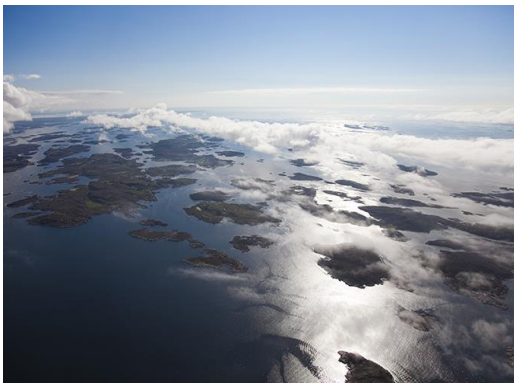




FISKERIDIREKTORATET

Integrert havbruk – perspektiver, muligheter og utfordringer fra et forvaltningsståsted



Rapport fra Fiskeridirektoratet

Tittel (norsk/engelsk): Integrert havbruk – perspektiver, muligheter og utfordringer fra et forvaltningsståsted <i>Integrated Multi-trophic Aquaculture – perspectives, possibilities and challenges seen from a regulatory perspective</i>		År (nr): 2018	Arkivsaksnummer: 17/17402
Saksansvarlig: Jens Chr Holm	Ansvarlig avdeling: Kyst- og havbruk	Dato utgitt: 06.06.2018 Ferdigstilt Januar 2018	ISBN: 978-82-92075-08-1
Emneord: Havbruk, akvakultur, laks, IMTA, utslipp			Totalt antall sider: 44
Sammendrag: Fiskeoppdrett gir vesentlige utslipp av karbon, nitrogen og fosfor. Hensynet til god ressursøkonomi, forurensings- og klimahensyn tilsier at disse utslippene gjenbrukes på en mest mulig effektiv måte, fortrinnsvis matproduksjon, med minst mulig energibruk og uønskede effekter. Integrert havbruk (IMTA) er en mulig løsning av dette. Dette forutsetter imidlertid biologiske, tekniske og kommersielle løsninger som er effektive. Rapporten drøfter kunnskapsstatus og muligheter basert på et utvalg vitenskapelige kilder og korte intervjuer med relevante aktører.			
Summary: <i>Salmonid farming in Norway releases considerable amounts of carbon, nitrogen and phosphorus. Maintaining a sustainable resource economy, reducing pollution and climate change are good reasons for efficient reuse of these emissions, preferably for food production, with the lowest possible negative impact. Integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) is regarded as a possible solution, but it must be biologically, technically and commercially viable. This report reflects current knowledge and potential opportunities on the basis of relevant scientific literature and short interviews with a sample of Norwegian IMTA farmers.</i>			

Øyvind Lie
Direktør KH

Jens Chr Holm
Fagdirektør

Forord

Flere norske aktører har vist interesse for å ta i bruk integrert havbruk (også kalt IMTA – Integrated MultiTrophic Aquaculture). I første rekke er dette motivert av mulighetene for å styre omsetningen av løste næringsalter og partikler som kommer fra merdbasert lakseoppdrett inn i annen produksjon. Løste næringsalter tenkes eksempelvis fanget opp av tare, mens skjell (blåskjell) og sekkdyr skal filtrere ut partikler (spillfôr, agens eller fiskeavføring). Sedimenterte partikler tenkes håndtert av sedimentpisere og muligens åtseletere.

Så langt har det i Norge vært gitt tillatelser i sjø for en rekke av artene i regi av flere aktører, de fleste i kombinasjon med eller i nærheten av merdbasert lakseoppdrett (Vedlegg 1). Slike tillatelser på Vestlandet omfatter Lerøy Vest AS i samarbeid med Ocean Forest AS, Scalpro, Engesund Fiskeoppdrett og Sulefisk/Hortimare. I Midt-Norge finner vi samarbeidet mellom Salmar Farming AS, Hitramat Farming AS og SINTEF OCEAN AS. I nord blant annet Nordland fylkeskommune, Gildeskål Seafood AS og Gildeskål Forskningsstasjon AS.

Enkelte asiatiske land har lengre tradisjoner med både flerartskultur og integrert havbruk enn det vi har i Norge. Den vitenskapelige dokumentasjonen herfra av drift og biologisk omsetning og utbytte er varierende, og det som foreligger er ikke nødvendigvis like relevant for norske forhold.

