	H	H			
J									B	B	H	H		
J										B	B	H	H	
A											B	B	H	H
S												B	B	H
O													B	B
N														B
D														

Denne produksjonssyklusen foregår med utsett hvert halvannet år og benytter utsettfisk i samme størrelsesorden som i dagens konvensjonelle oppdrett, og opp til 500 gram.

10 Biosikkerhet

I havbruk til havs har en helt andre muligheter enn i dagens oppdrett til å planlegge biosikkerhet ved å utføre strømmålinger, smittespredningsmodeller og legge oppdrettsanleggene i tilstrekkelig avstand fra hverandre og gunstig i forhold til strømretninger.

Spredning av virus og lakselus (agens) avhenger av antall fisk på oppdrettsanleggene, avstanden mellom anleggene, strømstyrke og strømretning samt agensens overlevelsessevne, som hovedsakelig er en funksjon av temperatur. Høy strømstyrke gir lang smitteavstand, men også høy vannutskiftning som gir lavere konsentrasjon av smittestoffer. Kompleksiteten i dette demonstrerer at spredningsrisikoen er både steds- og tidsavhengig og må avgjøres for hvert enkelt tilfelle.⁷³ En bør derfor utføre spredningssimuleringer ved planlegging av havbruksanlegg til havs.

Havforskningsinstituttet har foretatt preliminaire lusesmittesimuleringer for aktuelle områder for havbruk til havs for langs Norskekysten. Erfaringsmessig antas det at lakselus er det patogenet som smitter over størst avstand. Dette blant annet fordi én lakselus er nok til å infisere en fisk mens virus trenger en viss minste konsentrasjon for å være smittsom. Derfor er lusespredning typisk ansett for å være dimensjonerende for agensspredning. På den annen side, vil lakselus drive med strømmen i flere dager før den er moden til å sette seg på en vertsfisk, mens virus er smittomt fra det øyeblikk det skilles ut. Dette gjør egensmitte, smitte til egen lokalitet, et større problem for virusmitte enn for lus.⁷⁴

10.1 Biosikkerhet i Norskerenna sør

Forenklet sett antas det at åpne anlegg til havs i Sør-Norge kan smitte 30 nautiske mil innover mot kysten og tilsvarende fra kysten og utover. En ønsker at anlegg til havs forvaltes uavhengig av produksjonsområdene, eller med andre ord at det er minimal smitte mellom HTH og kystområder. Hva som er akseptable terskelverdier for smittepress fra havlokaliteter er ikke nøyaktig definert, men det er rimelig å sammenligne smittepress fra HTH og kystanlegg. En HTH lokalitet / område som bidrar med mindre enn halvparten av kyst- og fjordlokalitetene må regnes som akseptabelt, og ingen av de modellerte havlokalitetene, inkludert Norskerenna sør, når opp i dette smittepresset langs kysten.⁷⁵

Et særtrekk ved smitte til havs er den sterke spredningen i den dominerende strømretningen, og en kan få internsmitte i et område dersom anleggene legges langs dominerende strømretning, som er i nord-vestlig retning i Norskerenna sør. Det bør derfor legges tilstrekkelig brede «branngater» mellom anleggene langs strømretning, men det er så langt ikke konkludert med hvor brede disse branngatene bør være. Det er også andre usikkerheter i spredningssimuleringene, som at en ikke vet ikke nøyaktig hvor mye tettheten av lus må reduseres for at det i praksis ikke blir noe smittefare.

For Norskerenna sør er det simulert lusesmitte fra 5 fiktive anlegg, hver på 20.000 tonn biomasse i rapporten *Havbruk til havs – smittespredning*.⁷⁶ Figur 27 viser smittespredning fra

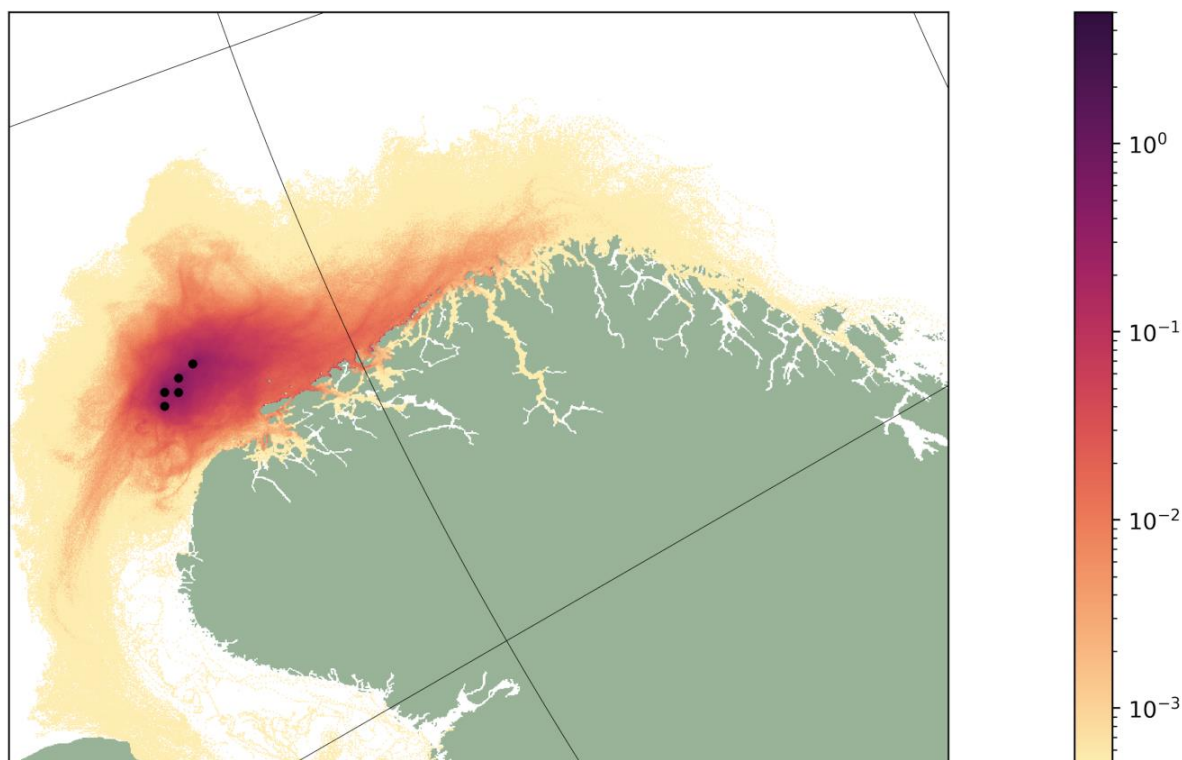
⁷³ Realtime case study simulations of transmission of Pancreas Disease (PD) in Norwegian salmonid farming for disease control purposes

⁷⁴ <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2020-12>

⁷⁵ B. Ådlandsvik, 2019a, Havbruk til havs – yttergrenser for produksjonsområdene, Rapport fra Havforskningsinstituttet til Nærings- og Fiskeridepartementet.

⁷⁶ <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2019-58>

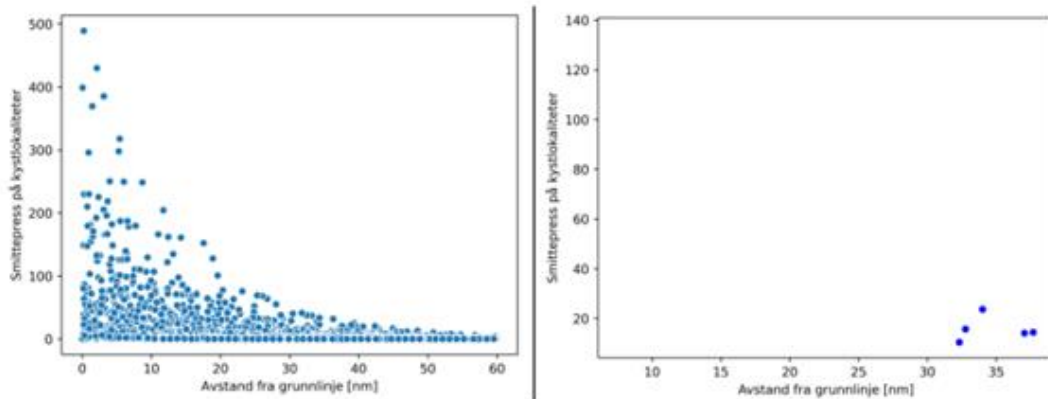
simuleringene og simuleringene forsøker å vise smittepress mot produksjonsområdene, men ikke innbyrdes i Norskerenna sør.



Figur 27 – Modellert spredning fra Norskerenna sør. Nivået er normalisert til å være uavhengig av antall virtuelle lokaliteter. Lokalitetene er vist som svarte prikker. Fargeskalaen er logaritmisk. Laveste verdi som vises er 0,1 promille av høyeste konsentrasjon. Kilde: Havforskningsinstituttet.

Forutsetningene for simuleringene er at anlegg til havs blir infisert av lakselus i samme grad som et gjennomsnittlig anlegg ved kysten, at det spres like mye luselarver per biomasse ved samme lusebelastning som eksisterende lokaliteter på kysten og at biomassen er fordelt jevnt i HTH områdene.

Rapporten er også blitt supplert med mer detaljer i tilleggsrapport av 29. september 2021 - Havbruk til havs – Utfyllende kunnskapsgrunnlag for utvelgelse av havområder, Havforskningsinstituttet 2021. I denne rapporten illustreres potensiell lusespredning med at ett tonn biomasse på en kystlokalitet i produksjonsområde 3 bidrar med like mye potensiell lusesmitte som 105 tonn biomasse i Norskerenna sør.



Figur 28 - Potensielt smittepress på kystlokaliteter fra alle havlokaliteter som funksjon av avstand fra grunnlinjen. Til venstre: Smittepress fra alle anlegg (fra Havbruk til havs – smittespredning, Rapport fra havforskningen; 2019-58). Til høyre:

Smittepress fra Norskerenna Sør (blå). Kilde: Havbruk til havs – Utfyllende kunnsaksgrunnlag for utvelgelse av havområder, HI. Diagrammet er basert på diagram fra HI og er modifisert ved å fjerne datapunkter i høyre graf som ikke har tilknytning til Norskerenna sør.

Fra figur 28 ser en at Norskerenna sør ligger så langt fra kysten at det potensielle smittepresset er langt lavere enn mange andre modellerte havlokaliteter. Smittepresset varierer ikke systematisk, og det er derfor lite å tjene på å legge seg nær ytterkanten på vestsiden ut mot havet av dette området.

10.2 Anbefalinger for utbygginger til havs

HI viser til at strømforhold med omfattende strømmålinger og smittespredning må være en integrert del av forarbeidet før en etablerer store og kostbare havbruksanlegg. Fiskeridirektoratet påpeker at klareringen av lokaliteter innenfor havbruk til havs-områdene og etablering av anlegg vil gå gradvis og at det vil innhentes store mengder ny kunnskap i løpet av denne utviklingen.⁷⁷

10.3 Generelt om biosikkerhet

Det er gjort prelimnære lusesmittesimuleringer ved Havforskningsinstituttet (HI) for eksisterende oppdrettsanlegg i produksjonsområde 3, hvor en fjerner strategisk valgte lokaliteter med høyt smittepress. I et av scenarioene som er testet med HIs modeller er det indikert at smitten mellom lokalitetene kan reduseres med 46% for lakselus og 30% for virus (PD og ILA), ved å redusere fra dagens 135 lokaliteter ned til 100 matfisklokaliteter og flytte biomassen fra de «verste» til de «beste» lokalitetene. Dette kan utføres uten å redusere den totale produksjonen i produksjonsområdet. Det er derfor et stort potensial for reduksjon i smitte mellom lokaliteter ved å plassere anleggene strategisk i forhold til hverandre og strømretning. Veterinærinstituttet (VI) har gjort lignende simuleringer med tilsvarende konklusjoner. Simuleringene viste også at ved en tilfeldig sammenslåing av lokaliteter vil antall hunnlus og antall behandlinger bli redusert. Denne effekten øker med andelen lokaliteter som slås sammen. Ved å fjerne 50% av lokalitetene oppnås en reduksjon på ca. 20% i mengden lus og antall behandlinger reduseres også med ca. 20%. Dette indikerer at en kombinasjon av få, men store oppdrettsanlegg innenfor et område og en god strategisk plassering vil være gunstig for god biosikkerhet. Imidlertid, dersom en lokalitet med stor MTB får et virusutbrudd, vil utslakting gi et større tap enn om MTB var spredd over flere lokaliteter. Dette hensyn må balanseres opp mot det, at utvalgte færre, men større lokaliteter reduserer det generelle smittepresset.^{78 79}

En kan vurdere å benytte modellert smittepress som dimensjonerende for biomasse, og dermed MTB. Dette vil imidlertid kreve at det bygges tilstrekkelig kunnskapsgrunnlag for fastsettelse av MTB.

HI påpeker at andre valg av teknologi som (delvis) lukkede eller nedsenkbare merder kan gi vesentlig lavere lusesmitte enn det deres simuleringer tilsier. Det synes urealistisk med lukkede anlegg i havbruk til havs, idet lukkede anlegg vil pådra seg mye strøm- og bølgekrefter, vil kreve høy dimensjonering med omfattende materialbruk og dermed bli svært dyre å bygge ut. Det er imidlertid mulig å forestille seg nedsenkbare merder som et ledd i biosikkerhet; ved at

⁷⁷ <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2019-58#sec-8>

⁷⁸ Pettersen, J.M., Rich, K.M., Jensen, B.B., Aunsmo, A., 2015. The economic benefit of disease triggered early harvest: a case study of pancreas disease in farmed Atlantic salmon from Norway. *Prev. Vet. Med.* 121, 314–324.

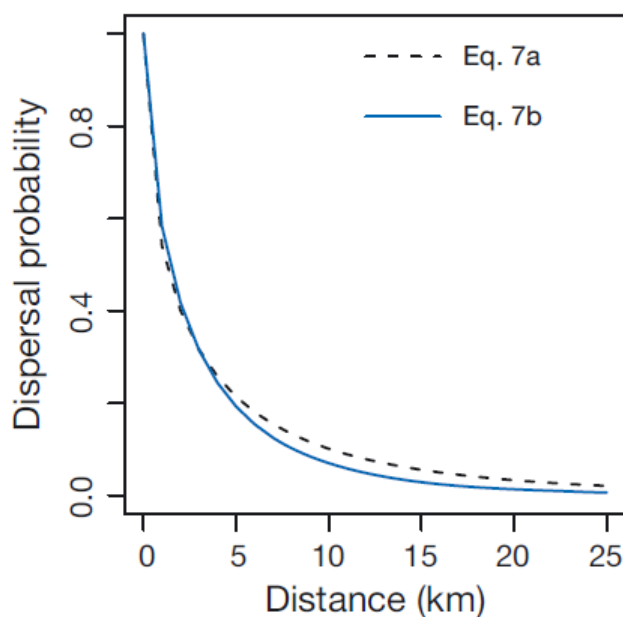
⁷⁹ <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2020-12>

det er mindre lusepåslag i anlegget og at en potensielt kan strategisk justere dybden samkjørt med strømretning og luse- og virusvarsel.

Bruk av storsmolt, belastning på villfisk, spredning av organisk materiale og sonevis utsett og andre smitteveier enn sjøveien, som via brønnbåt, forflytning av utstyr, mannskap og lignende er andre momenter som kan og bør tas i betraktning i smittesimuleringer ved havbruk til havs.

10.4 Modellering av spredning

10.4.1 Lusespredning



Figur 29 - Sannsynlighet for spredning av lus som funksjon av avstand fra smittekilde, 2 ulike modeller er skissert. Kilder: ⁸⁰ ⁸¹ ⁸²

I figur 29 er spredningssannsynlighet som funksjon av avstand vist. Lusespredning er komplekst å simulere idet lusen har flere stadier, den har en viss dødelighet, befester seg i ulik grad på laks (og setter seg blant annet mindre på laks i lokaliteter med høy strøm). Andre faktorer som inngår i modellene er antall fisk per lokalitet, gjennomsnittlig antall lus per fisk, observert temperatur på lokaliteten, lakselusens adferd, og infeksjonssannsynlighet som funksjon av lusens alder og sjøtemperatur.⁸³ ⁸⁴ ⁸⁵ ⁸⁶

⁸⁰ A statistical mechanistic approach including temperature and salinity effects to improve salmon lice modelling of infestation pressure

⁸¹ Aldrin M, Storvik B, Kristoffersen AB, Jansen PA (2013) Space– time modelling of the spread of salmon lice between and within Norwegian marine salmon farms

⁸² Aldrin M, Huseby RB, Stien A, Grøntvedt RN, Viljugrein H, Jansen PA (2017) A stage-structured Bayesian hierarchical model for salmon lice populations at individual salmon farms — estimated from multiple farm data sets

⁸³ <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2020-48#sec-2-2>

⁸⁴ Stien A, Bjørn PA, Heuch PA, Elston DA (2005) Population dynamics of salmon lice *Lepeophtheirus salmonis* on Atlantic salmon and sea trout. Mar Ecol Prog Ser 290:263–275

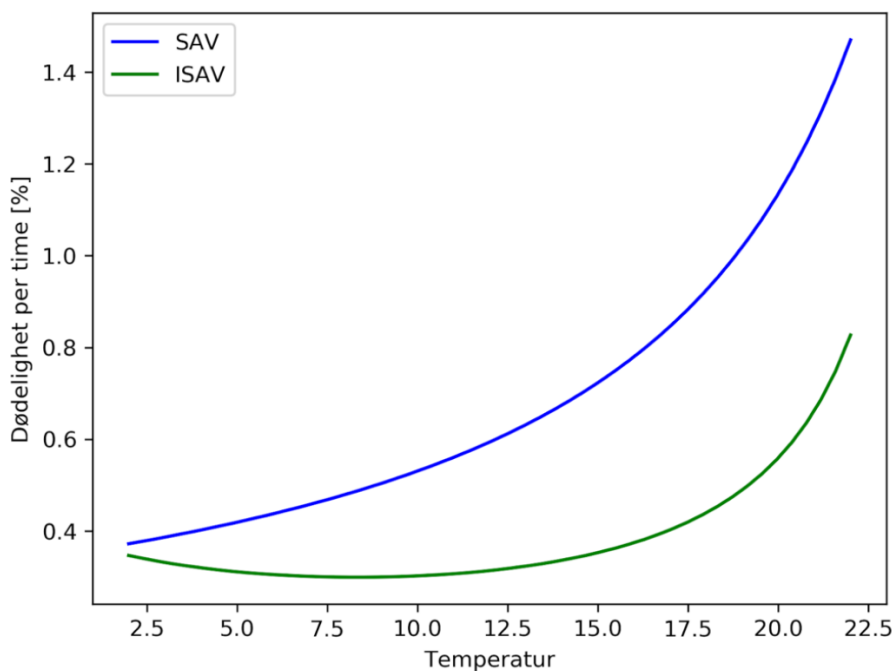
⁸⁵ Skern R, Sissener NH, Sandvik AD, Meier S, Sævik PN, Skogen MD, Vågseth T, Dalvin S, Skern-Mauritzen M, Bui S (2020) Parasite development affect dispersal dynamics; infectivity, activity and energetic status in cohorts of salmon louse copepodids. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 530-531:151429

⁸⁶ Sandvik AD, Johnsen IA, Myksvoll MS, Sævik N, Skogen MD (2020) Prediction of the salmon lice infestation pressure Endret lokalitetsstruktur i produksjonsområde 3 7 - Referanser 36/51 in a Norwegian fjord

Dødelighet for lakselus er modellert som 17% per døgn som svarer til en halveringstid på 3,72 døgn og en dødelighet på 0,77% per time. Levetiden for virus er sammenlignbar og til dels lenger enn for lakselus.⁸⁷

10.4.2 Spredning av virus

HI modellerer at mengden viruspartikler som blir utskilt fra fisk ved et eventuelt utbrudd av PD eller ILA er skalert med den totale biomassen som til enhver tid står på den smittede lokaliteten. I litteraturen for virus bruker man halveringstid som mål på dødelighet, dvs. tiden det tar før halvparten av viruset er blitt inaktivt. Hovedprinsippet er at dødeligheten øker med økende temperatur, mens andre miljøfaktorer spiller mindre rolle, ref. figur 30.⁸⁸



Figur 30 - Dødelighet per time for virus av PD (SAV) og ILA (ISAV). Kilde HI, <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2020-12>

10.4.2.1 PD

Nyere forskning viser at spredningsavstanden for PD er kortere enn tidligere antatt.⁸⁹ Resultater fra smittespredningsmodell er vist i figur 31. Horisontal spredning, altså smitte fra et individ til et annet gjennom kontakt, er den viktigste kilden for PD utbrudd og står for nærmere 90% av smittetilfellene, hvor smitte kommer fra nærliggende anlegg. Om et anlegg blir smittet eller ikke, avhenger av avstanden mellom anleggene og antall fisk på anleggene.⁹⁰ Øyeblikkelig utslakting etter smitteutbrudd er særdeles viktig for å unngå smittespredning. PD skyldes to separate epidemier med to forskjellige virus, SAV2 og SAV3 og dette er inkludert i den nyeste modellen for PD.

Modeller viser at en i teorien oppnår færre PD-smittede fisk dersom en reduserer antall lokaliteter, ref. figur 32. Dette kan være relatert til spredning på grunn av brønnbåtbevegelser.