I media og blant enkelte forskningsmiljø og -finansiører er det tidvis uttrykt stor optimisme knyttet til mulighetene som integrert havbruk har til å omsette utslipp av næringsstoffer fra tradisjonelt lakseoppdrett. Uttalelsene er kommet fra politikere, forskere, miljøvernere og oppdrettere. Både Nærings- og Fiskeridepartementet og flere fylkeskommuner har bekostet egne utredninger på temaet integrert havbruk (Karlsson-Drangsholt og Torp 2017, Karlsson-Drangsholt og van Nes 2017, Chapman m. fl. 2014, Broch m. fl. 2017).

Akvakulturregelverket inneholder ikke helhetlige løsninger spesielt tilpasset integrert havbruk. For eksempel må søker sende inn flere søknader for arter tilhørende ulike taksonomiske grupper, og det kreves en egen dispensasjon fra Fiskeridirektoratet (ved KH) hvis flere arter skal holdes på samme lokalitet. Hensynet til rømmingssikkerhet gjør at det også er til dels omfattende krav til strukturer som skal inngå i et flytende fiskeoppdrettsanlegg i sjø. Slik sett kan bildet fremstå som uoversiktlig og komplisert for søker, det foreligger heller ingen veileder fra direktoratet for den som søker eller drifter integrert havbruk.

Dette fagnotatet gir en oversikt over kunnskapsstatus, og gir avslutningsvis noen råd om forskningsbehov. Notatet baserer seg på litteraturstudier og samtaler med kolleger i direktoratet og ved Havforskningsinstituttet. Jeg har også intervjuet 5

representanter fra aktørene som har tillatelse til å drive integrert havbruk (jfr vedlegg 1).

Takk til Øivind Strand for konstruktive kommentarer til en tidligere versjon.

31.01.2018 *Jens Chr Holm*

Innhold

Forord	4
Definisjoner.....	6
I hvilken grad kan integrert havbruk håndtere utslipp fra lakseoppdrett?.....	7
Utslipp av omsettelige stoffer fra norsk fiskeoppdrett	8
Hvor effektivt kan løste næringsalter fra lakseproduksjon omsettes?.....	10
Hvor effektivt kan partikler fra lakseproduksjon fanges opp og omsettes?.....	12
Betraktninger fra aktørene som driver med integrert havbruk i Norge	16
Hvilke miljøkonsekvenser vil integrert havbruk kunne ha under norske forhold?	17
Betraktninger om mulige areal- og miljøkonsekvenser fra aktørene som driver med integrert havbruk i Norge	18
Vil integrert havbruk kunne bli kommersielt interessant?.....	19
Egnethet som menneskemat	20
Betraktninger om kommersielle muligheter fra aktørene som driver med integrert havbruk i Norge	22
Hva trengs av forskning for å belyse potensialet for integrert havbruk?	23
Er regelverket tilpasset integrert havbruk som oppdrettsform?	25
Innspill om regelverk og forvaltningen fra aktørene som driver med integrert havbruk i Norge	25
Kilder	28
Vedlegg	39

Definisjoner

Monokultur (enartskultur) er oppdrett av én art. Begrepet stammer fra landbruk. Lakseoppdrett som sådan er monokultur. Men dersom det brukes «hjelpesarter», for eksempel rensefisk for å bekjempe lakselus, er det per definisjon ikke lenger monokultur.

Polykultur (flerartskultur, samkultur) er oppdrett av flere arter til samme tid og på samme sted. Begrepet stammer fra landbruk. Polykultur begrunnes ofte i å redusere sykdomsrisiko fordi individtettheten av den enkelte art blir lavere enn ved monokultur. Mer avanserte polykulturer kan tenkes der artene har ulik atferd, forskjellige fødepreferanser eller lignende som gir ensidig eller gjensidig nytte. Polykultur etterligner også mer naturlige økosystemer ved å ha høyere biodiversitet enn monokulturer.

IMTA (Ingrated Multi-Trophic Aquaculture / Integrert Multi-Trofisk Akvakultur) er definert som oppdrett som omsetter biprodukter, inklusive avfall, fra en vannlevende art som innsatsfaktor (som gjødsel eller føde) til minst en annen vannlevende art. Ordet «integrert» refererer her til intensiv og synergistisk kultivering hvor vannbåren næring og energi overføres mellom arter. «Multitrofisk» sikter til at disse artene okkuperer ulike trofiske nivåer. I IMTA behøver ikke flere arter å bli oppdrettet samtidig eller på samme sted. I utgangspunktet ble IMTA brukt i en snevrere betydning.

Integrert havbruk brukes vanligvis synonymt med IMTA.

I hvilken grad kan integrert havbruk håndtere utslipp fra lakseoppdrett?

Fiskeoppdrett har utslipp som tilfører det omkringliggende miljø vesentlige mengder karbon, nitrogen og fosfor (Beveridge 1987, Ackefors og Enell 1990) . Fosfor begynner å bli en begrenset global ressurs. Norsk fiskeoppdrett slipper trolig ut mellom 9 200 og 12 500 tonn fosfor (se oversikt senere i denne rapporten), og er den største kilden til utslipp av fosfor i Norge (Farestveit, Møyland og Daae 2015).

Avfall er ressurs på feil plass (dvs til feil tid og/eller på feil sted). Bransjeorganisasjonen Norsk Industri har i sitt «Veikart for oppdrettsnæringen» (Anon 2017a) argumentert for å snu perspektivet fra utslipp og forurensing til at organisk overskudd (løst og partikulært) fra lakseoppdrett er en ressurs som må tas vare på. «Dagens avfallsstrømmer som spill av fôr, fiskeavføring og slakteavfall vil få økt verdi og i enda større grad bli framtidig innsatsfaktorer til annen produksjon», sies det på side 14 i dette veikartet. Et eksempel som veikartet trekker fram er å bruke fiskeslam som energikilde i sementproduksjon.

I en vurdering av sjømatnæringens bidrag til hvordan FNs bærekraftsmål kan nås, «Havbruk 2030» (Anon 2017b), sier bransjeorganisasjonen Sjømat Norge blant annet: «Av krav til produksjonen det vil være relevant å innføre: - Havbruksnæringen skal med økt produksjon ikke øke sitt utslipp av slam og næringsalter slik at det truer økosystemet i havet (mål 14 og 15)...- All marin matproduksjon er avhengig av rent hav. Norsk havbruksnæring vil jobbe aktivt for full kontroll med egne utslipp i forbindelse med sjømatproduksjonen (mål 14).»

Ressursøkonomihensyn men også forurensings- og klimahensyn tilsier at det organiske¹ overskuddet fra lakseproduksjonen anvendes på en måte som gir gjenbruk på en mest mulig effektiv måte, fortrinnsvis matproduksjon, med minst mulig energibruk og minst mulig uønskede effekter.

I flere sammenhenger er det undersøkt om fiskeslam kan anvendes som gjødsel i planteproduksjon på land (Se f eks Brod, Haraldsen og Krogstad 2016). I EUs biproduktforordning er det klargjort at avføring fra fisk er definert ut av forordningen. Det betyr i følge Mattilsynet at det er Forskrift om gjødselvarer mv av organisk opphav som gir hygienereglene dersom fiskeslam fra fiskeanlegg brukes som gjødsel eller jordforbedringsmiddel. Bruken av fiskeslam som gjødsel blir begrenset av tungmetallkonsentrasjonen på tørrstoffbasis, da trolig først og

¹ «organisk» kan misforstås i denne sammenhengen, fiskeslam inneholder bl. a. også mineralsk nitrogen.

fremst innholdet av sink og kadmium ifølge Brod, Haraldsen og Krogstad (sitert tidligere). Det synes ikke som om forskriftens virkeområde kun er avgrenset til landbruk.

Dersom den løste delen av tilførselene fra fiskeproduksjonen brukes til å gjødsle makroalger, så vil trolig ikke grenseverdiene i nevnte forskrift bli overskredet, gitt at forskriften også gjelder for gjødsel til marine makroalger. Å dyrke marine makroalger tett ved fiskeoppdrett for å nyttiggjøre seg løste næringsalter (nitrogen- og fosforforbindelser) inngår svært ofte som en del av integrert havbruk.