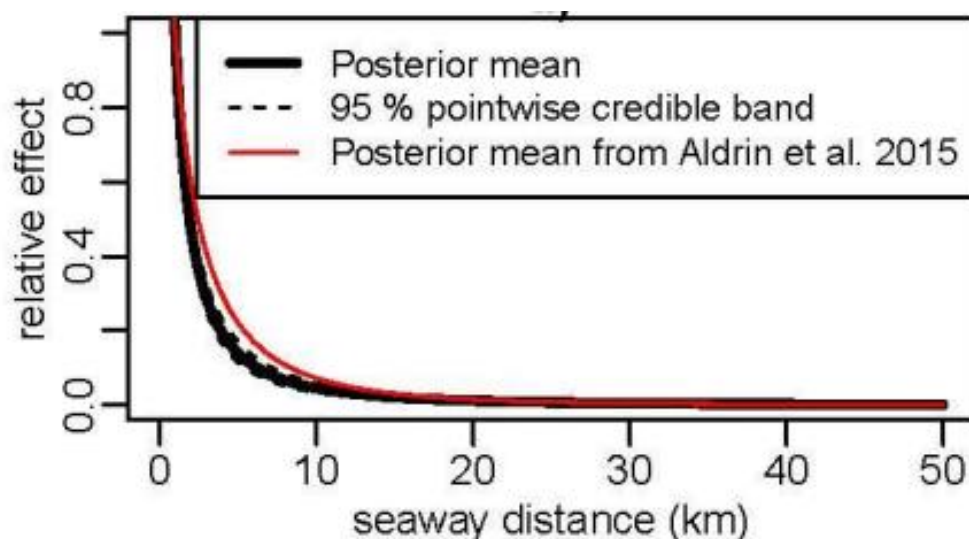
⁸⁷ <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2020-48#sec-2-2>

⁸⁸ <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2020-48#sec-2-2>

⁸⁹ Realtime case study simulations of transmission of Pancreas Disease (PD) in Norwegian salmonid farming for disease control purposes

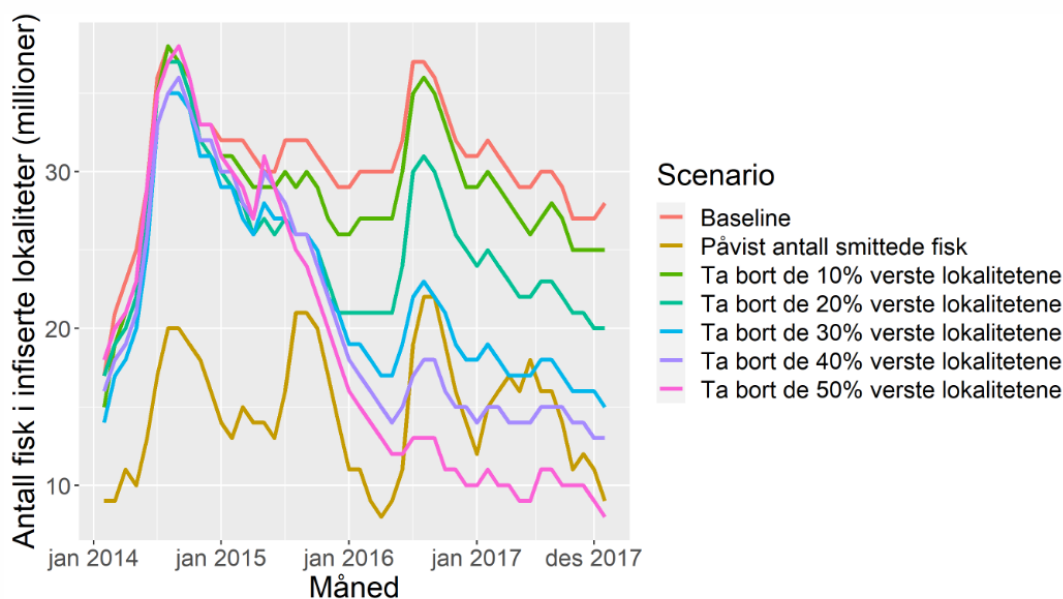
⁹⁰ <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167587715002172?via%3Dihub>

En studie viser at analyser av brønnbåtbevegelser i stor grad kunne forutsi PD-status på anleggene.⁹¹



Figur 31 - Smittespredning av PD som funksjon av avstand. Kilde: Realtime case study simulations of transmission of Pancreas Disease (PD) in Norwegian salmonid farming for disease control purposes - Supplementary Material

Modellen som benyttes for PD spredning indikerer at rundt 1/3 av PD infeksjonene ikke oppdages eller meldes og at det i gjennomsnitt går 3,6 måneder fra en lokalitet blir smittet til smitten oppdages.⁹² Dette demonstrerer behovet for tidlig deteksjon av sykdommer, spesielt i havbruk til havs hvor værvinduer kan begrense utslakting og det er derfor gunstig å kunne tidligst mulig planlegge når utslakting skal finne sted.



Figur 32 – Foreløpige resultater fra simuleringer for spredningsscenarier for PD, som viser den teoretiske summen av fisk som står i infiserte lokaliteter som en funksjon av tid. En gradvis reduksjon i antall lokaliteter gir en gradvis reduksjon i antall smittede fisk. Kilde: HI.⁹³

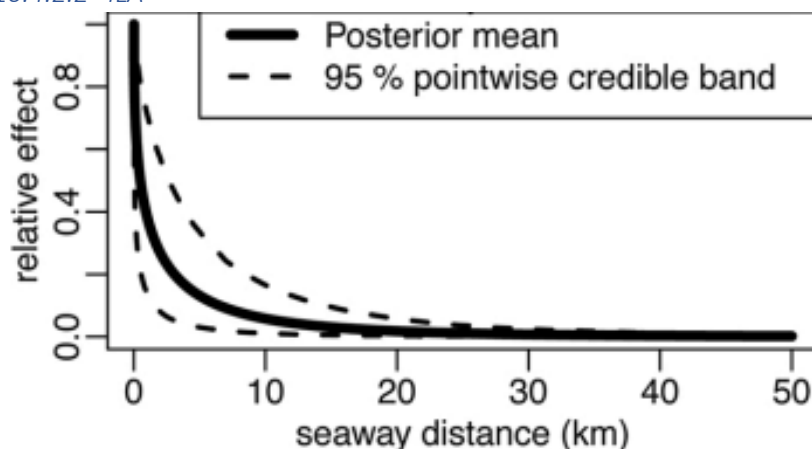
⁹¹ https://www.researchgate.net/publication/326631021_A_stochastic_network-based_model_to_simulate_the_spread_of_pancreas_disease_PD_in_the_Norwegian_salmon_industry_based_on_the_observed_vessel_movements_and_seaway_distance_between_marine_farms

⁹² <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2020-12>

⁹³ <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2020-12>

Vaksinasjon mot PD har også god effekt på reduksjon av smittespredning, særlig etter introduksjon av en ny generasjon av vaksiner mot PD i de senere år.

10.4.2.2 ILA



Figur 33 - Spredningsrisiko for ILA som funksjon av avstand. Kilde: Evaluating effects of different control strategies for Infectious Salmon Anaemia (ISA) in marine salmonid farming by scenario simulation using a disease transmission model.

Erfaringsmessig anses ILA for å ha kortere smitteavstand enn PD, selv om litteraturen kan antyde at dødeligheten av ILA virus i sjøvann er lavere enn PD.⁹⁴ Viruset har to hovedvarianter, en patogen, HPR-del og en apatogen HPR0. Viruset, i alle fall i form av ILA-virus HPR-del, har begrenset levetid utenfor verten. Sannsynligheten for smitte av ILA-virus (HPR-del) gjennom passiv transport i sjø minker betydelig når avstand til mottakelige fiskepopulasjoner er mer enn fem kilometer, og lav når denne avstanden blir større enn ti km.⁹⁵ Smittespredning av ILA er typisk karakterisert ved⁹⁶:

Horisontal smitte:

- Nabosmitte i sjø (HPR0 og HPR-del)
- Smitte via inntaksvann til landbaserte anlegg (HPR0 og HPR-del)
- Smitte til landanlegg via vinddrevet «sjøsprøyt» (HPR0)
- Smitte fra settefiskanlegg til sjøanlegg (HPR0 og HPR-del)
- Smitte i forbindelse med transport og/eller via infisert utstyr/personell
- Smitte fra utslipp fra slakteri
- Smitte fra villfisk

Vertikal smitteoverføring av ILA-virus foregår fra stamfisk til settefisk, men det er for øyeblikket uklart i hvilken grad det er vertikal smitteoverføring for ILA og dette forskes det på. Foreløpig forskning indikerer lav vertikal smitteoverføring.^{97 98}

⁹⁴ <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2020-12>

⁹⁵ <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167587709002645?via%3Dihub>

⁹⁶ Infeksiøs lakseanemi - strategi for framtidig bekjempelse

⁹⁷

<https://vkm.no/download/18.a665c1015c865cc85bdfc47/1500464589864/Vurdering%20av%20sannsynlighet%20for%20og%20risiko%20ved%20vertikal%20overf%C3%B8ring%20av%20smitte.pdf>

⁹⁸ <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901673/>

10.5 Konklusjoner

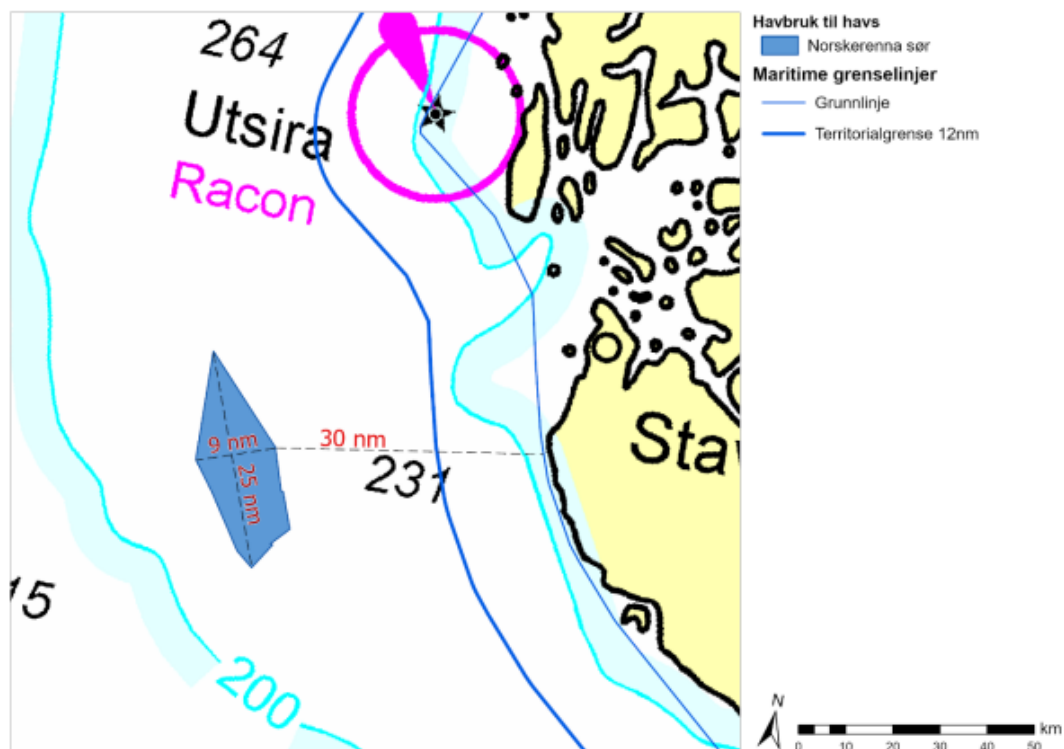
Det må utføres strømmålinger og simuleringer med smittemodellering i Norskerenna sør for å finne ut hvordan Norskerenna sør kan optimalt inndeles. Inntil analysene foreligger har vi følgende preliminnære antagelser:

- Lus spres lengst og anses for å være dimensjonerende, og kan potensielt spres i avstander over flere hundre kilometer. Imidlertid anses risikoen for spredningen å være betydelig redusert ved avstander over 15 km.
- PD smitter noe lengre enn ILA, så for virus er trolig PD dimensjonerende. Smitterisiko for virus er betydelig redusert med avstander over 10 km.
- Egensmitte av virus er et større problem enn egensmitte for lus.
- Større, men få anlegg er bedre enn mange små med hensyn på smittespredning.
- Spredning i dominerende strømreretning kan være ugunstig i HTH.
- Andre valg av teknologi som (delvis) lukkede eller nedsenkbare merder kan gi vesentlig lavere lusesmitte enn det simuleringene tilsier.
- Utbygging bør utføres gradvis, og det må samles inn data som kan gi kunnskapsgrunnlag for videre utbygging av området.

Vi har benyttet denne informasjon til å vurdere hvordan Norskerenna sør kan deles inn i ulike områder og dette er vist i kapittel 11.

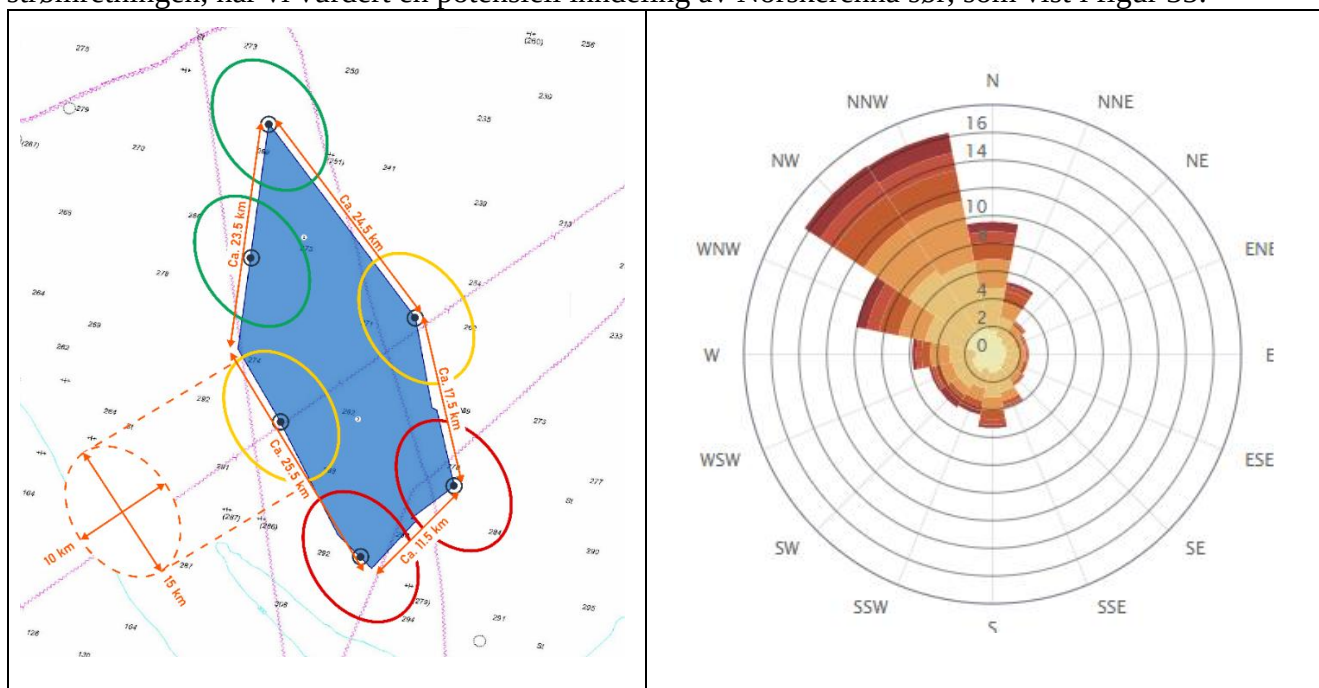
11 Inndeling av utbyggingsområder i Norskerenna sør

Dette kapitlet drøfter inndelinger av Norskerenna sør i områder og lokaliteter. Inndelinger bør skje ut fra hensyn til fiskehelse, biosikkerhet, miljøeffekter og effektiv produksjon. Et bedre kunnskapsgrunnlag om Norskerenna sør i fremtiden, f.eks. i form av målinger av værdata som strøm, og at man inkluderer slike målinger i smittespredningsmodeller, vil understøtte inndeling av områder, valg av lokaliteter, og valg av strategier for produksjonssyklus og brakklegging.



Figur 34 – Størrelse og plassering av Norskerenna sør, omtrent 46 km i nord-sør retning og ca. 17 km i vest-øst retning. Områdets samlede areal er omtrent 485 km².

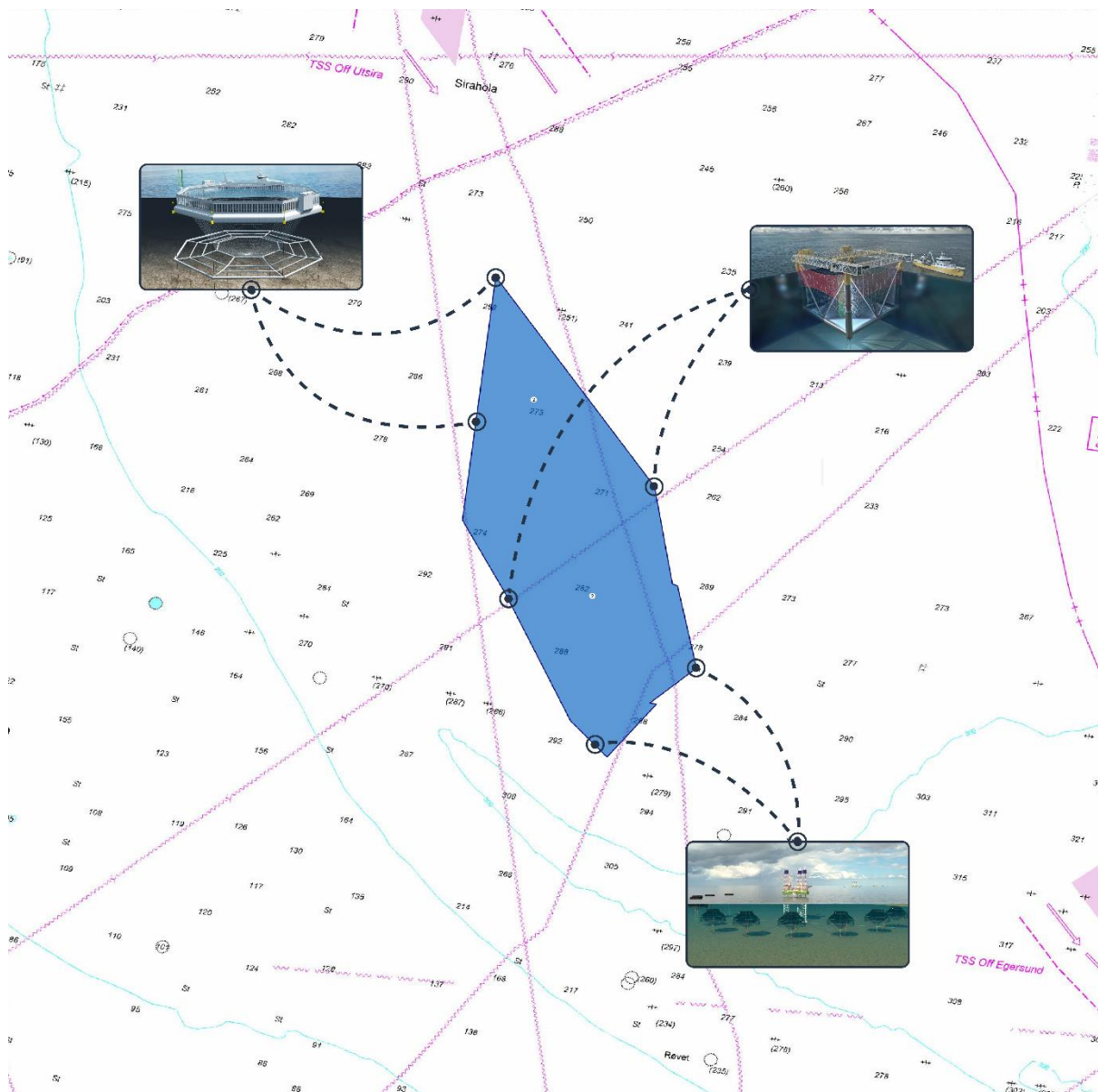
Ved inndeling av utbyggingsområder i Norskerenna sør, er det viktig å ta hensyn til dominerende strømretning i området som er i nord-vestlig retning. Ved en antagelse om at det er en lav risiko for at lus spres mer enn 15 km i strømretning og 10 km på tvers av strømretningen, har vi vurdert en potensiell inndeling av Norskerenna sør, som vist i figur 35:



Figur 35 – Til venstre: Utbyggingsområder i Norskerenna sør. Byggetrinn 1 i rødt, 2 i grønt og 3 i gult. Ellipsene indikerer området fra anlegget (i senter av ellipsene) som gir høyest smittefare, altså 15 km i dominerende strømretning, og 10 km på tvers av strømretning. Det er også angitt avstander i Norskerenna sør. Til høyre: Strømrose i området.

I henhold til anbefalinger fra Fiskeridirektoratet bør området bygges ut gradvis. I figur 35 har vi vist byggetrinn 1 i rødt, 2 i grønt og 3 i gult, og en får da maksimal avstand mellom anleggene i byggetrinn 1 og 2. En bør måle smittespredningen fra hvert anlegg kontinuerlig. Dette gir et kunnskapsgrunnlag for å vurdere om neste trinn kan bygges ut som tiltenkt.

Vi tar ikke her stilling til MTB for hvert område og tar forbehold om at områdeinndelingen og rekkefølgen i utbyggingen kan bli vurdert annerledes etter at en har utført målinger av strøm og utført spredningsmodellering i området. Det kan være rimelig at oppdrettsanlegg med teknologi for lav risiko for smittespredning vil få en høyere MTB enn anlegg med høy risiko for smittespredning.



Figur 36 – Eksempler på utbygging av HTH oppdrettsanlegg, med bilder fra Blue Farm øverst til venstre, GM Aqua Design øverst til høyre og Blårs Octopus nede til høyre. Det kan være hensiktsmessig at en oppdretter får flere tilknyttede områder for mest mulig rasjonell drift.