Integrert havbruk kan sees på som en moderne videreføring av tradisjonell polykultur (Neori m fl 2007). Det er flere forskningsmiljø som arbeider med problemstillinger relevant for norske forhold, utenlands er det i første rekke NSERC Canadian Integrated Multi-Trophic Aquaculture Network (www.cimtan.ca), i-mar Research Center (Universidad de Los Lagos, Chile) og Scottish Association for Marine Sciences i Oban (Skottland). I Norge er det Havforskningsinstituttet, Universitetet i Bergen og SINTEF Ocean AS som har den største forskningsaktiviteten, mens det er flere kommersielle aktører som har fått tillatelse til uttesting av konseptet (Vedlegg 1).

Utslipp av omsettelige stoffer fra norsk fiskeoppdrett

Oppdrettsproduksjonen i Norge av laks og regnbueørret ligger på rundt 1,3 millioner tonn. I 2015 var det totale uttaket til slakt på 1,316 millioner tonn. Samme år var fôrforbruket i matfiskfasen på 1,674 millioner tonn. Den økonomiske fôrfaktoren var i 2015 på 1,23.²

I oppdrett vil hovedmengden av fôret som tilbys bli spist av oppdrettsfisken. En mindre del av utforingen som ikke blir spist av fisken i merden vil falle ut som fôrpartikler (ofte kalt «spillfôr» eller «fôrspill»). Andelen spillfôr kan variere. Bestanddeler av fôret som blir spist (også kalt fôrinntaket) blir enten delvis skilt ut igjen som fekalier, eller fordøyd (absorbent). Deler av den absorberte delen kan igjen skilles ut som ekskresjon (utskilling av $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ over gjellene) eller som en del av metabolismen (respirasjon, CO_2 over gjellene). Det resterende blir tilvekst³. Produksjonen er således det som gjenstår etter at ekskresjon og metabolisme er

² <http://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Statistikk-akvakultur/>

³ Dette gjelder for laksefisk i oppdrett. Andre arter som torsk kan gyte i oppdrett, og gyteproduktene må da regnes inn sammen med tilveksten.

trukket fra. Dette grunnlaget kan brukes til å sette opp spesifikke budsjetter for energi, næringsstoffer og grunnstoffer.

Et standard tilvekstfôr for laks vil typisk inneholde mellom 5,5 og 6,3% nitrogen, 0,6-1,0% fosfor og 51-56% karbon (alt målt på tørrvektsbasis, se bl.a. Anon 2011, Wang m fl 2013, Ytrestøyl m fl 2015). I perioden 2008-2013 har energitettheten (fettinnholdet) i fôret gått ned (blant annet som en følge av bortfallet av fôrkvoteordningen), noe som igjen har ført til at utslippet av løste næringsalter har doblet seg pr produsert mengde laks (Svåsand m fl 2016).

Et nitrogenbudsjett basert på Wang og medarbeidere (2012, 2013) indikerer at 38-43% av utfôret mengde nitrogen går inn som tilvekst i fisken og at 57-62% havner i det omkringliggende miljø. Mellom 39 og 45 % av utfôret nitrogenmengde blir skilt ut som løst nitrogen. Videre blir 15% av utfôret nitrogenmengde skilt ut partikulært sammen med 3% fôrspill, av dette lekker 3 prosentpoeng tilbake til vannmassene som løst nitrogen). Andre arbeider står delvis i motstrid med dette, og tilsier at nitrogen som partikulært utslipp er større enn mengden som løste forbindelser (Ancyclus MOM iflg Svåsand m fl 2016).

Et tilsvarende fosforbudsjett basert på Wang m fl (tidligere referert) viser at 24-30% av utfôret mengde fosfor går inn i tilveksten. Av det som tilføres det ytre miljø, vil 18-24% av total utfôret mengde bli direkte tilført vannmassene som løst fosfor mens 44-52% blir tilført som partikulært fosfor (inkl fôrspill), av dette blir 8 prosentpoeng resuspendert. Andre arbeider tilsier et 3:4-forhold mellom løst og partikulært fosfor (Svåsand m fl 2016, 2017).