En endelig vurdering av utbygging i Norskerenna sør avhenger av gode målinger og smittemodelleringer i området med ulike scenarioer for utbygging i ulike soner og med varierende MTB. Det er hensiktsmessig å ta i betraktning ulike oppdretteknologiers grad av smitte, som for eksempel nedsenkbare anlegg eller lukkede anlegg, slik at en kan optimalisere produksjonen innenfor bærekraftige rammer.

12 Scenarioer for Norskerenna sør

I dette kapitlet presenterer vi 3 scenarioer for framtidig produksjon i Norskerenna sør og hva det kan bety for hele verdikjeden i form av verdiskaping, sysselsetting og investeringer.

En underliggende driver for etableringen av havbruk til havs er fortsatt voksende global etterspørsel etter lakseprodukter. Videre er det en premiss at den globale lakseføringen ikke får lisens til å ekspandere produksjonen innaskjærs i et tempo som kan møte den økte etterspørselen. Dette bidrar da til fortsatt knapphet og høye laksepriser framover.

De tre scenarioene er forskjellige når det gjelder produksjonsvolum. Ellers brukes de samme økonomiske forutsetninger og parameterverdier når det gjelder biologisk ytelse, teknologisk ytelse, energibruk, klimagassutslipp og priser og kostnader. Men vi har etablert et rammeverk som gjør det mulig å senere analysere med f.eks. ulike laksepriser, teknologi miks, energieffektivitet osv.

12.1 Forutsetninger og parameterverdier

Forutsetninger og parameterverdier er basert på både skriftlige kilder og dialoger med aktører i verdikjeden. Det er usikkerhet knyttet til parameterverdier for teknologier som er umodne eller ennå ikke bygget, f.eks. semi-lukkede sjøanlegg og HTH anlegg. Derfor har det vært nødvendig å gjøre delvis skjønsmessige valg av parameterverdier basert på en kombinasjon av skriftlige kilder og dialoger med aktører.

Mye av modellrammeverket for scenarieanalyse av havbruk til havs ble presentert i detalj i rapporten Tveterås m.fl. (2020) «Verdiskapingspotensiale og veikart for havbruk til havs».⁹⁹ Forutsetninger og parameterverdier bygger delvis på denne rapporten, som også definerer nærmere variabler som verdiskaping, sysselsetting og investeringer. Videre bygger vi på Johansen m.fl. (2019, 2022) og Richardsen m.fl. (2019, 2020) sine forutsetninger og parameter estimater når det gjelder ringvirkninger i verdiskaping, sysselsetting og investeringer knyttet til havbruksleverandører og ringvirkningsnæringer.^{100,101,102,103}

Ringvirkninger i de nevnte publikasjonene er basert på konvensjonell innaskjærs havbruk. Gjennom dialoger med aktører i verdikjeden har disse blitt noe justert for en HTH verdikjede. Verdiskaping, sysselsetting og investeringskostnader for landbaserte anlegg for produksjon av smolt og postsmolt, lukkede sjøanlegg for postsmolt, konvensjonelle åpne matfiskanlegg og offshore matfiskanlegg er basert på Bjørndal og Tusvik (2018, 2019, 2020), Tveterås m.fl.

⁹⁹ Ragnar Tveterås, Mads Hovland, Torger Reve, Bård Misund, Ragnar Nystøyl, Hans V. Bjelland, Andreas Misund, Øystein Fjelldal (2020). «Verdiskapingspotensiale og veikart for havbruk til havs.» Stiim Aqua Cluster rapport. 7. desember 2020. https://stiimaquacluster.no/wp-content/uploads/2020/12/Rapport_2020_Verdiskapingspotensiale-og-veikart-for-havbruk-til-havs_hovedrapport.pdf

¹⁰⁰ Ulf Johansen, Heidi Bull-Berg, Lars H. Vik, Arne M. Stokka, Roger Richardsen, Ulf Winther (2019). The Norwegian seafood industry – Importance for the national economy, *Marine Policy*, 110, <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.103561>.

¹⁰¹ Ulf Johansen, Magnus Stoud Myhre, Eric Young og Roger Richardsen (2022) «Nasjonal betydning av sjømatnæringen». Sintef rapport 2022:00876. Trondheim

¹⁰² Richardsen, R., Myhre, M.S., Bull-Berge, H. & Grindvoll, I.L.T. (2018). Nasjonal betydning av sjømatnæringen. Sintef rapport 2018:00627. Trondheim.

¹⁰³ Richardsen, R., Myhre, M.S., Tyholt, I.L. & Johansen, U. (2019). Nasjonal betydning av sjømatnæringen. Sintef rapport 2019:00469. 20. juni 2019. Trondheim.

(2020, 2021), Blomgren m.fl. (2019) og Fiskeridirektoratet sine lønnsomhetsundersøkelser, samt dialoger med næringsaktører som bygger og driver slike anlegg.^{104,105,106,107} Energiforbruk og klimagassutslipp bygger på Johansen m.fl. (2022) og dialoger med næringsaktører i verdikjeden.¹⁰⁸ Vi antar i modelleringen her at havbruk til havs vil ha tilsvarende energibruk og klimagassutslipp per produsert kg som innaskjærs matfiskproduksjon.

12.2 Produksjon

Utbyggingen av Norskerenna sør må skje på en ansvarlig måte. Dette innebærer at man bygger ut stegvis, og lærer av erfaringene gjennom systematisk datainnsamling og analyser.¹⁰⁹ De scenariene vi presenterer kan også betraktes som ulike etapper i en stegvis utvikling. Vi har valgt tre scenarioer for produksjon i verdikjeden for Norskerenna sør: 70.000 tonn (Lav), 100.000 tonn (Basis) og 140.000 tonn (Høy). Som vi har drøftet tidligere i rapporten, så vil produksjonen i Norskerenna sør avhenge av den kunnskap man får om hydrodynamiske forhold, fiskevelferd, biosikkerhet og hvordan dette påvirker antall lokaliteter, tillatt biomasse på hver lokalitet, produksjonssyklus, brakklegging og produksjonsvolum på hver lokalitet. Myndighetenes reguleringer vil selvfølgelig være en svært viktig premissgiver.

I alle scenarioene antar vi at postsmolt på 1kg produseres 50/50 av henholdsvis landbaserte anlegg og semi-lukkede sjøanlegg. Dette har konsekvenser for investeringskostnader, energibruk og klimagassutslipp.

Fordelingen av produksjonen mellom leddene i verdikjeden er vist i figuren under. Fordelingen av produksjonen målt i biomasse er 4,5% i settefisk, 17% i postsmolt produksjon på land og i semi-lukkede anlegg, og 78,5% i matfisk ute i havet. I basisscenarioet skal det produseres 17.000 tonn i postsmoltfasen, noe som vil kreve ny kapasitet på land og i sjø.

¹⁰⁴ Bjørndal, T., & Tusvik, A. (2018). Økonomisk analyse av alternative produksjonsformer innan oppdrett. SNF rapport 07/18. Bjørndal, T. and A. Tusvik (2019). Economic analysis of land based farming of salmon, *Aquaculture Economics & Management*, 23(4), 449-475. Bjørndal, T. and A. Tusvik (2020). Economic analysis of on-growing of salmon postsmolts, *Aquaculture Economics & Management*, <https://doi.org/10.1080/13657305.2020.1737272>.

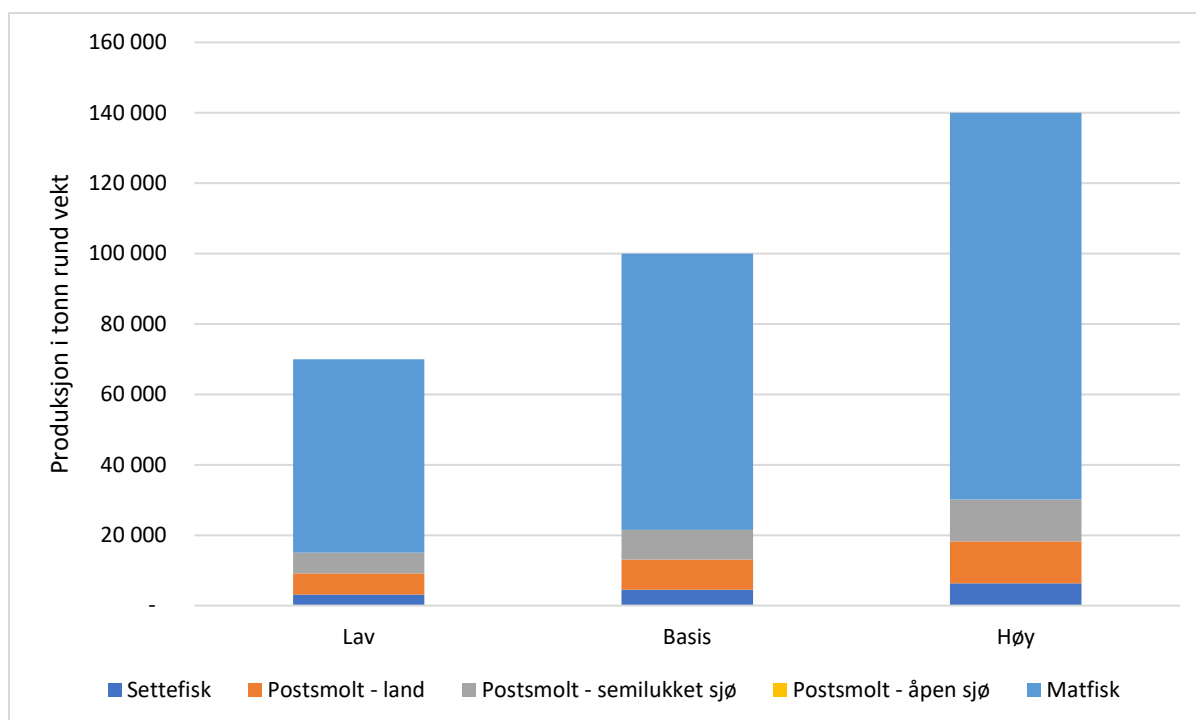
¹⁰⁵ Ragnar Tveterås, Grunde Bruland, Martin H. Bryde, Sigurd Handeland, Bård Misund, Arve Nilsen, Tor Solberg (2021). «Bærekraftig vekst i havbruk med flytende lukkede anlegg i sjø.» Stiim Aqua Cluster rapport. 5. april 2021. <https://stiimaquacluster.no/wp-content/uploads/2021/04/Stiim-Rapport-Flytende-Lukket-Oppdrett-i-sjo.pdf.pdf>

¹⁰⁶ Fiskeridirektoratet. Lønnsomhetsundersøkelse for laks og regnbueørret. <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Statistiske-publikasjoner/Loennsomhetsundersoeekelser-for-laks-og-regnbueoerret>

¹⁰⁷ Blomgren, A.; Fjellidal, Ø.M., Quale, C.; Misund, B., Tveterås, R., og B.H. Kårtveit (2019). Kartlegging av investeringer i fiskeri og fangst, akvakultur og fiskeindustri, 1970 – 2019. NORCE Rapport 2019/12. <https://norceresearch.brage.unit.no/norceresearch-xmlui/handle/11250/2621211>

¹⁰⁸ Ulf Johansen, Andrea Arntzen Nistad, Friederike Ziegler, Shraddha Mehta, Markus Langeland, Yannic Wocken and Erik Skontorp Hognes (2022). Greenhouse gas emissions of Norwegian salmon products. Sintef rapport 2022:01198. Trondheim. <https://www.sintef.no/en/publications/publication/2106677/>

¹⁰⁹ Kristoffer Vale Nielsen, Ragnar Tveterås, Sonal J. Patel (2023). «Havbruk til havs: Det må handle om biologi». Norsk fiskeoppdrett, nr. 6, s. 10-15.



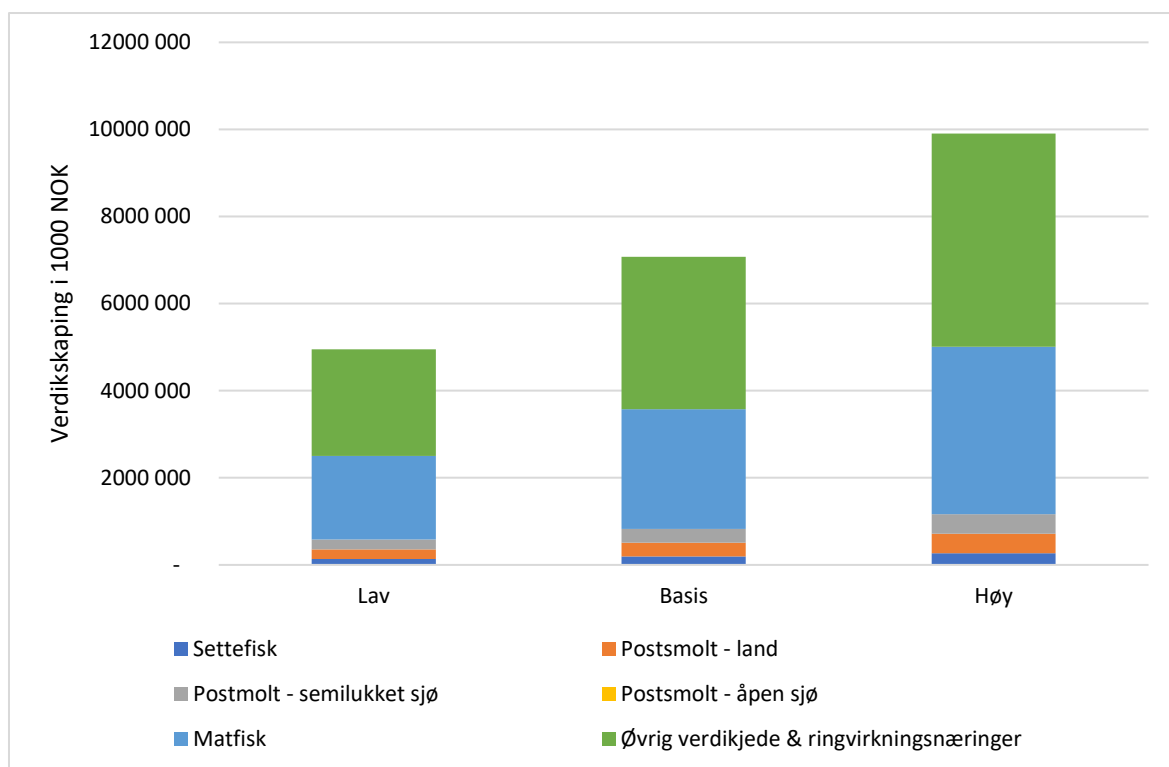
Figur 37 - Produksjon i tonn rund vekt.

12.3 Verdiskaping

Scenarieanalysen omfatter verdiskapingen, for hele verdikjeden og inklusive ringvirkninger. Verdiskaping (eller bruttoproduktet) for en bedrift er salgsinntekt minus kjøp av varer og tjenester. Verdiskapingen fordeles mellom eiere i form av kapitalinntekter (overskudd), sysselsatte i form av lønn, og offentlig sektor i form av skatter og avgifter.

Den totale verdiskapingen knyttet til en verdikjede for havbruk kan defineres som: Total verdiskaping = Verdiskaping settefisk + Verdiskaping postsmolt + Verdiskaping i matfisk + Verdiskaping i øvrig verdikjede og ringvirkningsnæringer.

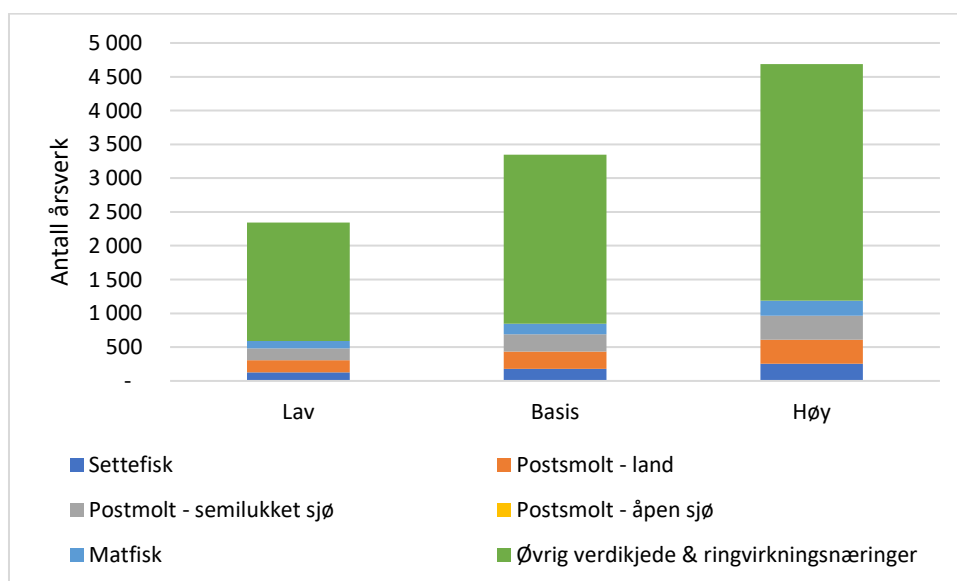
Disse scenarioene leder til en verdiskaping i Norskerenna sør-verdikjeden med ringvirkningsnæringer – målt i faste 2023 kroner - på 4,9 milliarder kroner i lavscenarioet, 7 mrd kr i basisscenarioet og 9,9 mrd kr i høyscenarioet, som vist i figur 38.



Figur 38 - Verdiskaping i verdikjeden.

12.4 Sysselsetting

Havbruk skaper arbeidsplasser i hele verdikjeden, spesielt i den øvrige havbruksverdikjeden og ringvirkningsnæringer. Vi forutsetter noe vekst i arbeidsproduktiviteten, som innebærer at det blir færre årsverk per produsert tonn laks. Likevel leder scenarioene våre til en sysselsetting for Norskerenna sør-verdikjeden med ringvirkningsnæringer på 2300 årsverk i lavscenarioet, 3.300 årsverk i basis-scenarioet og 4.700 årsverk i høyscenarioet, jfr figur 39.



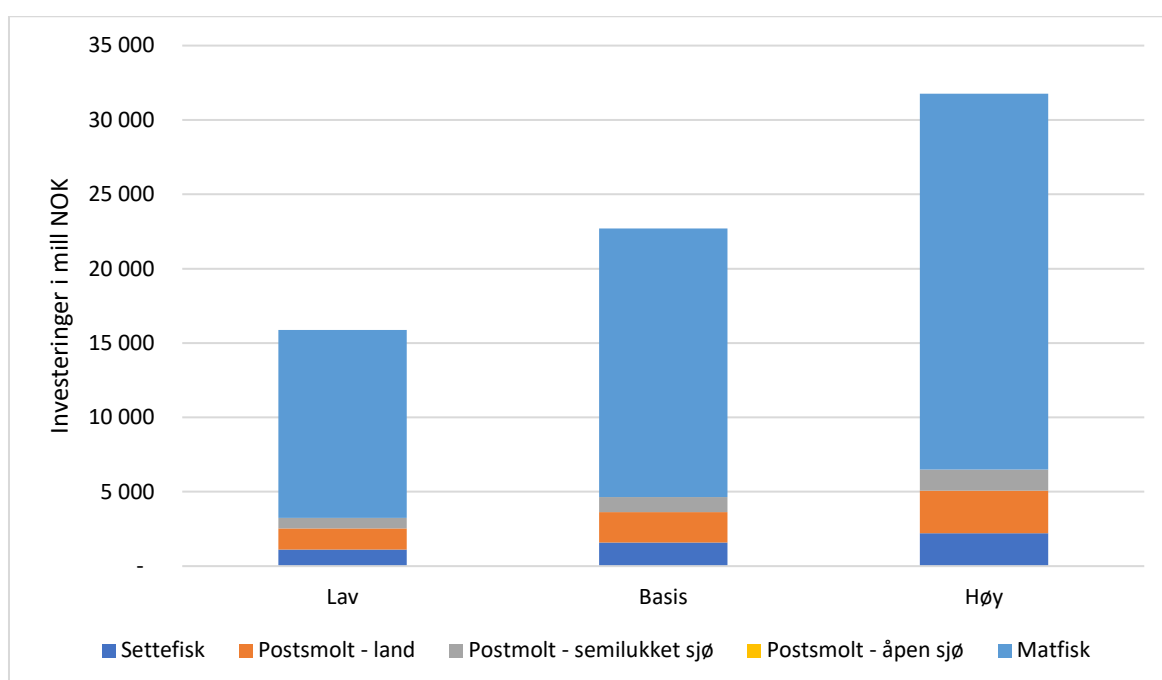
Figur 39 - Årsverk i verdikjeden.

12.5 Kapital og investeringer

Norskerenna sør vil kreve investeringer i kapitalutstyr i hele verdikjeden og ringvirkningsnæringer, f.eks. smolt- og postsmoltproduksjon, matfiskanlegg, utstyrsleverandører, verft, brønnbåter, fôrbåter og slakterier.

I scenarioanalysen ser vi bare på investeringer i kapitalutstyr – f.eks. bygninger, fartøy, kjøretøy, maskiner – ikke på investeringer i kjøp av tillatelser for å produsere laks (MTB) eller investeringer i biomasse. Hvis tillatelser og biomasse er inkludert er totale investeringer og kapitalbindingen betydelig høyere.