Karbonbudsjettet antas tilsvarende å innebære at rundt 30-38% av det utforede fôrets karboninnhold inngår i fiskens tilvekst, resten tilføres på ulike måter til det ytre miljø. Mellom 40 og 48% av fôr-C blir skilt ut gjennom respirasjonen som CO₂, og rundt regnet 19% av fôrets karboninnhold bli sluppet ut partikulært sammen med 3% i fôrspillet. Om lag 3% av det utforede karbonet lekker ut fra det partikulære utslippet (Olsen, Holmer og Olsen 2008, Wang m fl 2012, 2013).

Tilførslene av nitrogen, fosfor og karbon fra oppdrett til ytre miljø vil grovt sagt være rundt to tredjedeler av utfôret mengde basert på denne delen av litteraturen.

For 2015 kan tilførselen fra norsk oppdrettsnæring ha utgjort 77 720 tonn nitrogen og 12 482 tonn fosfor (Karlsson-Drangsholt og van Nes 2017). Denne beregningen er vesentlig høyere enn 59 175 tonn nitrogen og 9 205 tonn fosfor beregnet vha nøkkeltall fra Ancyclus MOM med fôrsammensetningen for 2013 (Tabell 7.2.1 i Svåsand m fl 2016).

I 2016 ble det fôret ut 1 640 000 tonn fôr som ga en utslaktet produksjon på 1 322 400 tonn laks og regnbueørret. Iflg Svåsand m fl (2017) resulterte denne

produksjonen i 480 000 tonn fekalier som sammen med 5-11% fôrspill utgjorde mellom 560 000 og 660 000 tonn organisk materiale. Her kan de samlede utslippene estimeres til 59 508 tonn nitrogen og 9 257 tonn fosfor (etter Svåsand m fl 2016).

Utslippstallene som er tilgjengelige eller kan la seg beregne er usikre fordi de baserer seg på ulike modeller og forutsetninger. Da tre ulike modeller ble vurdert opp mot hverandre i 2011 ble det antydnet at Ancyclus-modellen muligens gir for lave samlede utslippstall. Dette kommer først og fremst til uttrykk for total-N hvor avviket mellom Ancyclus-beregningene og den høyeste beregningene var på rundt 30% (Anon 2011). Utslippsestimatene for N og P som er oppgitt i avsnittene over for 2015 og 2016 må derfor ansees som konservative.

Utslippene består altså av løst og partikulært materiale. I en simulering basert på data fra en oppdrettslokalitet i en fjord på Vestlandet havnet mer enn 75% av det partikulære utslippet innenfor en avstand på 500 meter fra utslippspunktet, mens en mindre del (opp til 2,7%) av partikkelutslippet havner lenger unna enn 2 km fra utslippspunktet (Bannister m fl 2016a).

Løste stoffer vil kunne nyttiggjøres av bakterier, planteplankton og makroalger (tang og tare), mens partikler vil kunne omsettes av et stort spenn av nedbrytere og konsumenter (se Tabell 1). De mest aktuelle artsgruppene i integrert havbruk har tare (løste næringssalter), og for mindre partikler filtrerende arter som blåskjell og sekkdyr vært ansett som mest aktuelle. Større partikler i vannsøylen tas av villfisk (typisk sei) og på bunnen vil sedimentspisere som børstemark og sjøpølser sammen med åtseletere som krepsdyr trolig kunne nyttiggjøre seg de partikulære organiske næringsstoffene. Å øke effektiviteten og verdien av slik omsetning ved å styre produksjonen er den bærende idéen bak integrert havbruk. For oppdretter vil dette kunne tenkes å gi en merverdi i form av høstede produkter, bedret omdømme og en høyere lokalitetskapasitet.

Hvor effektivt kan løste næringssalter fra lakseproduksjon omsettes?

Løste næringssalter vil for det meste tas opp av planteplankton i nærhetene av oppdrettsanleggene og synes ikke å gi noe vesentlig bidrag til plantevekst over et større område (Olsen, Holmer og Olsen 2008). Dette kan skyldes hovedsakelig to forhold, fortrinnsvis i kombinasjon. Effektiv nedbeiting fra planteplanktonspisere og videre omsetning i næringskjeden (Pitta m fl 2009) vil ha betydning, men vel så viktig er trolig fortynning i seg selv. Dette viser resultatene fra forsøk i Lysefjorden (Ø. Strand pers medd.) Næringssaltutslipp fra moderne kystlokaliteter vil kunne