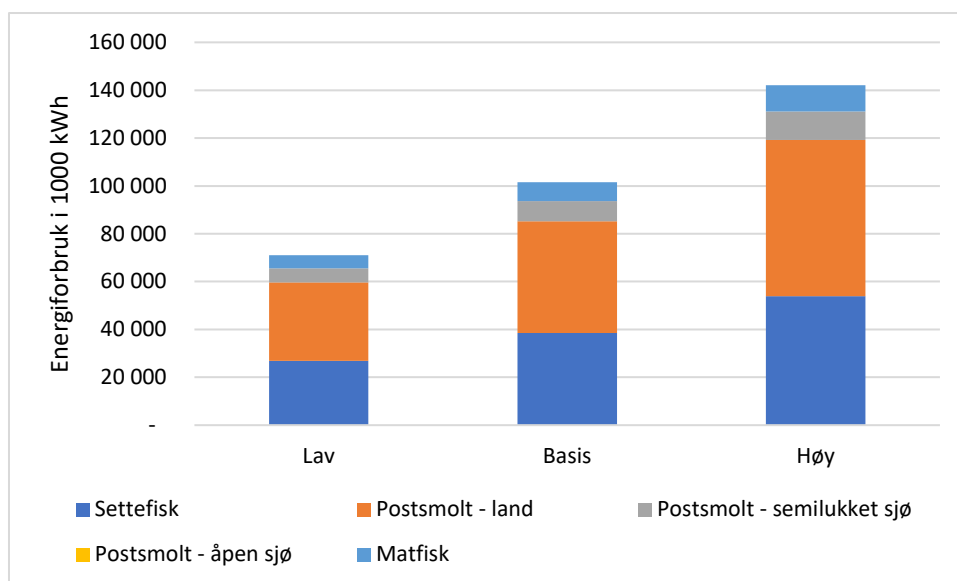
Disse scenarioene leder til investeringer i Norskerenna sør-verdikjeden med ringvirkningsnæringer – målt i faste 2023 kroner - på 16 milliarder kroner i lavscenarioet, 23 mrd kr i basisscenariet og 32 mrd kr i høyscenariet, som vist i figur 40.



Figur 40 - Investeringer i kapitalutstyr i verdikjeden.

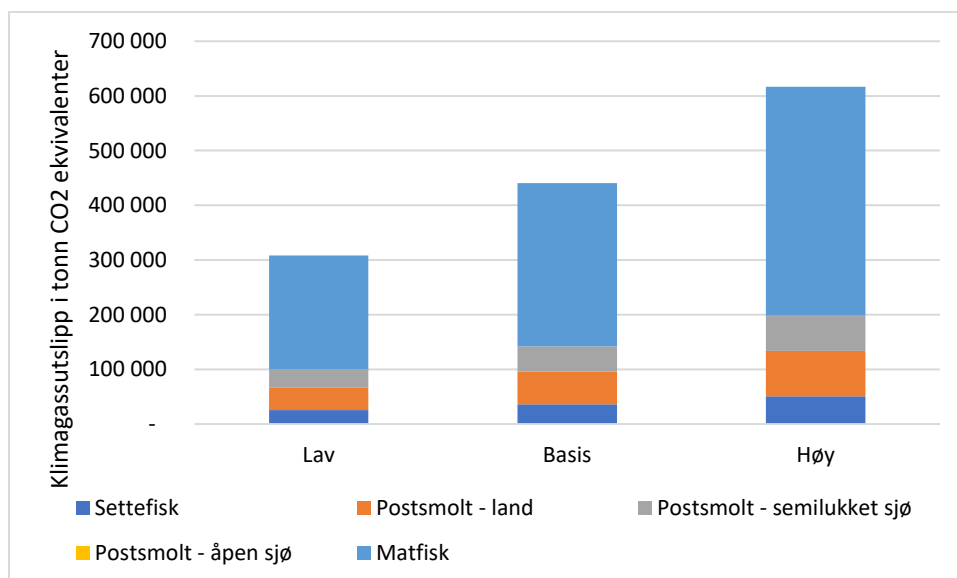
12.6 Energiforbruk og klimagassutslipp

For næringen handler energiforbruk og klimagassutslipp både om miljømessig og økonomisk bærekraft. Alle leddene i verdikjeden krever energi. Men den landbaserte produksjonen av smolt og postsmolt har betydelig høyere energiforbruk per produsert kg enn semilukket produksjon av postsmolt, og spesielt matfiskproduksjonen offshore er energieffektiv siden den nyter godt av den energien havet tilbyr gjennom de frie vannstrømmene gjennom anlegget. Våre scenarioer for energiforbruk spenner fra 71 MWh i lavscenarioet, via 101 MWh i basisscenariet og 142 MWh i høyscenariet, jfr. figur 41.



Figur 41 - Energiforbruk i verdikjeden

Den viktigste kilden til klimagassutslipp er laksefôret. Siden hovedtyngden av produksjonen skjer i matfisk leddet, og fôrforbruket er direkte relatert til produksjonsnivået, så er også hovedtyngden av klimagassutslippene relatert til matfiskproduksjonen. Våre scenarioer for klimagassutslipp spenner fra 308 tusen tonn CO₂ klimagassekvivalenter i la-scenarioet, via 440 tusen tonn i basisscenarioet og 617 tusen tonn i høyscenarioet, jfr. figur 42.



Figur 42 - Energiforbruk i verdikjeden

12.7 Oppsummering

Scenarieanalysen gir oss kunnskap om størrelsesorden og noe av utfallsrommet når det gjelder verdiskaping, sysselsetting, investeringer, og klimaavtrykk. Norskerenna sør kan gi en verdiskaping i 5-10 mrd kr, sysselsetting 2300-4600 årsverk, og investeringer på i størrelsesorden 16-32 milliarder kroner.

Videre kan Norskerenna sør bidra til innovasjoner og utvikling av en leverandørindustri som kan eksportere teknologi og tjenester globalt. Dette er ikke inkludert i denne analysen, og her ligger noe av det største potensialet for framtidig verdiskaping og sysselsetting.

13 Ny grønne verdikjede og investeringsbehov

Den havbruksbaserte verdikjeden inkluderer et bredt spekter av virksomheter og vi skiller gjerne mellom den «direkte» og den «indirekte» verdikjeden. Den direkte verdikjeden består av:

- Rognprodusenter
- Oppdrettere (sjø og land)
- Slakteri/Foredling
- Distribusjonsledd (lastebil, brønnbåt, fly og tog)

Tradisjonell verdikjeden er illustrert i figur 43.



Figur 43 - Verdikjeden i akvakulturproduksjon.

Den direkte verdikjeden er helt avhengig av en rekke andre leverandører – den indirekte verdikjeden. I denne kategorien finner vi bla.:

- Teknologi, utstyrs- og serviceleverandører
- Fôrprodusenter
- Vaksineprodusenter
- Eksperter på genetikk
- Maritime tjenester, som brønnbåtoperatører, servicebåter og dykkere.

I tillegg finnes organisasjoner som driver med FoU, miljøovervåkingstjenester, fiskehelsetjenester og sertifisering av oppdrettsanlegg i sjø og på land. Med økende krav til dokumentasjon av miljøpåvirkning, fiskevelferd mm. fra myndigheter og kunder, har særlig selskaper som leverer miljø- og fiskehelsetjenester fått en stadig viktigere rolle i næringen. Sjømatnæringen er blant Norges viktigste distriktsnæringer. Næringen er representert i hele landet, men det er i regionene i Vest-, Midt og Nord-Norge at næringen har størst betydning for verdiskaping og sysselsetting. Få næringer har vokst mer enn sjømatnæringen de siste 15 årene, og i 2022 ble det eksportert norsk sjømat for rekordhøye 151 milliarder kroner (120 mrd i 2021).

Gjennom kjøp av varer og tjenester legger sjømatnæringen grunnlag for sysselsetting og verdiskaping i hele landet. Ifølge beregninger gjennomført av Menon, var de totale sysselsettingseffektene av sjømatnæringens aktivitet på om lag 106 000 sysselsatte i 2021 (herav ca. 65.000 tilknyttet akvakultur). Det har vært en oppgang fra 2020 på omtrent 13 000 sysselsatte (for hele sjømatnæringen). Økningen i antall ansatte fordelte seg jevnt mellom ansatte i næringen (de direkte effektene) og ansatte i annet næringsliv som følge av sjømatnæringens kjøp av varer og tjenester og investeringer (de indirekte effektene).

Menon sine analyser viser at det i 2021 ble generert netto verdiskaping for 120 milliarder kroner i sjømatnæringen, inkludert ringvirkninger. Det er en økning på om lag 10 milliarder fra 2020.

Verdiskapingen i sjømatnæringen er på et historisk høyt nivå og la blant annet grunnlag for samlede skatteeffekter på rundt 34 milliarder kroner i 2021.

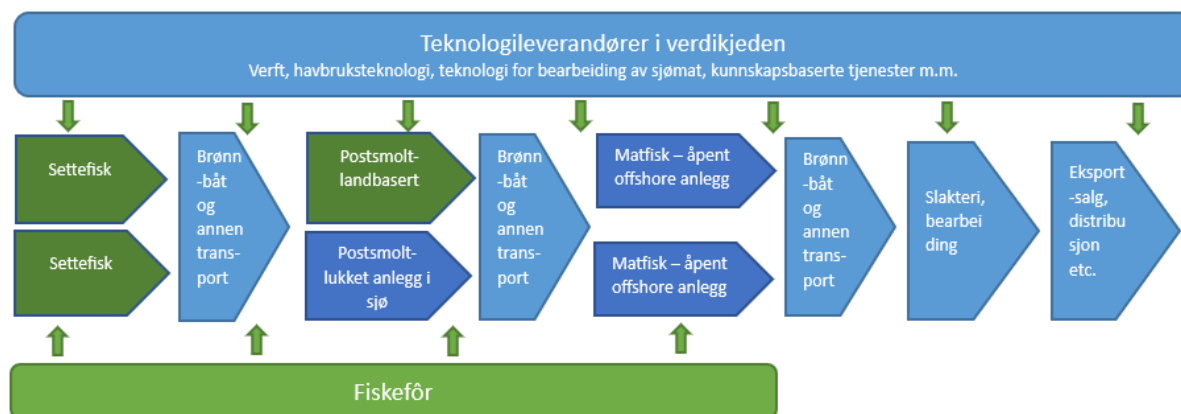
Et av de mest slående trekkene ved den norske akvakulturbransjen er en nærmest komplett verdikjede. Med store aktører innen alt fra fiskeri og oppdrett til leverandører av fartøy og fiskeindustri, er dette et av næringens viktigste konkurransefortrinn. En integrert verdikjede resulterer i store ringvirkninger for hele landet og kystområende spesielt.

Rogaland har ca. 7.900 sysselsatte i fiskeri, oppdrett, fiskeindustri og spesialiserte leverandører. I tillegg kommer ca. 4.200 indirekte sysselsatte som følge av vare- og tjenestekjøp fra øvrige næringer. De største direkte og indirekte sysselsettings- og verdiskapingseffekter er i Stavanger, Karmøy, Haugesund og Eigersund. Det finnes mange sterke oppdrettsrelaterte teknologi- og kompetansemiljøer i Rogaland. Blant disse kan nevnes AKVA group (leverandør av merdkomponenter, oppdrettsteknologi for produksjon på land mm.), Skretting (fôr) og Cargill (fôr).

Ny grønn verdikjede for Havbruk til havs

I havbruk, olje- og gass og maritime verdikjeder har leverandører vært avgjørende for nye innovasjoner og har bidratt til å drive næringene fremover. Leverandørsektoren i de havbaserte og petro-maritime leverandørsektorene representerer sammen kunnskapsbaser som gir et svært godt utgangspunkt for teknologisk innovasjon i havbruk til havs. Dette har vært tydelig i ordningen med utviklingstillatelser hvor samhandlingen mellom de ulike havbaserte næringene i Norge smelter sammen i utvikling av nye innovasjoner.

For havbruk til havs må det gjøres nye investeringer i verdikjeden for en næring som per i dag ikke eksisterer. Dette handler om nye oppdrettsanlegg som skal kunne operere i et nytt miljø, ny verdikjede rundt logistikk herunder støttefunksjoner, beredskap, fôrtransport m.m., nye teknologileverandører, ny kapasitet på offshore smolt m.m. Figur 44 illustrerer hovedelementene i verdikjeden for havbruk til havs:



Figur 44 - Ny verdikjede for havbruk til havs.

Utvikling av Norskerenna sør vil kunne skape betydelige ringvirkninger i hele verdikjeden for havbruksnæringen. Sør-Vestlandet har over mange år bygget opp en attraktiv industriell kapasitet som passer godt inn i utvikling av offshore akvakultur. I kapittel 12 om *Scenarioer for Norskerenna sør* kommer det tydelig frem hvilke investeringer, sysselsettingseffekter og årlig verdiskaping utbygging av område vil kunne skape. I de neste avsnittene konkretiserer vi deler av verdikjeden basert på kapasiteten man finner på Sør-Vestlandet og de muligheter en utbygging vil gi regionen.

13.1 Generell infrastruktur

13.1.1 Logistikk og beredskap

Rogaland har en etablert industri innen logistikk og beredskap for offshoreindustri. Det finnes flere havner med ulik aktivitet og utviklingsmuligheter. Bare i Stavangerregionen har havnene 750 mål havneareal fordelt på tre havneanlegg. Det er tilknyttet 6000 meter kai. 240 mål kan videreutvikles i dag, og 255 mål er regulert inn for framtidig havneutvikling. De mest aktuelle havnene for offshore havbruk i Stavangerområdet er Risavika, Mekjarvik og Hanasand.

Risavika i Sola har flere aktører som driver med logistikk og forsyning av etablerte olje- og gassinstallasjoner, i tillegg til containerhavn. I havnen opererer også utenriksferge med persontransport, samt frakt av gods på vogntog og traller. Risavika har gode muligheter for ekspansjon av kaiareal, utfylling og nybygg av lager- og kontorbygg. Havnen er Norges mest effektive logistikkhavn. I Risavika er det muligheter for å utnytte nye arealer til eksempelvis slakteri- og prosessindustri tilknyttet havbruk.

Mekjarvik havn ligger godt beskyttet i Randaberg kommune. Havnen brukes mest til mer langvarige vedlikeholdsoppdrag. Mekjarvik er godkjent for tørrbulk, container, offshore og stykkgoods. Havnen er godkjent for utvidelse, og planlegges brukt som knutepunkt for offshore vind utbygginger. Havneområdet er del av en større næringsklynge i Mekjarvik. I tillegg driver havnen med gjenvinning for offshoreindustrien.

På **Hanasand** er det regulert et større industriområde som er under utvikling. På sikt kan det tenkes at deler av området kan utvikles som logistikk- og servicehavn for offshore havbruk.

Karmsund Havn på Haugalandet er et av Norges største og mest trafikkerte havneområder med et bredt samarbeid mot ledende aktører innen all maritim virksomhet. Havnen har en strategi om å understøtte de nye havnæringene, og vil ha infrastruktur som er tilpasset servicebehovet som utløses i utbygging og drift av Norskerenna sør.

Vurdering av områdene

Etter sonderinger med Stavangerregionen havn og aktørene i logistikkmarkedet peker Risavika havn seg ut som den mest aktuelle kandidaten som logistikkhavn. Risavika har flere aktører som i dag arbeider med logistikk for offshore fartøy. Fordelen med dette er at oppdrettere som vil etablere seg offshore kan kjøpe tjenestene uten å utvikle et apparat for dette. Det vil si at det ikke trengs investeringer på land. Dette vil bidra til å holde kostnadene nede når bransjen er på et etablerings- og forsøksstadium og etter hvert når produksjonen er i gang. Risavika fungerer som en one-stop havn der alle tjenester kan utføres på ett sted, dette er også tidsbesparende.

Havbruk til havs regnes som et spennende forretningsområde for logistikkaktørene, fordi det vil være et relativt stort behov for tjenester også i driftsfasen, i motsetning til offshore-vind. Verdiskapingspotensialet er beregnet som større i offshore havbruk, enn offshore-vind.

Sikkerhet og beredskap

Rogaland er viktig for olje- og gassindustrien og har derfor en betydelig beredskap for offshore aktivitet. Regionen er vert for en rekke store olje- og gasselskaper og har også en rekke selskaper som tilbyr tjenester for offshoreindustrien:

- **Oljevernberedskap:** Stavanger har et av de største oljevernssenterene i verden, NOFO (Norsk Oljevernforening for Operatørselskap). NOFO har ansvar for å koordinere oljevernaksjoner langs hele norskekysten, og har beredskapsbaser i både Stavanger og i andre deler av landet.

- **Helikoptertjenester:** Det er flere selskaper i Stavanger som tilbyr helikoptertjenester til offshoreindustrien, og som har et tett samarbeid med oljeselskapene og redningstjenestene for å sikre en effektiv beredskap.
 - CHC Helikopter Service er en av verdens største leverandører av helikoptertjenester til olje- og gassindustrien. Selskapet har en base i Stavanger og tilbyr tjenester som persontransport, inspeksjon og vedlikehold.
- **Redningstjenester:** Stavanger har en rekke organisasjoner og tjenester som er dedikert til redning og beredskap, inkludert Hovedredningssentralen for Sør-Norge, som har ansvar for å koordinere redningsaksjoner på havet. Her kan også nevnes Kystvakten og luftambulansetjenesten.
- **Forskning og utvikling:** Stavanger har en sterk forsknings- og utviklingssektor innen olje- og gassindustrien, som jobber med å utvikle nye teknologier og metoder for å forbedre beredskapen og sikkerheten offshore.
 - **Sintef Ocean** er en forskningsinstitusjon som har spesialisert seg på marin teknologi og havromsteknologi. Sintef Ocean har kontorer i både Trondheim og Stavanger og jobber tett med olje- og gassindustrien for å utvikle nye teknologier og metoder for å forbedre beredskapen offshore.
 - **UiS** har et av de tyngste forskningsmiljøene på risikostyring og sikkerhetsledelse, samt utdanningstilbud på området. Dette fagmiljøet har bidratt med kunnskap som har blitt anvendt på mange samfunnsområder, herunder offshore petroleumsvirksomhet.
- **Bemanningstjenester:** OSM Aviation har spesialisert seg på å levere kvalifiserte piloter og mannskap til olje- og gassindustrien.
- **Logistikk og service:** Norse Group tilbyr en rekke tjenester til olje- og gassindustrien. Blant tjenestene som tilbys er logistikk, forsyningsbaseoperasjoner, helikopteroperasjoner, vedlikehold og reparasjoner, samt beredskapstjenester.
- **Kvalitetsikring, teknisk rådgivning og risikostyring:**
 - DNV GL er en global leverandør av tjenester innen kvalitetssikring, teknisk rådgivning og risikostyring. Selskapet har en betydelig tilstedeværelse i Stavanger og har ekspertise innen olje- og gassindustrien, inkludert beredskapsplanlegging og krisehåndtering.
 - Proactima er et konsultentselskap som spesialiserer seg på risikostyring og beredskapsplanlegging. Selskapet har kontorer i både Oslo og Stavanger og har bistått flere olje- og gasselskaper med å utvikle beredskapsplaner og risikoanalyser.
 - Det er også en rekke selskaper som tilbyr sikkerhetstrening til offshoreindustri.

I tillegg er det en rekke offshore-rederier som tilbyr tjenester som transport, installasjon og vedlikehold på utstyr i Nordsjøen.

13.1.2 Verft og vedlikehold

Sør-Vestlandet har lange tradisjoner innen maritim industri, og er blant de fremste i verden på planlegging, bygging, installasjon og vedlikehold av maritime konstruksjoner. Regionen har verdensledende kompetanse på problemløsning som også trengs innenfor offshore havbruk.

I regionen rundt Stavanger finnes Rosenberg Verft, som er et av de eldste i Norge. De har spesialisert seg på modifikasjon, vedlikehold og reparasjon av offshore-installasjoner og fartøyer. Rosenberg Verft er anerkjent for sin kompetanse innenfor avansert teknologi og ingeniørarbeid. Westcon Yard, lokalisert i Ølensvåg, er et allsidig verft som håndterer konstruksjon, vedlikehold og reparasjon av skip og offshore-installasjoner. De tilbyr også engineering- og logistiktjenester til den maritime sektoren. Aibel sitt verft i Haugesund har lang tradisjon innenfor olje- og gassindustrien. Verftet her driver med både konstruksjon og vedlikehold av offshore-plattformer og installasjoner. Aibel er kjent for sin ekspertise innenfor ingeniørarbeid og prosjektledelse. Aker Solutions har verft på Stord, og er designet for montering og demontering av store offshore moduler.

13.2 Fôr og logistikk

Globale produsenter

I Rogaland har de største produsentene av laksefôr etablert seg. Skretting har sitt globale kontor for fôr til lakseproduksjon i Stavanger. Selskapet har tre fabrikker i Norge fordelt langs kysten i henholdsvis Stokmarknes, Averøy og Stavanger. Skretting har en teoretisk kapasitet på rundt 800.000 tonn i året, hvorav kapasiteten i Stavanger utgjør rundt 200 000 tonn.



Figur 45 - Skretting sitt globale hovedkontor i Stavanger.

Biomar er et heleid dansk selskap som produserer fiskefôr til akvakultur i hele verden. Biomar Norge har produksjonsanlegg på Myre i Vesterålen og på Karmøy i Rogaland. Total produksjonskapasitet i Norge ligger rundt 600.000 tonn årlig, hvor kapasitet på fabrikken på Karmøy er 340.000 tonn per år.

Cargill er den tredje globale aktøren innen produksjon av fiskefôr med aktivitet på Sør-Vestlandet. Selskapet har tre moderne fabrikker i Norge i hhv. Florø i Vestland, Halså i Nordland og Bergneset i Troms. Total produksjonskapasitet i Norge ligger rundt 550.000 tonn årlig, hvor den største fabrikken i Florø har en årlig kapasitet på rundt 300.000 tonn.

I tillegg har MOWI egne fôrfabrikk i Norge på Valneset i Bjug kommune som åpnet i 2014 med en årlig kapasitet på 220.000 tonn.

Nye investeringer for Norskerenna sør

I scenarioene for investeringer og verdiskaping legges det til grunn en årlig produksjon på Norskerenna sør i intervallet 70 000 – 140 000 tonn årlig. Med en gjennomsnittlig fôrfaktor på 1,3 (bransjestandard) tilsvarer det en ny årlig fôrproduksjon 91 000 – 182 000 tonn årlig. Denne økte produksjonen må enten komme ved økt produksjon fra dagens anlegg eller det vil lede til investering i ny fôrfabrikk. Utvikling av havbruk til havs vil lede til nye investeringer fra fôrprodusentene. Dette gjelder både i ny produksjonskapasitet, men også fôrbåter som er tilpasset å levere fôr til havbruk til havs lokaliteter.

13.3 Investeringer i settefiskkapasitet (smolt eller postsmolt)

Behovet for smolt (ca. 70 til 300 gram) til offshore havbruk ligger i intervallet 3.169-6.338 tonn per år. For postsmolt (300-1000 gram kg) ligger behovet et sted mellom 11.885 og 23.769 tonn i året. For å kunne levere slike volum, vil det kreves store investeringer innen smolt-/postsmoltproduksjon. Smolt må produseres i anlegg på land, mens postsmolt kan produseres på land og i sjø (åpne anlegg eller semi-lukkede anlegg).

Landbasert oppdrett

Utbygging av landbasert RAS-anlegg krever tilgang til ferskvannsressurser, energi og areal. I Tabell 9 er det satt opp anslag over hva som kreves av vann, energi og areal i de ulike scenarioene for Norskerenna sør:

Tabell 9 – Behov for vann, energi og areal for postsmoltproduksjon, basert på ulike scenarioer i Norskerenna Sør.

Norskerenna sør (tonn)	Postsmolt (tonn)	Vannbehov (m ³ /min)	Energi (MW)	Areal (mål)
70 000	11.885	10	6	35
100 000	16.978	15	9	45
140 000	22.071	20	12	60

Det kreves ca. 400 liter nytt vann per kg fôr gitt i løpet av et døgn. Ved et postsmolt-anlegg med en årlig produksjonskapasitet på 10.000 tonn vil det føres ut om lag 35 tonn fôr per døgn ved maksimal biomasse. Dette medfører en ny vanntilførsel på ca. 10 m³/min (205 liter/sek). Dvs. at det til tross for rensing og resirkulering, kreves tilgjengelighet av store mengder med vann. Et gjennomsnittlig vannforbruk for et anlegg på 10.000 tonn kan estimeres til rundt 8 m³/min. Dimensjonerende kapasitetsbehov vil likevel være 10 m³/min (1 m³/min per 1000 tonn produksjonskapasitet).

Energibehovet i RAS-anlegg er vesentlig større enn i gjennomstrømningsanlegg, hovedsakelig på grunn av at store mengder energi må benyttes for å resirkulere vann. Generelt må alt vannet i et kar «skiftes» ut jevnlig, fra hver 30. til hvert 60. minutt avhengig av tettheten av fisk (kg fisk per m³ vann). Dessuten kreves mye energi til å regulere gassbalansen i vannet. SINTEF har antatt et forbruk fra 6-9 kWh per kg produsert laks,¹¹⁰ men nyere erfaringer indikerer et lavere forbruk der enkelte antyder et nivå helt ned mot 2,5 kWh per kg produsert laks. Til sammenligning antas et energiforbruk ned mot 1 kWh per kg produsert fisk ved bruk av gjennomstrømningsteknologi. For å ha tilstrekkelig med energi ved biomassetopper i RAS-

¹¹⁰ <https://www.sintef.no/publikasjoner/publikasjon/1613480/>

anlegg, kreves om lag en 1MW linjekapasitet per 1000 tonn produksjonskapasitet. Stadige forbedringer i teknologi og metoder er dette anslaget sannsynligvis noe høyt, men det bør tas høyde for en viss redundans i linjekapasiteten til et slikt anlegg.

Arealbehov styres hovedsakelig av ønsket produksjonskapasitet, og i noen grad av valg av produksjonsform. Postsmoltanlegg som produserer sin egen settefisk, vil normalt sett ha noe større arealbehov enn anlegg som får settefisk fra eksterne leverandører. Basert på valg av strategi, er det rimelig å estimere en årlig produksjonskapasitet på mellom 8-12.000 tonn per år på et areal på ca. 40 mål. I bygningsmassen for et slikt anlegg er det tatt høyde for administrasjonsbygg, verksted og arealer for tekniske installasjoner i tillegg til fiskekar. Når det gjelder investeringskostnader i landbaserte anlegg så har prisstigning også her løftet prisene på viktige innsatsfaktorer. Investeringsnivået kan ligge på om lag 300 kr/kg investert kapital for anlegg som produserer smolt, og om lag 200 kr/kg for anlegg som produserer postsmolt.

Anlegg for produksjon av postsmolt i semi-lukkede anlegg i sjø

Som vist i kapittel i *Kapittel 12 Scenarioer for Norskerenna sør* er det lagt inn en forutsetning om at halvparten av postsmoltbehovet dekkes via lukkede anlegg i sjø. **Mowi Region Sør** har etablert postsmoltproduksjon i semilukkede løsninger i Jøsenfjorden. I dag produserer de på to ulike teknologiske løsninger, henholdsvis Ecomerden fra FiiZK og Neptun-tanken til Aquafarm Equipment. **Grieg Seafood Rogaland** produserer postsmolt i FishGlobe. FishGlobe er et semilukket anlegg utviklet og produsert av FishGlobe AS. Grieg har to «globes» er i drift som til sammen har levert åtte grupper med postsmolt, totalt to millioner individer. I produksjonen har de hatt ingen lusebehandlinger, ingen rømminger, god tilvekst og oppsamling av slam.



Figur 46 – FishGlobe som produserer postsmolt i lukkede anlegg i sjø ved Lysefjorden i Rogaland.

Selv om utviklingen av semilukkede sjøanlegg fortsatt er i tidlig fase, har oppdretterne store forventninger til at denne teknologien vil være en viktig del av teknologimiksen for å styrke bærekraftig vekst for næringen i årene fremover.

Investeringskalkylene for semilukkede anlegg i sjø er usikre, men et estimat basert på dialog med næringsaktører, ligger rundt 40-100 kr/kg investert kapasitet. Dette vil kunne variere fra konsept til konsept, og graden av lukking av anlegg er en av kostnadsdriverne.

Det er store forventninger til at en ny ordning med miljøteknologitillatelser vil være på plass i løpet av 2023/2024. Slike tillatelser vil sannsynligvis være en katalysator for flere investeringer i semilukkede/lukkede løsninger, da de vil ha krav om oppsamling av partikulært avfall og ingen lakselus i produksjonen.

Behov smolt/postsmolt

Som beskrevet i kapittel 6.1 Strømforhold og laksen, er laksens svømmekapasitet avhengig av faktorer som temperatur, laksens størrelse, helsetilstand og tid. En større smolt (postsmolt) vil klare seg bedre i strøm og bølger enn mindre smolt («standard» smolt 70-300 gram). Dette sannsynliggjør at næringen vil sette ut postsmolt i offshore oppdrettsanlegg.

Med utgangspunkt i en offshore matfiskproduksjon på 100.000 tonn/år, vil næringen måtte øke smoltproduksjonskapasiteten med ca. 4.527 tonn i året. Anslått investeringskost er om lag 300 kr/kg investert kapasitet, dvs. at det må investeres ca. 1,36 mrd. For et scenario med 140 000 tonn, må det investeres rundt 1,9 mrd.

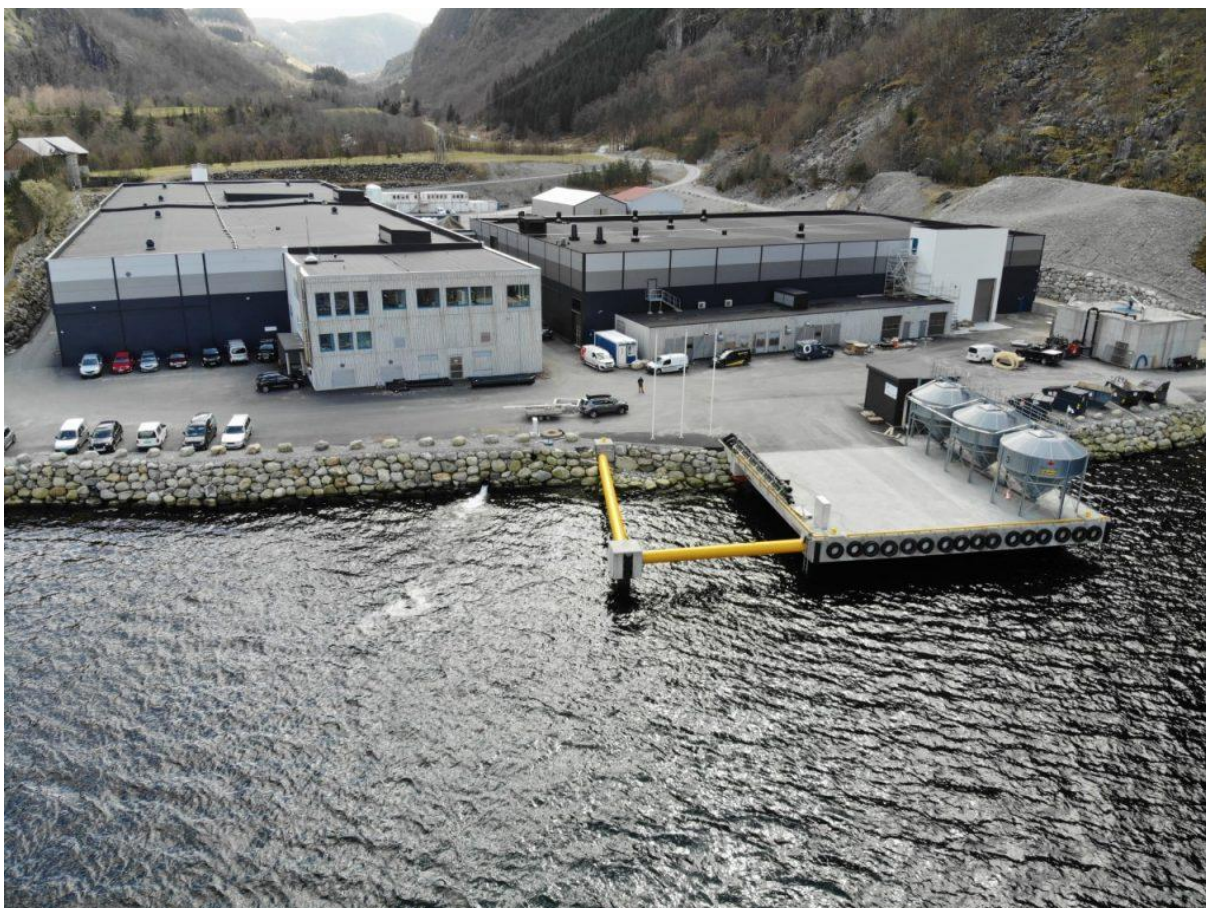
Scenarioene viser behovet for postsmolt for produksjon i Norskerenna sør er i intervallet 11.885-23.769 tonn. Investeringskalkyle for RAS-anlegg ligger på rundt 200 kr/kg. Dette vil lede til nye investeringer i landbaserte gjennomstrømningsanlegg eller RAS-anlegg på 2,4 – 4,75 mrd.

Tilgjengelig kapasitet i Rogaland

Oppdrettere i Rogaland var blant de første i landet til å ta i bruk en såkalt «postsmoltstrategi». Postsmolt trenger kortere tid i sjø til å oppnå slaktevekt og fisken er dermed eksponert for parasitter og sykdomsfremkallende organismer luss i en kortere periode. I tillegg blir det kortere intervaller mellom hver brakkleggingsperiode.

I dag bruker selskaper som Grieg Seafood, MOWI, Bremnes Seashore, Eidesvik Laks, Alsaker Fjordbruk og Erko m.fl. postsmolt som utgangspunkt for matfiskproduksjon i åpne sjøanlegg. Eksempelvis hadde Grieg Seafood Rogaland, i 2014 en gjennomsnittsvekt på 90 gram for smolt satt ut i sjøanlegg. I 2020 hadde gjennomsnittsvekten økt til ca. 400 gram og i 2025 håper selskapet å ha økt snittvekten ytterligere til 750 gram. Det meste av kapasiteten til disse selskapene er «låst» i den eksisterende oppdretts-strukturen (dvs. postsmolt for levering til tradisjonelt fjordoppdrett).

Tytlandsvik Aqua AS på Hjelmeland, er en av de største postsmoltprodusentene i Norge. Tytlandsvik Aqua eies blant annet av Bremnes Seashore og Grieg Seafood og har det siste året levert fisk på snittvekt på rundt 700 gram. Selskapet har ambisjoner om å øke snittvekten.



Figur 47 - Tytlandsvik Aqua. Landets største produsent av postsmolt fra RAS-anlegg lokalisert i Hjelmeland kommune, Rogaland.

Nye prosjekter

I tillegg til de etablerte anleggene, er flere prosjekter igangsatt eller under planlegging:

- Årdal Aqua AS, 15.000 tonn. Prosjektet er igangsatt, oppstart sept. 2024
- Fiskå, 15.000 tonn (Brødrene Nordbø AS). Tillatelse innvilget. Oppstart prosjektering i 2023/2024
- Ecofisk. Tillatelse innvilget på 40.000 tonn. Prosjektet foreløpig ikke igangsatt.
- Baring Farsund. Tillatelse innvilget på 24.000 tonn. Prosjektet foreløpig ikke igangsatt.
- Sauda Aqua har omsøkt en produksjon på 10.000 tonn postsmolt og venter på endelig avklaring fra sektormyndighetene.

Volumet fra disse anleggene er i varierende grad «låst» til eksisterende oppdrettsstruktur (dvs. postsmolt for levering til tradisjonelt fjordoppdrett). Etablering av offshore oppdrett vil kreve mer produksjonskapasitet, og aktivitet i Norskerenna sør kan/vil med høy sannsynlighet utløse flere investeringsbeslutninger de nærmeste årene.

13.4 Brønnbåtkapasitet

Operasjoner til havs stiller nye og høye krav til brønnbåtene som skal operere i områdene. I dialog med næringsaktørene fremgår det at alle operasjoner blir mer krevende til havs. Norsk Industri har sammen med næringsaktører nylig tatt initiativ for å lage en standard med funksjonskrav ved interaksjon mellom brønnbåter og HTH-konstruksjoner.

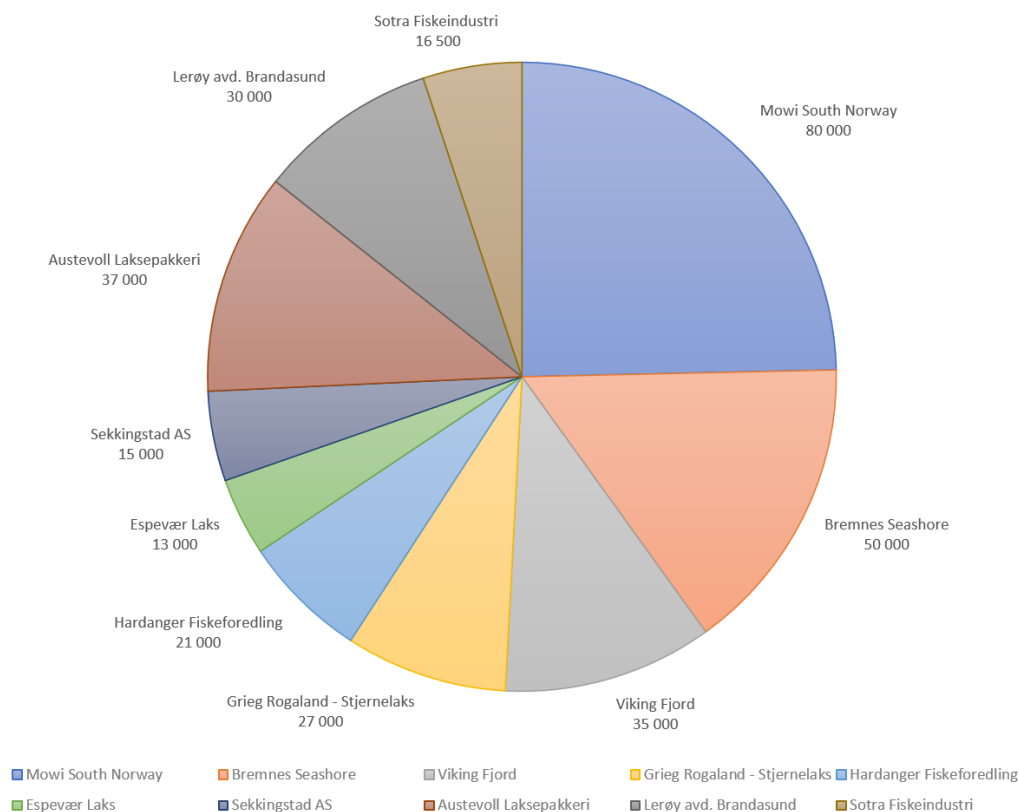
Beredskapsplaner og nødslakt kan være en av de dimensjonerende operasjonene som dimensjonerer fartøyets størrelse, hvilken kapasitet og utstyr en må ha om bord. Selv om en har 6-8 uker til å nødslakte et anlegg, kan dette allerede i dag ved kystnære lokaliteter være en

utfordring. Nødslakting kan bli en utfordring ved HTH pga. størrelsen på anleggene, lengre transporttid og potensielt korte værinduer, særlig om høsten og vinteren.

For brønnbåter som skal til havs vil de mest relevante teknologiske utviklingsstegene være størrelse, kapasitet og Dynamisk Posisjonering (DP). Noen av aktørene ser for seg en dobling i kapasitet av dagens største brønnbåter.

13.5 Slakteri og foredling

Havbruksnæringen på Sør-Vestlandet slakter i dag rundt 330 000 tonn i året fordelt på en rekke små og store slakterier langs kysten. Dette utgjør nærmere 24 prosent av den totale lakseproduksjonen i Norge. Det største slakteriet finner man på Hjelmeland i Rogaland hvor Mowi-Sør slakter rundt 80 000 tonn i året. Slakteriene representerer viktige arbeidsplasser for mange lokalsamfunn langs kysten. Figur 48 viser en oversikt over selskaper og produksjon i regionen.



Figur 48 - Selskaper med slakting og bearbeiding av laks, og estimat for råstoff volum i tonn.

Produksjonspotensialet for Norskerenna sør ligger i intervallet 70.-140.000 tonn og representerer et betydelig vekstpotensial for Sør-Vestlandet. Når laksen i offshore merdene er slakteklar, vil næringen hovedsakelig stå overfor to ulike valg når det gjelder transport til slakteri og videreforedling:

- **Slaktebåter** som henter laks ved offshore merd, bløgger og slakter fisk på båt før den går direkte ned til kontinentet for overlevering av fisk til de store prosesseringsanleggene i Europa.
- **Brønnbåter** henter slakteklar fisk fra offshore merder og går direkte inn til kysten for levering til slakteri og videreforedling.
- **Bløggébåter** som bløgger og eventuelt sløyer fisk direkte og transporterer avlivet fisk til videreforedling på prosesseringsanlegg på land.

De to siste alternativene vil sikre norske arbeidsplasser og at høyverdig restråstoff fra slakteri/foredling utnyttes i Norge. For Rogaland vil det være svært attraktivt å sikre at laksen fra Norskerenna sør prosesseres lokalt før den eksporteres. Klimaregnskapet for de ulike alternativene kan også forventes å bli en stadig viktigere driver for valg av løsninger for slakting, bearbeiding og transport.

13.6 Muligheter for leverandørindustrien i Rogaland

Prosjektering, utbygging og drift av Norskerenna sør vil skape muligheter for en bredde av store og små leverandører. På Sør-Vestlandet finner man i dag ledende teknologimiljøer fra havbruksnæringen, olje- og gass og maritim næring. Flere selskaper som tradisjonelt har levert til olje- og gass har de senere årene posisjonert seg for den forventede veksten innen havbruksnæringen. Disse selskapene ser at kompleksiteten i næringen øker, og at kompetansebasen selskapene sitter på fra olje- og gass er blitt mer relevant ettersom det stilles større krav til teknologi og anleggsdesign. Flere av selskapene på Sør-Vestlandet som satser mot HTH har samlet seg i klyngeorganisasjonen Stiim Aqua Cluster.

Klyngen har siden starten modnet et innovasjonsøkosystem hvor medlemmene finner sammen om å løse utfordringene næringen står overfor, og har tatt en ledende rolle i teknologiutviklingen ved å forene krefter fra miljøene som har bygget næringen de siste 40 årene, med globalt ledende teknologimiljøer fra olje- og gass/maritim sektor som omstiller seg mot havbruksnæringen. Klyngen har rundt 200 medlemmer og representerer en viktig katalysator for å lykkes med bærekraftig produksjon i havbruk til havs. Klyngen har sitt hovedsete i Stavanger.



Figur 49 – Medlemmer i klyngeorganisasjonen Stiim Aqua Cluster.

Utbygging og drift av Norskerenna sør vil kreve store investeringer i kapitalutstyr i hele verdikjeden og ringvirkingsnæringer. Scenarioanalysen leder til investeringer i verdikjeden knyttet til Norskerenna sør med ringvirkingsnæringer – målt i faste 2023 kroner – på 16 mrd i NOK i lavscenariot, 23 mrd. NOK i basisscenariot og 32 mrd. NOK i høyscenariot. Dette vil gi norske leverandører langs kysten et stort fremtidig marked å levere til. Det er i leverandørindustrien de fleste arbeidsplassene skapes, og det er her mye av innovasjons- og omstillingskraften ligger.

I prosjekter fra ordningen med utviklingstillatelser ser vi en rekke leverandører på tvers av havnæringene har arbeidet sammen med havbrukselskaper i innovasjonsprosesser på havbruksanlegg for eksponert havbruk. I figur 50 vises bredden av leverandører fra havnæringene som har levert teknologi og kunnskap til noen av prosjektene.