påvirke lokalt i grunne områder (strandsoner, skjellsand- og tarebanker), og vil da kunne vises som økt forekomst av tynne, bladaktige og trådformede arter (Svåsand m fl 2017). Effekter av løste næringssalter fra oppdrett overvåkes ikke lokalt i Norge, på en systematisk måte, og det er heller ikke etablert grenseverdier. Effekter av næringssalter og organisk partikulært materiale fra oppdrett inngår i stedvis regional overvåkning av kystvannforekomster (jf vannforskriften). Mengden tilført fra oppdrett er relativt små sammenlignet blant annet med tilførselene fra kontinentet via havstrømmer (Taranger m fl 2015).

Tareskog inneholder 2,3% nitrogen, 0,3% fosfor og 33,3% karbon målt på tørrvektbasis. Gitt et gjennomsnitt på 10 kg våtvekt tare pr m², så vil 1 km² tareskog (10 000 tonn våtvekt tare) kunne binde 46 tonn nitrogen, 5,6 tonn fosfor og 1000 tonn karbon (Andersen m fl 2014).

Langs Norskekysten høstes det årlig 160-170 000 tonn tang og tare, i 2016 ble det høstet 169 000 tonn til en førstehåndsverdi på 42,3 mill kr (Fiskeridirektoratets Statistikkdatabank). Det er Norge som sammen med Kina og Chile er de landene som høster mest fra ville forekomster (FAO 2016). I Chile er det rapportert om overbeskatning av både rød- og brunalger (Vásquez 2008).

De viktigste produktene fra norske farvann er alginat fra stortare og tangmel fra grisetang. Tang og tare anvendes til ulike formål, eksempelvis bioetanolproduksjon (Fernand m fl 2017), jordforbedring, biologisk rensing (kan ta ut visse miljøgifter, kan ta ut næringssalter fra havbruk) samt mer spesielle substanser. Den årlige produksjonen av tang og stortare på Norskekysten er beregnet til å være større enn 10,4 millioner tonn, i tillegg er det et vesentlig potensiale i reetablering av nedbeitet tareskog i Nord-Norge (Andersen m fl 2014).

Flere tarearter har trolig et høyt dyrkingspotensiale langs vesentlige deler av Norskekysten. Stortare er beregnet å kunne ha en årlig biomasseproduksjon på 90-270 tonn våtvekt pr hektar, mens sukkertare kan stå for en årlig produksjon på 32-220 tonn våtvekt pr hektar (Broch m. fl. 2017). Det er Kina og Indonesia som dyrker mest marine alger (10 millioner tonn hver pr år, iflg FAO 2016).

Mengden løste næringssalter som er tilgjengelig vil påvirke omsetningsrate og effektiviteten til algene (se f. eks. Ben-Ari m fl 2014).

I integrert oppdrett med laks i merd på kystlokaliteter i Norge vil høy fortynningsrate for løst ammonium føre til at det antatte metningsnivået på 10 µM for sukkertare ikke nås (Handå m fl 2013, Ahn m fl 1998). På den skotske nordvest-kysten fant Sanderson m fl (2008) at ammonium-konsentrasjonen var forhøyet og tilgjengelig for tarevekst i større avstand enn 50m fra laksemerdene i vesentlige tidsperioder. I sitt arbeid fra Trøndelagskysten fant Handå og kolleger

(referert tidligere) en signifikant positiv korrelasjon mellom fôrforbruket til laksen og ammonium-konsentrasjonen ved anlegget, og at den positive vekstresponsen hos sukkertare satt ut i august og februar på 5m dyp eller grunnere hadde en sammenheng med dette.

For å kunne konkurrere mer effektivt om næringssaltene må den kontrollerte tare dyrkingen utføres tett ved utslippskilden (Andersen m fl 2014). Det er vanskelig ut fra eksisterende vitenskapelig litteratur å gi sikre anslag for hvor effektivt tare eller andre organismer kan omsette ulike deler av utslippet fra fiskeoppdrett. I et mindre skotsk lakseoppdrett fant Sanderson m fl (2012) at 10 dekar algedyrkingsareal ville kunne binde 5-12 % av nitrogenutslippet fra 500 tonn laks. Modellsimuleringer for et norsk oppdrettsanlegg som produserer 5000 tonn laks per år indikerer at et 10 dekar tare dyrkingsanlegg har et potensiale til å binde 0,5% av det løste uorganiske nitrogenet som slippes ut (Broch m fl. 2013). Det er vesentlig at taren dyrkes i umiddelbar nærhet av utslippspunktet. Erfaringene med tare dyrking så langt viser at lakseproduksjon basert på vårutsett tidsmessig ikke er sammenfallende mht utslippstoppene Handå m fl (2013).