Figur 50 - Leverandører fra havnæringene har levert teknologi og kunnskap til prosjekter innen eksponert havbruk (Tveterås m.fl. 2020).

Internasjonale muligheter

Videre kan Norskerenna sør bidra til innovasjoner og utvikling av en leverandørindustri som kan eksportere teknologi og tjenester globalt. Globale megatrender er i favør havbruksnæringen. En økende verdensbefolkning trenger mer proteiner, og med begrenset mulighet for bærekraftig vekst i kjøttproduksjon og tradisjonelt fiskeri, ses akvakultur på som en av løsningene. En globalt voksende middelklasse etterspør sunne proteiner og en aldrende befolkning spiser mer fisk. Et lavere CO₂-avtrykk og mindre behov for ferskvann sammenlignet med andre former for matproduksjon, setter havbruk i en unik posisjon. Havbruksnæringen er en global vekstnæring, der Norge sitter i førersetet teknologisk og produksjonsmessig. Næringen er en av få eksportrettede sektorer hvor vi er verdensledende på forskningsbasert kunnskapsproduksjon og innovasjon¹¹¹.

Flere havnasjoner er i prosess med å utvikle egne offshore akvakulturstrategier, og leverandørselskaper i Norge har allerede begynt å levere tjenester inn mot prosjekter

¹¹¹ En konkurransedyktig og kunnskapsbasert havbruksnæring: Sammendrag, august 2019, Handelshøyskolen BI

internasjonalt. Når Norge kan utvikle et sterkt hjemmemarked for offshore havbruk teknologier, vil dette i neste omgang skape gode muligheter for eksport til et internasjonalt marked.

13.7 Regional FoU-kapasitet

Universitetet i Stavanger har en strategisk satsing rundt kompetansebygging og utdanning innen område havbruksteknologi. UiS har fagmiljøer på mange kunnskapsområder som er relevante for havbruk til havs, bl.a. offshore teknologi, digitalisering, biologi, miljø, risikostyring og økonomi. Universitetet er, sammen med et sterkt partnerskap i regionen, i gang og etablerer et felles senter for kompetansebygging og innovasjon innen grønne verdikjeder i havbruk. Det nye senteret vil ha et sterkt fokus på offshore akvakultur og kompetansebygging i hele verdikjeden for realisering av produksjonsvekst på Norskerenna sør. UiS fikk i 2022 tildelt støtte til senteret via Ulla-Førrefondet og Stavanger kommune. Universitetet vurderer også etablering av testområdet for eksponert akvakultur som skal legge til rette for en stegvis utvikling av havbruk til havs. En satsing rundt testlokasjoner vil kunne inngå som en sentral del av det nye senteret ved Universitetet.

NORCE er et uavhengig forskningsinstitutt med sterk tilstedeværelse i Rogaland, som leverer forskning, ny kunnskap og løsninger for bærekraftig havbruk. NORCE er involvert i en rekke prosjekter knyttet til havbruk til havs, og har relevant infrastruktur og kompetanse for å understøtte næringen i utviklingen av havbruk til havs. I tillegg har regionen et sterkt miljø hos Nofima, som er et ledende matforskningsinstitutt som driver forskning og utvikling for akvakulturnæringen, fiskerinæringen og matindustrien. Nofima er involvert i en rekke relevante forsknings- og utviklingsprosjekter som dekker hele verdikjeden for havbruk. Rogaland huser også Norges mest moderne opplæringscenter for havbruk ved Strand videregående i Strand kommune. Skolen har ca. 2000 kvm og utstyr for å gi elevene moderne og framtidsrettet opplæring innen RAS, moderne miljøovervåking, opplæring innen en rekke ulike arter og et svært godt samarbeid i opplæring med havbruksselskapene i regionen.

14 Forutsigbare rammebetingelser for investeringer i HTH

I dette kapitlet analyserer vi rammebetingelser for havbruk til havs med fokus på skatteregimet, primært gjennom investeringsanalyser.

14.1 HTH næringens behov for forutsigbarhet

Den nye HTH næringen har et særskilt behov for forutsigbare rammebetingelser grunnet de store investeringene, tidshorisonten til investeringsprosjektene og nye risikoelementer sammenlignet med konvensjonelt innaskjærs havbruk.

Det vil også være betydelig læring fra de første anleggene bygges og settes i drift, og læring med ulike konsepter. De som først etablerer seg ute i havet må forventes å pådra seg læringskostnader i form av høye investerings- og driftskostnader. Over tid vil kunnskapsbygging og innovasjon senke investeringskostnad og driftskostnad per kg produsert laks. Men de første investorene som bærer mye av læringskostnadene har et særskilt behov for forutsigbarhet. Det må også tas hensyn til behovet for å minimere sannsynligheten for alvorlige hendelser knyttet til anleggsstruktur, rømming av fisk og sykdom og tilfredsstillende standarder med høye krav¹¹², noe som kan kreve spesielt høye investeringskostnader for nye konsepter.

¹¹² Kamsvåg, Frode (2023). «Relevant regulations for Offshore aquaculture in Norway». DNV Technical Memo no 1764774, 13. April 2023.

Et HTH anlegg og den tilknyttede verdikjeden krever stor skala for å muliggjøre konkurransedyktige kostnader, da krevende værforhold, fiskevelferd og miljøhensyn krever en annen design og dimensjonering av anlegg enn i innaskjærs oppdrett. Produksjonsvolumet ut fra disse hensynene vil trolig ligge mellom 10.000 og 30.000 tonn. For å bygge en verdikjede som leverer 20.000 tonn matfisk, kan de totale investeringene bli på 4-5 milliarder kroner. Til sammenligning kan en konvensjonell innaskjærs verdikjede med samme produksjonsvolum kreve investeringer på 1-1,5 milliarder kroner. Prosjektperioden før anlegg settes i drift og får en positiv kontantstrøm blir også vesentlig lengre for HTH enn innaskjærs havbruk. Payback tiden for investeringene, altså tiden før akkumulert netto kontantstrøm blir null, blir dermed vesentlig lengre i HTH.

De høye «up front» investeringskostnadene og flere typer risiko knyttet til å starte produksjon i et nytt offshore havmiljø betyr at de som investerer må ha et høyt avkastningskrav. I tillegg blir det ekstra viktig å unngå politisk risiko på toppen av alle andre risikoelementer, spesielt skatterisiko. Et avkastningskrav rundt 10% synes rimelig for HTH, spesielt i den tidlige fasen.

14.2 Scenarioer for skatteregime

Staten innførte i 2023 en grunnrenteskatt i innaskjærs havbruk. Havbruk til havs er foreløpig ikke omfattet av grunnrenteskatten. Dette har skapt betydelig usikkerhet blant investorer. Vi vurderer følgende scenarier for HTH investeringsprosjekt, som er framstilt i Tabell 10 under:

Scenario 1: Staten har vanlig skatteregime for HTH (altså ikke grunnrenteskatt) og klarer å binde seg til masten slik at grunnrenteskatt ikke innføres i HTH prosjektets levetid.

Scenario 2: Staten innfører en ekte kontantstrømskatt fra år 0, med upfront fradrag for investeringskostnader.

Scenario 3: Staten har vanlig skatteregime for HTH (altså bare selskapsskatt, ikke grunnrenteskatt), men klarer ikke å binde seg til masten slik at grunnrenteskatt innføres i HTH prosjektets levetid etter 10 år uten at selskapet får mulighet til å trekke fra påløpte investeringskostnader mm.

Scenario 4: Staten innfører en modifisert kontantstrømskatt fra år 0, men denne har ikke upfront fradrag for investeringskostnader (skatteverdi av underskudd fremskrevet med risikofri rente).

Scenario 5: Staten har vanlig skatteregime for HTH (altså bare selskapsskatt, ikke grunnrenteskatt), og innfører grunnrenteskatt innføres i HTH prosjektets levetid etter 10 år. For å kompensere selskapene for investeringene som er gjennomført før innføringen av skatten gis et ekstra skattefradrag i år 10 lik nåverdien av de tidligere investeringskostnadene.

Siden en ekte kontantstrømskatt betyr at staten tar sin del av investeringskostnadene, så blir internrenten for havbruksselskapet i prosjektet den samme med og uten kontantstrømskatt. Det verste utfallet for et havbruksselskap er en innføring av grunnrenteskatt i prosjektets levetid. Da blir nåverdien betydelig redusert og ofte negativ, drevet av at selskapene ikke får fradrag for høye investeringskostnader i prosjektet. Samtidig gir en slik «opportunistisk» adferd fra staten også høyest grunnrenteskatteinntekter til staten. En slik «opportunistisk» atferd fra staten gjør skatten ikke-nøytral og har konsekvenser for investorers syn på fremtidige skatteendringer. Ved å tilby en kompensasjon for skatteeffektene av tidligere investeringer ved innføring av skatten vil skatten bli mer nøytral. Med riktig kompensasjon blir skatten tilsvarende nøytral som om kontantstrømskatten skulle blitt innført fra dag 1.

Tabell 10 - Skattescenarioer og rangering av selskapenes nåverdi og statens grunnrenteskatteinntekter.

Scenario	Internrente	Rangering - Nåverdi for selskap etter skatter	Rangering – nåverdi grunnrenteskatteinntekter for staten
1. Vanlig skatteregime	1 (høyest)	1 (høyest)	4 (lavest)
2. Ekte kontantstrømskatt	1 (høyest)	2	3
3. Først bare selskapsskatt, kontantstrømskatt etter 10 år	4 (lavest)	4	1 (høyest)
4. Kontantstrømskatt uten umiddelbart fradrag for CAPEX	3	3	2
5. Først bare selskapsskatt, kontantstrømskatt etter 10 år, men med kompensasjon for tidligere CAPEX	1 (høyest)	2	3

14.3 Skattescenarier for havbruk til havs: Numerisk eksempel

I dette avsnittet analyserer vi et investeringsprosjekt med ulike skatteregimer, med utgangspunkt i skattescenarioene i kapittel 14.2.

Vi analyserer et investeringsprosjekt for et havbruk til havs anlegg. Vi forutsetter at følgende gjelder for alle basisscenariet for alle skatteregimene: Laksepris på 75 NOK/kg rund vekt, produksjonskostnad (eks. investeringskostnader) på 45 NOK/kg. Diskonteringsrente (dvs. risikojustert avkastningskrav) er satt til 10 %, noe som må anses som rimelig med den risiko som ligger i denne type investeringsprosjekt. Det er på linje med eller lavere enn avkastningskravet i offshore petroleum investeringsprosjekter på norsk sokkel. Maksimal tillatt biomasse (MTB) er 15600 tonn, og vi antar et forholdstall produksjon/MTB 1,6 tonn, noe som gir en produksjon på 24.960 tonn per år ved full kapasitetsutnyttelse. Vi antar investeringskostnad (CAPEX) på 4500 mill. NOK, noe som innebærer at investeringer (CAPEX) per kg produsert er 180 NOK/kg. Prosjekterings- og byggeperioden er på tre år, og først etter dette får prosjektet en positiv årlig kontantstrøm. Satsen for grunnrenteskatten er 25%, og bunnfradraget er på 70 millioner kroner før skatt. Det bør påpekes at endringer i disse parameterverdiene vil endre lønnsomheten til prosjektet, men generelt ikke endrer rangeringen av de ulike skatteregimene når det gjelder nåverdi etter skatt og internrente.

Vi har også to alternative scenarier for laksepris på 65 og 85 NOK/kg rund vekt, og to alternative scenarier på CAPEX på 140 og 220 NOK/kg rund vekt. Hvis man antar at det er en lærings- og innovasjonsprosess så er det mulig å tenke at høy CAPEX er mer sannsynlig en tidlig fase mens lav CAPEX er mer sannsynlig i en mer moden fase. Tabell 11 viser alle scenarioene våre.

Tabell 11– Scenarioer med ulik laksepris og CAPEX.

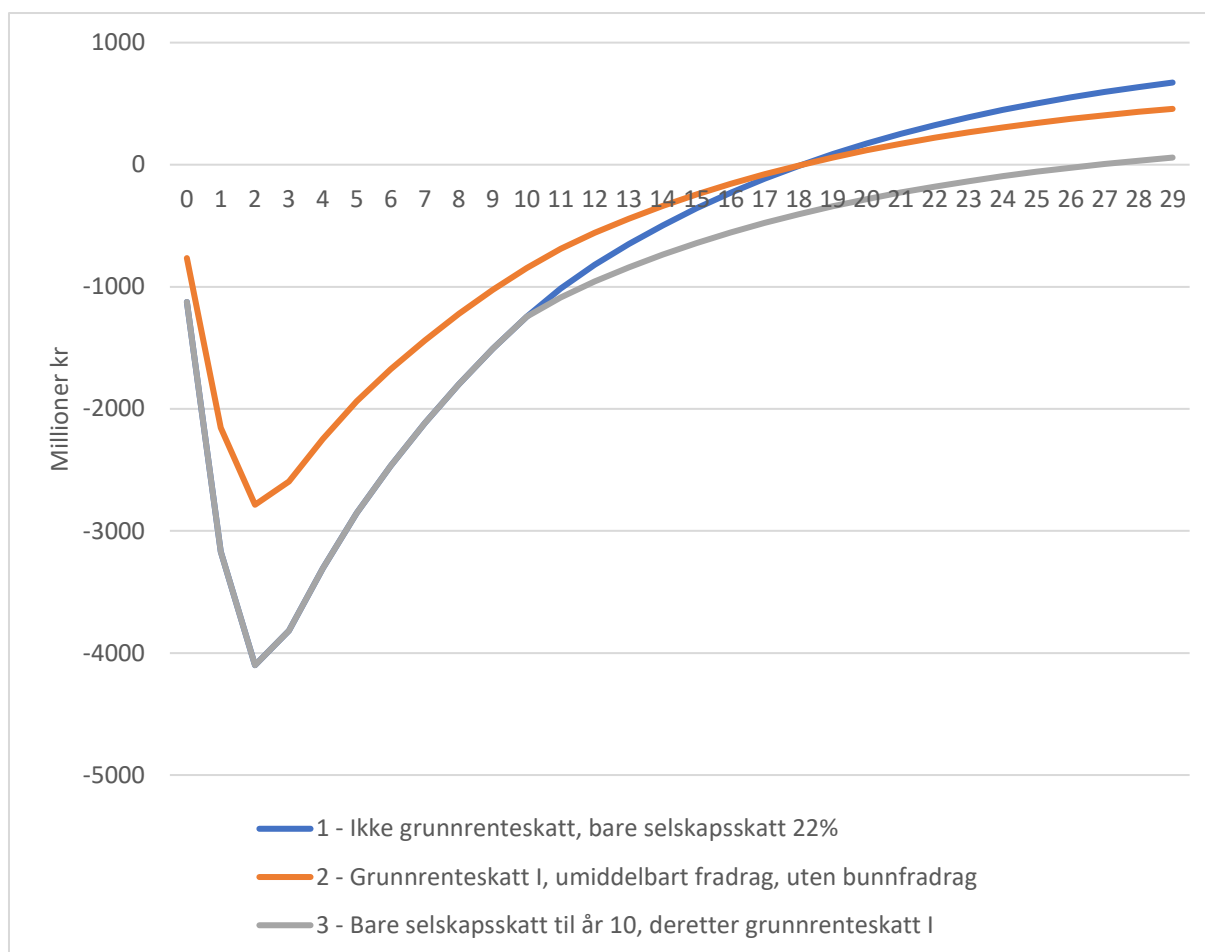
Laksepris	Basis	Lav pris	Høy pris	Basis Lav	Basis Høy	Lav pris Høy	Lav pris Lav	Høy pris Høy	Høy pris Lav	
CAPEX	Basis	Basis	Basis	CAPEX	CAPEX	CAPEX	CAPEX	CAPEX	CAPEX	
Parameterverdier										Måleenhet
Laksepris	75	65	85	75	75	65	65	85	85	NOK/kg rund vekt
Produksjonskostnad	45	45	45	45	45	45	45	45	45	NOK/kg rund vekt
Diskonteringsrente	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	Prosent
MTB	15600	15600	15600	15600	15600	15600	15600	15600	15600	tonn levende vekt

Produksjon/MTB	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	tonn rund vekt
Investeringskostnad (CAPEX)	4500	4500	4500	3500	5500	5500	3500	5500	3500	mill. NOK
Avledede variabelverdier										
Produksjon	24960	24960	24960	24960	24960	24960	24960	24960	24960	tonn rund vekt
CAPEX/kg produsert	180.29	180.29	180.29	140.22	220.35	220.35	140.22	220.35	140.22	NOK/kg rund vekt

Figur 51 viser nåverdi (dvs. neddiskontert netto kontantstrøm) av prosjektet for ulike år for skattescenarioene 1-3 og basisscenarioet for laksepris og CAPEX. Tabell 12 viser også slutt nåverdi og internrente av de ulike scenarioene, samt nåverdien av statens grunnrenteskatteinntekter. Scenario 4 og 5 er ikke med i figuren, men kurven til Scenario 4 sammenfaller i stor grad med scenario 3, og som vist i tabell 12 gir de en lignende effekt på nåverdien etter skatt.

Når nåverdikurven faller i figur 49 betyr det at det er en negativ kontantstrøm, og en stigende nåverdikurve betyr at kontantstrømmen er positiv. Når vi sammenligner scenario 1 (vanlig skatteregime, ikke grunnrenteskatt) og scenario 2 (kontantstrømskatt fra år 0, med upfront fradrag for investeringskostnader) ser vi at nåverdien blir null på samme tidspunkt (etter 18 år). Selskapet har mindre negativ netto kontantstrøm før dette tidspunktet fordi staten gir umiddelbart fradrag for investeringskostnadene, mens den positive kontantstrømmen blir lavere etter dette tidspunktet fordi staten da krever inn positiv kontantstrømskatt.

De andre skattescenarioene, altså scenarioene 3-5, har en vesentlig negativ effekt på nåverdien til prosjektet, noe som framgår av figur 49 for scenario 3 og tabell 6. Det mest ulønnsomme scenarioet er når det innføres en grunnrenteskatt etter at prosjektet har fått en positiv kontantstrøm. Da har selskapet ikke fått trukket fra investeringene på skatten, slik at selskapet bærer hele investeringskostnaden, mens staten tar en større andel av kontantstrømmen fra år 10.



Figur 51 - Nåverdi (dvs neddiskontert netto kontantstrøm) av prosjektet ved ulike skattescenarier for ulike år. Tall i millioner kr.

Tabell 12 viser at internrenten for skattescenario 1, 2 og 5 er identiske, fordi staten her i praksis er medinvestor og tar samme andel av investeringene som den tar av kontantstrømmen fra disse. Nåverdien blir bare lavere i scenario 2 og 5 sammenlignet med scenario 1 fordi det private investeringsprosjektet blir nedskalert. Skattescenarioene 3-4 viser derimot en vesentlig overføring av kontantstrømmen fra private investorer til staten, noe som er reflektert i internrenten og forholdet mellom nåverdien av kontantstrømmen som går til selskapene og nåverdien av skatteinntektene til staten.

Tabell 12 -- Nåverdi og internrente ved prosjektets slutt, samt nåverdi av statens grunnrenteskatteinntekter

Scenario	Nåverdi av selskap	Internrente	Nåverdi av grunnrenteskatt*
1	673.0	10.6 %	0.0
2	457.3	10.6 %	215.7
3	58.4	9.0 %	614.6
4	25.4	8.8 %	647.6
5	457.3	10.6%	215.7

* I tillegg kommer skatteinntekter fra ordinær selskapsskatt.

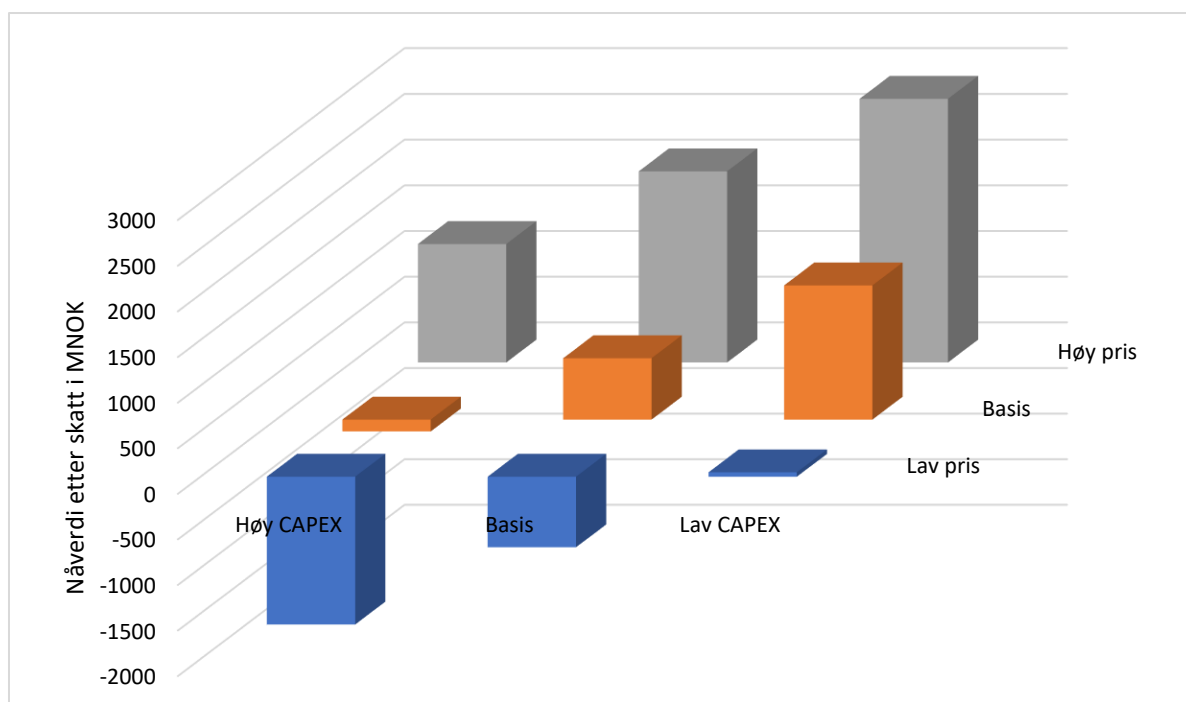
Vi ser så på ulike scenarioer for grunnrenteskatt, laksepris og CAPEX i sammenheng. Tabell 13 viste parameterverdiene for laksepris og CAPEX i ulike scenarier, mens tabell 12 viser utfall

når det gjelder nåverdi etter skatt for selskap, internrente etter skatt, og nåverdi av statens inntekter fra grunnrenteskatt. Når vi sammenligner et regime uten grunnrenteskatt (skattescenario 1) med ulike grunnrenteskatt regimer (skattescenario 2-5) ser vi at utforming og tidspunkt for innføring av grunnrenteskatt har store konsekvenser. En ekte kontantstrømskatt fra år 0, hvor selskapet kan trekke fra investeringskostnader umiddelbart, vil ikke påvirke internrenten i prosjektet og er egentlig bare en nedskalering av investeringsprosjektet for den private kapitalen fordi staten går inn som en medinvestor. Det samme gjelder ved en «korrekt» kompensasjon av tidligere investeringer ved innføring av grunnrenteskatt etter at investeringene er gjennomført (skattescenario 5). De to andre skattescenarioene har større effekter på nåverdi og internrente.