I følge Buschmann m fl (2017) omhandler en rekke vitenskapelige publikasjoner om marine alger bruken av disse til økosystemtjenester, for eksempel å trekke ut næringsalter fra eutrofe vannforekomster (Fei 2004) eller fra områder hvor fiskeoppdrett slipper ut større mengder næringsalter. Men også skjell har stoffskifte som øker tilgangen på næringsalter (Jansen 2012). I områder med omfattende og utviklet algeoppdrett (spesielt Kina), vurderes dette som en næringsalt-felle som bidrar til å kontrollere oppblomstring av planteplankton (Yang m fl 2015). Det gjenstår å vise om kultivering av makroalger er egnet for biologisk rensing (bioremediering) av kystvann når dette også skal vise lønnsomhet.

Hvor effektivt kan partikler fra lakseproduksjon fanges opp og omsettes?

Det er bunnpåvirkningen av partikulære organiske næringsstoffer som i de fleste tilfellene vil være bestemmende for lokalitetstilstanden (i hht NS9410). Organismene som nyttiggjør seg partikkelutslippene vil gjennomgående ha en større salgsverdi pr kg enn de som kan tenkes å nyttiggjøre seg løste næringsalter.

Partikkelpredning skjer i stor grad til nærsone (Carroll m fl 2003, Kutti m fl 2007a, Bannister m fl 2016a; Filgueira m fl 2017, Hansen m fl 2017). De største og tyngste partiklene kan antagelig bare omsettes av åtseletende, gravende eller filtrerende organismer på bunnen, i bunn sedimentene eller i spesielle innretninger under laksemerdene.

I et optimalisert IMTA-system skal så mye som mulig av det organiske avfallet inngå i høstbar biomasse fra andre oppdrettsarter i systemet. I forhold til utnyttelse av avføring fra laksen er tre primære forhold viktige. For det første må lakseavføringen være tilstrekkelig fordøybar og møte eller supplere det ernæringsmessige behovet for minst en av de andre oppdrettsartene. Dernest så må de fekale partiklene være innenfor det spiselige størrelsesspekteret hos minst en av de andre artene. Tilslutt må de aktuelle andre artene bli plassert slik at de avskjærer eller får tilgang på mesteparten av de fekale partiklene som er aktuelle (Reid m fl 2009).

En rekke skjellarter har det biologiske potensialet til å akkumulere partikler som slippes ut fra fiskeoppdrett (Handå m fl 2012b, MacDonald m fl 2011, Redmond m fl 2010, Strand m fl *in press*). Blåskjell blir gjerne framhevet som en lovende og aktuell art i integrert havbruk (Cranford m fl 2013). En produksjon på 140-180 tonn blåskjell produsert over 12-18 måneder er beregnet å fjerne 1400-1800 kg N og 80-100 kg P (Lindahl m fl 2005.)

Enkelte forskere rapporterer at skjell dyrket nær oppdrett har vist høyere vekstrate enn ellers (F eks. blåskjell: Wallace 1980, stillehavsøsters: Jones og Iwama 1991), men andre ikke finner slike effekter (australsk blåskjell-art: Cheshuk m fl 2003, en annen blåskjell-art fra Middelhavet: Navarrete-Mier m fl 2010 og Peharda m fl 2007), eller bare for deler av året (norske blåskjell: Handå m fl 2012a). I det intense oppdrettsområdet Sanggou Bay hentet kamskjell og østers om lag 90% av akkumulert karbon og 60 % av nitrogenet fra fiskeoppdrettsutslipp, men også her bare i deler av året (Mahmood m fl 2016). I en undersøkelse som fulgte opptaket av stabile karbon- og nitrogen-isotoper hos blåskjellarten fra Middelhavet (*Mytilus galloprovincialis*) konkluderte Sanz-Lazaro og Sanchez-Jerez (2017) med at denne arten hadde lav assimilasjonskapasitet for partikler fra fiskeoppdrettsanlegg uavhengig av forholdene i vokseområdet. Undersøkelsen omfattet 6 oppdrettslokaliteter og et tilsvarende antall referansestasjoner på den spanske Middelhavskysten.