Tabell 13 - Ulike scenarioer for grunnrenteskatt, laksepris og CAPEX

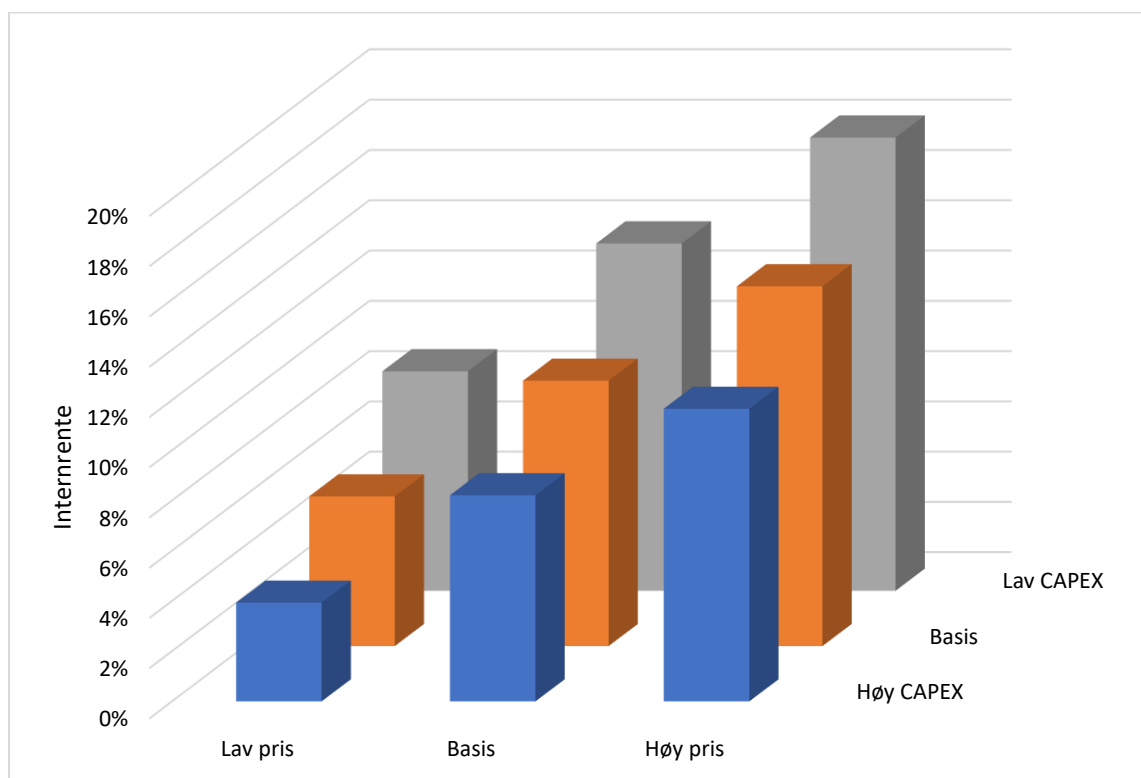
Laksepris	Basis	Lav	Høy	Basis	Basis	Lav	Lav	Høy	Høy
CAPEX	Basis	Basis	Basis	Lav	Høy	Høy	Lav	Høy	Lav
Nåverdi selskap i MNOK									
Skattescenario 1	673	-775	2091	1469	-130	-1622	48	1296	2884
Skattescenario 2	457	-526	1421	998	-88	-1102	33	881	1960
Skattescenario 3	58	-1195	1275	857	-747	-2063	-363	478	2071
Skattescenario 4	25	-1049	1038	698	-664	-1813	-327	374	1690
Skattescenario 5	457	-526	1421	998	-88	-1102	33	881	1960
Internrente									
Skattescenario 1	10.6 %	6.0 %	14.3 %	13.8 %	8.2 %	3.9 %	8.7 %	11.7 %	18.0 %
Skattescenario 2	10.6 %	6.0 %	14.3 %	13.8 %	8.2 %	3.9 %	8.7 %	11.7 %	18.0 %
Skattescenario 3	9.0 %	4.2 %	12.8 %	12.3 %	6.5 %	2.1 %	7.1 %	10.1 %	16.7 %
Skattescenario 4	8.8 %	5.0 %	12.1 %	11.6 %	6.8 %	3.4 %	7.3 %	9.8 %	15.3 %
Skattescenario 5	10.6 %	6.0 %	14.3 %	13.8 %	8.2 %	3.9 %	8.7 %	11.7 %	18.0 %
Nåverdi grunnrenteskatt MNOK									
Skattescenario 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Skattescenario 2	216	-248	670	471	-42	-520	15	415	924
Skattescenario 3	615	421	816	612	617	441	411	818	813
Skattescenario 4	648	274	1053	772	534	191	375	922	1194
Skattescenario 5	216	-248	670	471	-42	-520	15	415	924

Figur 52 viser nåverdi, altså neddiskontert netto kontantstrøm, av prosjektet ved ulike laksepriser og CAPEX, når det ikke er grunnrenteskatt (skattescenario 1). Majoriteten av scenarioene er positive. Det er verdt å merke seg at med en ekte kontantstrømskatt fra år 0 så vil vi få samme rangeringen av utfallene, men bare en nedskalering av kontantstrømmen fordi staten kan betraktes som en medinvestor.



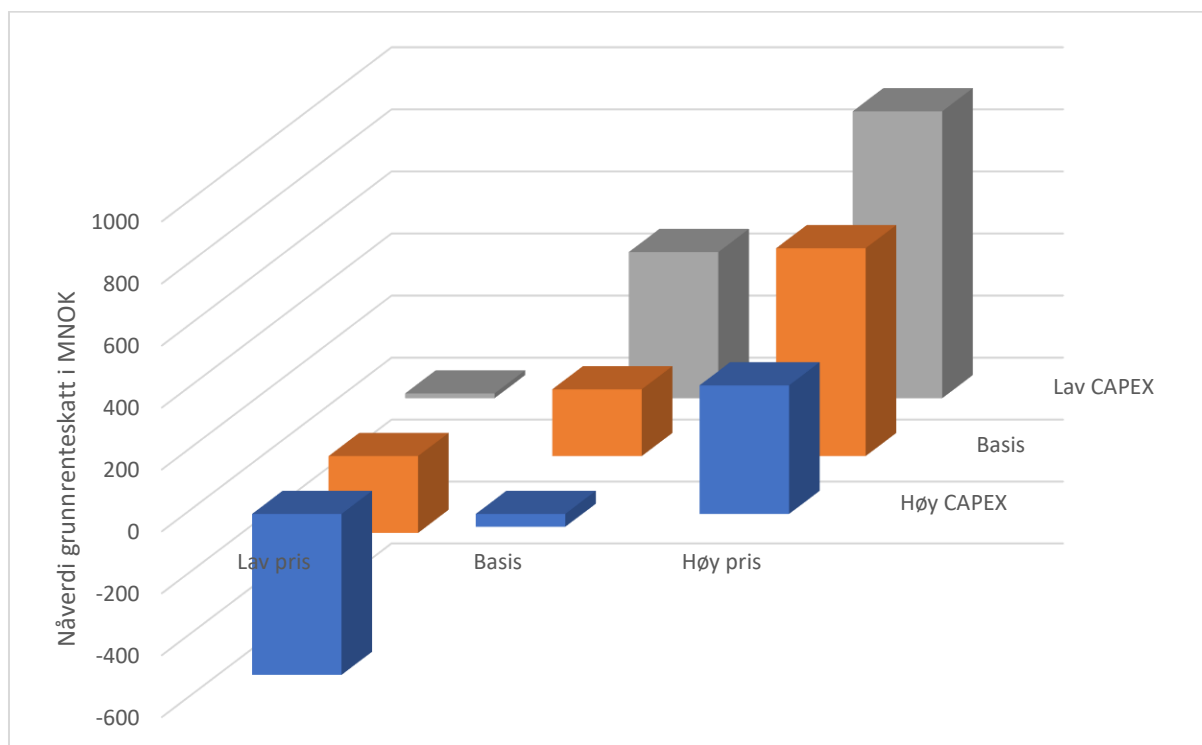
Figur 52 – Nåverdi (dvs neddiskontert netto kontantsstrøm) av prosjektet ved ulike laksepriser og CAPEX, uten grunnrenteskatt (skattescenario 1), i MNOK

Figur 53 viser internrente i prosjektet ved ulike laksepriser og CAPEX, uten grunnrenteskatt (Skattescenario 1) og med ekte kontantstrømskatt fra år 0 (Skattescenario 2). Internrenten blir identisk med og uten slik grunnrenteskatt fordi staten er en medinvestor. Selskapet får altså samme internrente, men en lavere nåverdi i kroner.



Figur 53 – Internrente i prosjektet ved ulike laksepriser og CAPEX, uten grunnrenteskatt (Skattescenario 1) og med ekte kontantstrømskatt fra år 0 (Skattescenario 2)

Figur 54 viser nåverdi av statens inntekter fra grunnrenteskatt med ekte kontantstrømskatt fra år 0 (Skattescenario 2) ved ulike laksepriser og CAPEX. Majoriteten av utfallene er positive. Det er viktig å merke seg at man har brukt avkastningskravet på 10% også i beregning av statens inntekter, noe som ligger over statens avkastningskrav. Nåverdien ville vært høyere for staten dersom man hadde brukt statens eget avkastningskrav.



Figur 54 – Nåverdi av statens inntekter fra grunnrenteskatt med ekte kontantstrømskatt fra år 0 (Skattescenario 2) ved ulike laksepriser og CAPEX

Det er all grunn til å anta at havbruk til havs gjennom innovasjon og læring vil bli en lønnsom næring både bedrifts- og samfunnsøkonomisk, hvor kapitalen kan få en konkurransedyktig risikojustert avkastning sammenlignet med alternativer og hvor staten kan få betydelige skatteinntekter. Ved innføring av kontantsstrømskatt fra år 0 kan man spør hvor stor nedside det er for staten hvis det likevel skulle vise seg at havbruk til havs av noen fundamentale årsaker ikke ble lønnsomt. Det er grunn til å tro at en slik læring vil komme tidlig i livsløpet til HTH, med begrensede akkumulerte totale investeringer. Ved ulønnsomhet vil det ikke foretas ytterligere investeringer, og dermed begrenses staten tap til de få prosjektene som har blitt iverksatt. Slik sett er nedsiderisikoen for staten begrenset. Sett i forhold til størrelsen på statsbudsjettet og størrelsen på statens formue representerer eventuelle negative skatteinntekter også begrensede verdier, og dermed begrenset risiko for staten å ta. Alternativt kan en grunnrenteskatt innføres på et senere tidspunkt på en slik måte at investorenes syn på prosjektenes lønnsomhet eller risiko ikke påvirkes. En slik innføring krever at investorene fullt ut kompenseres for tapt skatteverdi (i nåverdi) av tidligere investeringer under et annet skatteregime, på tidspunktet den nye skatten innføres.

Denne analysen viser at valg av skatteregime har store implikasjoner for lønnsomheten av investeringer i havbruk til havs prosjekter. Forutsigbarhet når det gjelder skattemessige rammebetingelser er avgjørende for at investorer ikke skal stå overfor en vesentlig usikkerhet. I tidligfasen, når HTH er på begynnelsen av læringskurven, er det allerede mye risiko knyttet til teknologisk og biologisk ytelse. Med det totale risikobildet er det spesielt viktig å skape

nødvendig trygghet for fiskale rammebetingelser som kan utløse investeringene i de første pilot prosjektene.

15 Anbefalinger for utvikling av Norskerenna sør

Utvikling av havbruksnæringen mot åpent hav representerer en av de virkelig store mulighetene for økt produksjonsvekst fra norsk havbruksnæring. Myndighetene har kommet langt i prosessen med å avklare rammene for havbruk til havs. Næringen er fortsatt i svært tidlig fase i utvikling av offshore havbruk, og studien viser at det er en rekke problemstillinger som skal løses på veien ut mot åpent hav. Dette gjelder forhold knyttet til fiskevelferd- og helse, biosikkerhet, miljø, teknologi og logistikk.

Men uten tilstrekkelig forutsigbarhet om skatteregime på de store investeringene som må gjøres i offshore oppdrettsanlegg, er det et åpent spørsmål om i hvilken grad og når HTH vil bli etablert i Norge. En avklaring som gir tilstrekkelig forutsigbarhet er derfor viktig.

Som studien viser vil en utbygging av Norskerenna-sør gi en unik mulighet for økt produksjon av laks, samt betydelig aktivitet i leverandørindustrien. Hvis næringen lykkes med utbygging av Norskerenna-sør vil dette skape betydelig aktivitet for en region som på litt lenger sikt er avhengig av å lykkes med omstilling fra olje- og gass til nye industrielle satsinger som kan konkurrere i et globalt marked.

Denne studien har pekt på flere muligheter og problemstillinger i det videre arbeidet med å utvikle Norskerenna sør som et fremtidig havbruk til havs området. Målet med studien har også vært å skape større interesse for en utbygging av Norskerenna sør, samt å gi anbefalinger for tiltak som vil forsere og øke sannsynligheten for at området bygges ut. Nedenfor følger anbefalinger for hvordan næringen, myndigheter og FoU-aktører kan arbeide sammen for å styrke dette arbeidet fremover:

1. **Strømmålinger og modelleringer:** Det anbefales å utføre målinger av værdata som vannstrøm, bølger, temperatur og miljødata som påvirker fiskens velferd, som oksygen og salinitet i Norskerenna sør, for å fremskaffe eksakte data om miljøforholdene i området. Havforskningsinstituttet (HI) anbefaler også at det blir utført slike målinger før en bygger ut området.

Innsamling av data er en viktig del av forberedelsene for planlegging av havbruk til havs, deriblant innen fiskevelferd og fisketilvekst, smittespredning, planlegging av operasjoner og dimensjonering av anlegg. Sammen med myndighetenes pågående regelverksarbeid for havbruk til havs, er måling av miljøverdier avgjørende for bærekraftig utvikling av havbruk til havs.

Disse dataene bør gjøres offentlig tilgjengelig og har en høy nytteverdi for mange aktører innen havbruk til havs, som oppdrettsselskaper, brønnbåt- og servicebåtrederier og utstyrsleverandører. I tillegg har det en verdi for andre som Kystverket / Sjøtrafikksentraltjenesten – Vessel Traffic Service (VTS) som kan benytte dataene til å planlegge effektiv og sikker skipstransport, for monitorering av havmiljø (Miljødirektoratet, NVE) med flere.

Forskningsinstitusjoner som Universitetet i Stavanger vil dra nytte av dette arbeidet, i forbindelse med deres ny oppstartede Senter for havbruksteknologi og i Ocean Technology

Innovation Cluster Stavanger (OTICS) senteret, både i forskning og undervisning, hvor næringsaktørene vil være involverte sammen med universitetet. Havforskningsinstituttet vil få verdifull kunnskap fra nye data som er relevante i forhold til fiskevelferd og smitte, og kan sammen med Meteorologisk Institutt oppdatere sine operasjonelle havvarsler med flere målepunkter.

Gode måledata vil bidra til et godt beslutningsgrunnlag for bedrifter som ønsker å investere og utvikle teknologi i havbruk til havs. Rogaland har allerede flere teknologibedrifter som satser på havbruk til havs, deriblant Blår, Moreld Aqua og Blue Farm.

2. **Verdikjedeforum for Norskerenna-sør:** Utvikling av havbruk til havs fordrer et bredt samarbeid mellom næringen, myndigheter og FoU-aktører. For å kunne styrke kunnskapsdeling og samhandling på tvers av bedrifter i verdikjeden, samt opp mot myndigheter og FoU-aktørene, bør det etableres et offentlig og privat finansiert prosjekt «Verdikjedeforum for Norskerenna-sør». Dette handler også mer bredt om å utvikle en internasjonalt konkurransedyktig og ledende regional verdikjede for HTH, som kan eksportere varer og tjenester globalt. Aktuelle temaer for dette prosjektet er å vurdere tiltak for hvordan konkurransekraften til norsk leverandørindustri kan styrkes gjennom standardisering, sertifisering, fabrikkasjonsvennlig design, krav til kompetanse for operatører av havbruksanlegg, pilotprosjekter, kunde-leverandør allianser etc. I tillegg samarbeid rundt:
 - a. Felles FoU-prosjekter for å tette kunnskapshull i utviklingen av havbruk til havs
 - b. Utrede utbyggings- og driftsmodeller som ivaretar hensyn til fiskehelse, biosikkerhet, miljø og lønnsomhet, sikrer kontinuerlig drift og helårlig aktivitet for eksempelvis slakteri og foredling, og sikrer fisk i perioder der det er lavere volum i innaskjærs havbruk
 - c. Markedskartlegging internasjonalt for teknologileverandører som har ambisjoner om å ta teknologien ut til andre regioner internasjonalt som satser innen offshore akvakultur
 - d. Etablere felles læringssenter for leverandører og havbruksselskaper om havbruk til havs med privat og offentlig samfinansiering
3. **Sameksistens på Norskerenna sør.** Bidra til god sameksistens med andre sektorer som har interesse på Norskerenna sør. Særlig opp mot fiskerisektoren er det viktig å sikre tidlig dialog rundt bruk av området, og en felles arena for fremtidig planlegging. I tillegg vil det være viktig med dialog opp mot kystverket rundt sjøtrafikken i og rundt området. Sameksistens mot havvind vil være av stor interesse for begge sektorene på sikt. Dette muliggjør økt utnyttelse av større næringsarealer avsatt på norsk sokkel for to av landets fremste vekstnæringer.

16 Referanser

- Aldrin, M., Storvik, B., Frigessi, A., Viljugrein, H., & Jansen, P. A. (2010). A stochastic model for the assessment of the transmission pathways of heart and skeleton muscle inflammation, pancreas disease and infectious salmon anaemia in marine fish farms in Norway. *Preventive Veterinary Medicine*, 93(1), 51–61. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2009.09.010>
- I. Andreassen, «Skånsom og hurtig gir best fillet,» 2012. [Online]. Tilgjengelig: <https://forskning.no/fangst-nofima-partner/skansomt-og-hurtig-gir-best-filet/669660>
- Arbeidsmiljø og sikkerhet i havbruk. En brosjyre fra Fellesforbundet, Fiskeri- og havbruksnærings landsforening og Arbeidstilsynet.* (u.å.). [Brosjyre]. Arbeidstilsynet, Fellesforbundet, Fiskeri- og havbruksnærings landsforening. https://sjomatorge.no/wp-content/uploads/2014/04/Arbmiljo_havbruk.pdf
- Bang Jensen, B., Dean, K. R., Huseby, R. B., Aldrin, M., & Qviller, L. (2021). Realtime case study simulations of transmission of Pancreas Disease (PD) in Norwegian salmonid farming for disease control purposes. *Epidemics*, 37, 100502. <https://doi.org/10.1016/j.epidem.2021.100502>
- Berge, A. (2019, november 11). Varmere hav er dårlig nytt for oppdrettslaksen. *iLaks*. <https://ilaks.no/varmere-hav-er-darlig-nytt-for-oppdrettslaksen/>
- Bjørndal, T., & Tusvik, A. (2018). Økonomisk analyse av alternative produksjonsformer innan oppdrett. SNF rapport 07/18. Bjørndal, T. and A. Tusvik (2019). Economic analysis of land based farming of salmon, *Aquaculture Economics & Management*, 23(4), 449-475. Bjørndal, T. and A. Tusvik (2020). Economic analysis of on-growing of salmon postsmolts, *Aquaculture Economics & Management*, <https://doi.org/10.1080/13657305.2020.1737272>.
- Blomgren, A.; Fjelldal, Ø.M., Quale, C.; Misund, B., Tveterås, R., og B.H. Kårtveit (2019). Kartlegging av investeringer i fiskeri og fangst, akvakultur og fiskeindustri, 1970 – 2019. NORCE Rapport 2019/12. <https://norceresearch.brage.unit.no/norceresearch-xmlui/handle/11250/2621211>
- Bruserud, K., & Haver, S. K. (2017). Uncertainties in current measurements in the northern North Sea. 855-876. <https://doi.org/10.1175/JTECH-D-16-0192.1>
- Bærekraft i havbruk.* (u.å.). Hentet 9. august 2023, fra <https://www.barentswatch.no/havbruk/arbeidsskader>
- Disse får første dispensasjon fra Mattilsynet for automatisk lusetelling.* (2020, november 24). Fiskeribladet | Nyheter Om Fiskeri Og Havbruk. <https://www.fiskeribladet.no/tefkisk/disse-far-forste-dispensasjon-fra-mattilsynet-for-automatisk-lusetelling/2-1-918013>
- Drønen, O.A.: Mattilsynet om manuell lusetelling: - Ønskelig å fase ut.* (2022, september 7). <https://www.kyst.no/automatisk-lusetelling-lusetelling-mattilsynet/mattilsynet-om-manuell-lusetelling-onskelig-a-fase-ut/1427646>
- Dårlig fiskehelse gjør at oppdrettslaks dør etter avlusing.* (u.å.). Havforskningsinstituttet. Hentet 9. august 2023, fra <https://www.hi.no/hi/nyheter/2022/mai/darlig-fiskehelse-gjor-at-oppdrettslaks-dor-etter-avlusing>
- Erfaringsbase om rømming.* (u.å.). Fiskeridirektoratet. Hentet 9. august 2023, fra <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/erfaringsbase-romming>
- Å. M. Espmark og Nofima, «Trenging og pumping av levende og sløyd fisk,» [Online]. Tilgjengelig: https://sjomatorge.no/wpcontent/uploads/importedfiles/Asa_Espmark_Trenging.pdf
- Etableringsøknader – saksbehandling i tilsynet. Retningslinje til behandling av søknader etter forskrift 17. Juni 2008 nr. 823 om etablering og utvidelse av akvakulturanlegg, zoobutikker m.m. (Retningslinje 2014/30636-10; s. 29).* (2022). Mattilsynet. https://www.mattilsynet.no/fisk_og_akvakultur/akvakultur/akvakulturanlegg/retningslinje_ved_saksbehandling_av_etableringsoknader.16319/binary/Retningslinje%20ved%20saksbehandling%20av%20etablerings%C3%B8knader

Fish welfare in offshore salmon aquaculture—Hvas—2021—Reviews in Aquaculture—Wiley Online Library. (u.å.). Hentet 9. august 2023, fra <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/raq.12501>

Fiskeridirektoratet. Lønnsomhetsundersøkelse for laks og regnbueørret. <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Statistiske-publikasjoner/Loennsomhetsundersokelser-for-laks-og-regnbueorret>.

Forskning og utvikling for realisering av havbruk til havs. Innspill til strategiske prioriteringer mot 2040. Første versjon. (2022). SINTEF. https://www.sintef.no/globalassets/sintef-ocean/a4_havbruk-til-havs_korrektur3.pdf

Handeland, S. O., Imsland, A. K., & Stefansson, S. O. (2008a). 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(1), 36–42. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.06.042>

Gismervik, K., A. Østvik, and H. Viljugrein (2016) Pilotflåte Helixir- dokumentasjon av fiskevelferd og effekt mot lus. Del 1 uten legemiddel, in Veterinærinstituttets rapportserie 15- 2016, Veterinærinstituttet: Oslo. p. 45

Glaropoulos, A., Stien, L. H., Folkedal, O., Dempster, T., & Oppedal, F. (2019). Welfare, behaviour and feasibility of farming Atlantic salmon in submerged cages with weekly surface access to refill their swim bladders. *Aquaculture*, 502, 332–337. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.12.065>

Havstraumane kan frakte lakselusa inn til kysten. (u.å.). Havforskningsinstituttet. Hentet 9. august 2023, fra <https://www.hi.no/hi/nyheter/2020/april/havstraumane-kan-frakte-lakselusa-inn-til-kysten>

Hilbig, R., Anken, R. H., Bauerle, A. & Rahmann, H. (2002) Susceptibility to motion sickness in fish: a parabolic aircraft flight study. *Journal of gravitational physiology: a journal of the International Society for Gravitational Physiology* 9(1), P29-30.

Holmen, I. M., Utne, I. B., & Haugen, S. (2021). Identification of safety indicators in aquaculture operations based on fish escape report data. *Aquaculture*, 544, 737143. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737143>

Huserbråten, M., Ådlandsvik, B., Bergh, Ø., Grove, S., Karlsen, Ø., Taranger, G. L., Qviller, L., Dean, K. R., Jensen, B. B., & Johnsen, I. A. (2020). *Endret lokalitetsstruktur i produksjonsområde 3—Vurdert virkning på spredning av lakselus, pankreassykdom og infektøs lakseanemi* (Rapport fra havforskningen 2020-12). <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2020-12>

Huserbråten, M., Ådlandsvik, B., Bergh, Ø., & Johnsen, I. A. (2020). Lokalitetsstruktur i produksjonsområde 4—Med fokus på forholdene i Nordfjord-Frøysjøen (Rapport fra havforskningen 2020-48). Havforskningsinstituttet. <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2020-48>

Hvas, M. (2022). Swimming energetics of Atlantic salmon in relation to extended fasting at different temperatures. *Conservation Physiology*, 10(1), coac037. <https://doi.org/10.1093/conphys/coac037>

Hvas, M., Folkedal, O., Imsland, A., & Oppedal, F. (2017a). The effect of thermal acclimation on aerobic scope and critical swimming speed in Atlantic salmon, *Salmo salar*. *The Journal of Experimental Biology*, 220(Pt 15), 2757–2764. <https://doi.org/10.1242/jeb.154021>

Hvas, M., Folkedal, O., & Oppedal, F. (2019). *Havbasert oppdrett – hvor mye vannstrøm tåler laks og rensefisk?—Fiskevelferd og grenseverdier* (Rapport fra havforskningen 2019-37). <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2019-37>

Hvas M, Folkedal O, Oppedal F (2021) What is the limit of sustained swimming in Atlantic salmon post smolts?. *Aquacult Environ Interact* 13:189-198. <https://doi.org/10.3354/aei00401>

Hvas, M., Folkedal, O., Solstorm, D., Vågseth, T., Fosse, J. O., Gansel, L. C., & Oppedal, F. (2017). Assessing swimming capacity and schooling behaviour in farmed Atlantic salmon *Salmo salar* with experimental push-cages. *Aquaculture*, 473, 423–429. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.03.013>

Hvas, M., Folkedal, O. and Oppedal, F. (2021), Fish welfare in offshore salmon aquaculture. *Rev. Aquacult.*, 13: 836-852. <https://doi.org/10.1111/raq.12501>

Holmen, I. M., Utne, I. B., & Haugen, S. (2021). Identification of safety indicators in aquaculture operations based on fish escape report data. *Aquaculture*, 544, 737143. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737143>

Hvordan arbeider vi med rømming? (u.å.). Fiskeridirektoratet. Hentet 9. august 2023, fra <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Drift-og-tilsyn/Roemming>

Hvordan hindrer vi at oppdrettslaks rømmer? (u.å.). SINTEF. Hentet 9. august 2023, fra https://www.sintef.no/fagomrader/havbruk/romming_fisk/

Infeksiøs lakseanemi—Strategi for framtidig bekjempelse. Grunnlag for beslutning om bekjempelsesplan. (2020). Mattilynet.

https://www.mattilsynet.no/fisk_og_akvakultur/fiskehelse/fiske_og_skjellsykdommer/ila/rapport_infeksiøs_lakseanemi_strategier_for_fremtidig_bekjempelse.41380/binary/Rapport%20Infeksi%C3%B8s%20lakseanemi%20-%20strategier%20for%20fremtidig%20bekjempelse

Risikovurderinger av farlige operasjoner i havbruk. (u.å.). SINTEF. Hentet 11. august 2023, fra <https://www.sintef.no/publikasjoner/publikasjon/1773762/>

W. A. Hægermark, «Stress ned laksen - øk kvaliteten,» 2012. [Online]. Tilgjengelig: https://forskning.no/nofima-partner-fisk/stress-ned-laksen---okkvaliteten/727669?fbclid=IwAR3DzBnatp_GiKVEPCJSD8PdXQe2wYqZpVUWVvK2ZbLZhzeFosjipiQLpQM

Iversen, A., Hermansen, Ø., Nystøyl, R., & Hess, E. J. (2017). Kostnadsutvikling i lakseoppdrett – med fokus på fôr- og lusekostnader (24/2017).

Iversen, M. & Eliassen, R. (2012) Stressovervåkning av settefiskproduksjonen i Mainstream Norway AS 2009 - 2011. Stresskartlegging av laksesmolt (*Salmo salar* L.), og effekten av stressreducerende tiltak på stressnivå, dyrevelferd og produksjonsresultatet. UiN-rapport nr 05/2012. pp. 54

Iversen, M. H. (u.å.). Stress hos laks. Effekten av stressreducerende tiltak på dyrevelferd og produksjonsresultatet. <https://tekmar.no/wp-content/uploads/2016/08/Martin-Iversen-Stress-hos-laks.pdf>

Johannesen, Á., Patursson, Ø., Kristmundsson, J., Dam, S. og P. Klebert (2020). How caged salmon respond to waves depends on time of day and currents. *PeerJ* 8, e9313.

Johansen, U., Bull-Berg, H., Vik, L. H., Stokka, A. M., Richardsen, R., & Winther, U. (2019). The Norwegian seafood industry – Importance for the national economy. *Marine Policy*, 110, 103561. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.103561>

Ulf Johansen, U., Myhre, M.S, Young, E. & Richardsen, R. (2022) «Nasjonal betydning av sjømatnæringen». Sintef rapport 2022:00876. Trondheim

Johansen, U., Nistad, A. A., Ziegler, F., Mehta, S., Langeland, M., Wocken, Y., & Hognes, S. H. (2022). *Greenhouse gas emissions of Norwegian salmon products* (2022:01198; s. 93). Sintef Ocean. https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/bitstream/handle/11250/3044084/Rapport_klimafotavtrykk.pdf?sequence=1

Jónsdóttir, K.E., Hvas, M., Alferdsen, J.A., Føre, M., Alver, M.O., Bjelland, H.V. og F. Oppedal (2019). Fish welfare based classification method of ocean current speeds at aquaculture sites. *Aquaculture Environment Interactions*, 11, 249-261.

Jónsdóttir, Kristbjörg & Hvas, Malthe & Alfredsén, Jo Arve & Føre, Martin & Alver, Morten & Bjelland, HV & Oppedal, Frode. (2019). Fish welfare based classification method of ocean current speeds at aquaculture sites. *Aquaculture Environment Interactions*. 10.3354/aei00310.

Kongsvik, T., Holmen, I. M., Rasmussen, M., Størkersen, K. V., & Thorvaldsen, T. (2018). Sikkerhetsstyring i havbruk. En spørreskjemaundersøkelse blant ledelse og stabspersonell. (s. 60). SINTEF Fiskeri og Havbruk

(SINTEF Ocean). <https://samforsk.no/uploads/files/Publikasjoner/Rapport-Kongsvik-et-al-2018-HMSstyring-blant-ledelseRev.pdf>

Kornstørrelse. (u.å.). Hentet 11. august 2023, fra <https://www.ngu.no/Mareano/Kornstørrelse.html>

Kullgren, A., Jutfelt, F., Fontanillas, R., Sundell, K., Samuelsson, L., Wiklander, K., Kling, P., Koppe, W., Larsson, D. G. J., Björnsson, B. T., & Jönsson, E. (2013). The impact of temperature on the metabolome and endocrine metabolic signals in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 164(1), 44–53. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2012.10.005>

Laksen bruker mer energi på å svømme når havet blir varmere. (2022, oktober 12). <https://forskning.no/fisk-fiskehelse-havet/laksen-bruker-mer-energi-pa-a-svomme-nar-havet-blir-varmere/2082119>

Laksen er en god maratonsvømmer. (u.å.). Havforskningsinstituttet. Hentet 9. august 2023, fra <https://www.hi.no/hi/nyheter/2021/oktober/laksen-er-en-god-maratonsvommer>

Løland, PhD, 1991. Current forces on and flow through fish farms., <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3A241fb0a9-8fe2-4fa5-9de5-4d01cd4941b1>

Mattilsynet, 2021. Hendelser med negativ effekt på fiskevelferd. https://www.mattilsynet.no/fisk_og_akvakultur/akvakultur/krav_til_opptak_og_haandtering_av_dodfisk_i_oppd_rettssanlegg.33039

Mattilsynet fjerner vilkår rundt lusetelling: – Det er et kraftig signal. (2022, september 9). IntraFish.No | De Siste Nyhetene Om Oppdrettsnæringen. <https://www.intrafish.no/fiskehelse/mattilsynet-fjerner-vilkar-rundt-lusetelling-det-er-et-kraftig-signal/2-1-1293091>

Mattilsynet. Veiledning om krav til god fiskevelferd ved slakteri for akvakulturdyr, Mattilsynet 2022

Etableringsøknader – saksbehandling i tilsynet. Retningslinje til behandling av søknader etter forskrift 17. Juni 2008 nr. 823 om etablering og utvidelse av akvakulturanlegg, zoobutikker m.m. (Retningslinje 2014/30636-10; s. 29). (2022). Mattilsynet. https://www.mattilsynet.no/fisk_og_akvakultur/akvakultur/akvakulturanlegg/retningslinje_ved_saksbehandling_av_etableringsoknader.16319/binary/Retningslinje%20ved%20saksbehandling%20av%20etablerings%C3%B8knader

Noble, C., Nilsson, J., Stien, L. H., Iversen, M. H., Kolarevic, J. & Gismervik, K. (2018). Velferdsindikatorer for oppdrettslaks: Hvordan vurdere og dokumentere fiskevelferd. 312 pp

Nodland, E. (2015, oktober 14). - Trenging stresser mer enn pumping. *iLaks*. <https://ilaks.no/trenging-stresser-mer-enn-pumping/>

Ny doktorgrad om laksens liv i havet | UiT. (u.å.). Hentet 9. august 2023, fra https://uit.no/nyheter/artikkel?p_document_id=595406

Ny kunnskap om Altalaksens vandringsruter i havet | UiT. (u.å.). Hentet 9. august 2023, fra https://uit.no/nyheter/artikkel?p_document_id=575213

Nærings- og Fiskeridepartementet. Strategi mot rømming fra akvakultur. Oppdrett til havs: Lite strøm kan lage kluss. (u.å.). Havforskningsinstituttet. Hentet 9. august 2023, fra <https://www.hi.no/hi/nyheter/2023/mai/oppdrett-til-havs-lite-strom-kan-lage-kluss>

Ottesen, D., Bøe, R., & Rise, L. (2000). Overflatesedimenter på Nordsjøplatået, Egersundbanken og i Norskerenna utenfor Sørvest-Norge (99.084; s. 42). <https://www.ngu.no/publikasjon/overflatesedimenter-pa-nordsjoplatat-eggersundbanken-og-i-norskerenna-utenfor-sorvest>

Paulsen, N. (2018). Skottelus (*Caligus elongatus*). En litteraturgjennomgang. FISK399-K Masteroppgave i fiskehelse. [Universitetet i Bergen]. https://src.w.uib.no/files/2018/11/MSc-Caligus-elongatus_Nina-Paulsen-2018.pdf

Rapport Infeksiøs lakseanemi—Strategier for fremtidig bekjempelse | Mattilsynet. (u.å.). Hentet 9. august 2023, fra https://www.mattilsynet.no/fisk_og_akvakultur/fiskehelse/fiske_og_skjellsykdommer/ila/rapport_infeksios_lakseanemi_strategier_for_fremtidig_bekjempelse.41380

Richardsen, R., Myhre, M.S., Bull-Berge, H. & Grindvoll, I.L.T. (2018). Nasjonal betydning av sjømatnæringen. Sintef rapport 2018:00627. Trondheim.

Richardsen, R., Myhre, M. S., Tyholt, I. L., & Ulf Johansen. (2019). *Nasjonal betydning av sjømatnæringen. En verdiskapings- og ringvirkningsanalyse med data fra 2017 og 2018* (2019:00469; s. 48). Sintef Ocean AS. https://www.sintef.no/globalassets/sintef-ocean/pdf/nasjonal-verdiskapning_2018tall_endelig_200619.pdf

RSPCA. RSPCA UK (2021). RSPCA welfare standards for farmed Atlantic salmon. Standards accessed via <https://science.rspca.org.uk/sciencegroup/farmanimals/standards/salmon>

Rømmingsstatistikk. (u.å.). Fiskeridirektoratet. Hentet 9. august 2023, fra <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Rømmingsstatistikk>

Sandberg, M., m. fl.: *Drift av eksponerte oppdrettslokaliteter—Hvor trykker skoen?* (2018, mars 17). <https://www.kyst.no/drift-av-eksponerte-oppdrettslokaliteter-hvor-trykker-skoen/188671>

Sandberg, M. G., Lien, A. M., Sunde, L. M., Størkersen, K. V., Stien, L. H., & Willumsen, F. V. (u.å.). Drift av eksponerte oppdrettslokaliteter – hvor trykker skoen. *Norsk fiskeoppdrett*, 6.

Solstorm, F., Solstorm, D., Oppedal, F., Fernö, A., Fraser, T. W. K. & Olsen, R. E. (2015). Fast water currents reduce production performance of post-smolt Atlantic salmon *Salmo salar*. *Aquaculture Environment Interaction* 7, 125–134

Solstorm, F. (2015). The effect of water currents on post-smolt Atlantic salmon, (*Salmo Salar* (L.)) A welfare approach to exposed aquaculture. [Universitetet i Bergen]. <https://bora.uib.no/bora-xmloi/bitstream/handle/1956/16129/dr-thesis-2017-Frida-Solstorm.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Standard Norge, "NS9415:2021, Flytende akvakulturanlegg - Lokalitetsundersøkelse, prosjektering, utførelse og bruk," 2021.

Stige, L. C., Helgesen, K. O., Viljugrein, H., & Qviller, L. (2021). A statistical mechanistic approach including temperature and salinity effects to improve salmon lice modelling of infestation pressure. *Aquaculture Environment Interactions*, 13, 339–361. <https://doi.org/10.3354/aei00410>

Strategi mot rømming. (u.å.). Fiskeridirektoratet. Hentet 9. august 2023, fra <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Drift-og-tilsyn/Rømming/Strategi-mot-roemming>

Strategi mot rømming fra akvakultur. (u.å.). Nærings- og Fiskeridepartementet.

Strøm og temperatur begrenser områder egnet for havbruk til havs. (u.å.). Havforskningsinstituttet. Hentet 9. august 2023, fra <https://www.hi.no/hi/nyheter/2020/januar/strom-og-temperatur-begrenser-omrader-egnet-for-havbruk-til-havs>

Thorvaldsen, T., Holmen, I. M., & Kongsvik, T. (2017). *HMS-undersøkelsen i havbruk 2016* (OC2017 A-113). Sintef Ocean. https://www.sintef.no/contentassets/cc823f8d272b4bad8d98690ce9174d3c/hms-undersokelsen-i-havbruk-2016-thorvaldsen-holmen-og-kongsvik_ferdig.pdf

Thorvaldsen, T., Kongsvik, T., Holmen, I. M., Størkersen, K. V., Salamonsen, C., Sandsund, M., & Bjelland, H. V. (2020). Occupational health, safety and work environments in Norwegian fish farming—Employee perspective. *Aquaculture*, 524(735238). <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735238>

Tveterås, R., Reve, T., Haus-Reve, S., Misund, B., & Blomgren, A. (2019). *En konkurransedyktig og kunnskapsbasert havbruksnæring*. https://sjomatnorge.no/wp-content/uploads/2019/08/BI_2019_En-konkurransedyktig-og-kunnskapsbasert-havbruksn%C3%A6ring.pdf

Tveterås, R., Bruland, G., Bryde, M., Handeland, S. O., Misund, B., Nilsen, A., & Solberg, T. (2021). *Bærekraftig vekst med lukkede anlegg i sjø* (s. 49). <https://stiimaquacluster.no/wp-content/uploads/2021/04/Stiim-Rapport-Flytende-Lukket-Oppdrett-i-sjo.pdf.pdf>

Tveterås, R., Hovland, M., Reve, T., Misund, B., Nystøyl, R., Bjelland, H. V., Misund, A., & Fjelldal, Ø. (2020). *Verdiskapingspotensiale og veikart for havbruk til havs* (s. 177). https://stiimaquacluster.no/wp-content/uploads/2020/12/Rapport_2020_Verdiskapingspotensiale-og-veikart-for-havbruk-til-havs_hovedrapport.pdf

Utvikling av et nytt system for biomassemåling av fisk—Prosjektbanken. (u.å.). Prosjektbanken - Forskningsrådet. Hentet 9. august 2023, fra <https://prosjektbanken.forskningsradet.no/project/FORISS/256297>

Vedeler, H.V. (2017). Viral diseases in salmonid aquaculture: Quantifying economic losses associated with three viral diseases affecting Norwegian salmonid aquaculture. Masteroppgave NHH. <https://openaccess.nhh.no/nhh-xmlui/handle/11250/2484546>

Veileder for beredskap ved rømming av fisk fra akvakulturanlegg. (2022). Fiskeridirektoratet, Sjømat Norge, Norsk Industri, NSL. <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Drift-og-tilsyn/Roemming/Beredskapsveileder/Beredskapsveileder-roemming-fisk-oppdattert-21-10-22.pdf>

R. Waagbø, C. D. Hosfeld, S. Fivelstad, P. A. Olsvik og O. Breck, «The impact of different water gas levels on cataract formation, muscle and lens free amino acids, and lens antioxidant enzymes and heat shock protein mRNA abundance in smolting Atlantic salmon, *Salmo salar* L.» *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*, vol. 149, nr. 4, s. 396-404, 2008. [28] R. Jakobsen

Ådlandsvik, B. (2019). *Havbruk til havs – smittespredning* (Rapport fra havforskningen 2019-58). Havforskningsinstituttet. <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2019-58>

Ådlandsvik, B. (2021). *Havbruk til havs: Utfyllende kunnskapsgrunnlag for utvelgelse av havområder.* (s. 9). Havforskningsinstituttet.

Ådlandsvik, B. (2022). *Havbruk til havs – yttergrense for produksjonsområdene* (Rapport fra havforskningen 2022-2). <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2022-2>