Det kan tenkes flere forklaringer på disse tilsynelatende motstridende resultatene (i følge Buck m fl 2017): (1) Partiklene fra fiskeoppdrett vil ikke bidra nok grunnet fortynning, (2) Skjeloppdrettet var ikke rett plassert for å avskjære partikkelstrømmen fra fiskeoppdrettsanlegget, (3) Partiklene fra fiskeoppdrett synker så raskt til bunnen at de ikke er tilgjengelig for filtrerende organsimer, (4) skjellene tilpasser seg ikke raskt nok til pulserende fiskefôringssystemer, (5) skjellene er selektive og filtrerer bare partikler fra oppdrett når naturlig planktonproduksjon er lav og (6) den samlede partikkelkonsentrasjonen blir så stor (og partiklene blir så store) at pseudo-faeces blir produsert.

Brager m fl (2016) peker på at mengden partikler fra fiskeoppdrettsenhetene som når blåskjellene må være større enn det som er realistisk i kommersiell sammenheng, og at det synes vanskelig å inkludere kommersiell skjelldyrking i IMTA-systemer. Og skal blåskjelloppdrett ha en miljøforbedrende effekt, så må mengden blåskjell være betydelig (Karlsson-Drangsholt og van Nes 2017). Dette kan være et dilemma som vanskelig kan løses på praktisk vis. Avfall fra fiskeoppdrett synes bare å kunne ha betydning som føde for skjell i områder som har et fattig fødetilbud i utgangspunktet, inne i eller tett ved merdene og/eller i vinterperioden når naturlig næring er sparsommelig forekommende (se oversikt i Cranford m fl 2013).

Grønnsekkdyr (*Ciona intestinalis*) synes å være bedre tilpasset partikkelstørrelsen fra oppdrett enn det blåskjell er (Petersen 2016). Om lag 75% av faecespartiklene og 85% av fiskefôrpartiklene ligger mellom 2 og 5 μm (Handå m fl 2012b). Partikler under 4 μm blir mindre effektivt filtrert av blåskjell, mens grønnsekkdyr filtrerer partikler ned mot 1-2 μm (Cranford m fl 2016). Samtidig vil så små partikler utgjøre en relativt mindre vektandel enn de større. Det betyr at filtreringsbidraget som blåskjell kan stå for likevel vil være vesentlig regnet som vekt.

Av sedimentpisere er blant annet ulike sjøpølser aktuelle. I forsøk med å holde sjøpølsearten *Apostichopus japonicus* under et fiskeoppdrettsanlegg med en årlig produksjon på 450 tonn av tre ulike fiskearter føret hovedsakelig med «trashfish», vokste sjøpølsene langt bedre under anlegget enn på en kontroll-lokalitet (Yu m fl 2014b). Arten regnes som potensielt lovende i IMTA (Yokoyama 2013). I overbelastede sedimenter hvor det kan dannes anoksiske forhold og stabile skikt i vannlagene over, vil full dødelighet hos samme sjøpølseart kunne inntreffe (Yu m fl 2014a). Både *Cucumaria frondosa* og *Parastichopus californicus* rapporteres som lovende i nord-amerikanske IMTA-forsøk (Nelson m fl 2012, Hannah m fl 2013).

Under norske forhold vil enkeltarter av flerbørstemark, muslinger og sjømus trolig være effektive omsettere, da disse observeres i oppdrettspåvirkede bunnområder (Kutti m fl 2007b). Foreløpige resultater rapportert fra Lerøy Vest tyder på at børstemark av slektene *Capitella* (bløtbunn) og *Ophryotrocha* (hardbunn) kan være spesielt egnet (Anon 2017c).

Viltlevende fiskearter har under ulike forhold tatt unna så mye som 80% av partikkelutslippene fra fiskeoppdrett (Vita m fl 2004), mens andre finner lavere omsetning (40-60% i flg Felsing m fl 2005 og 18% i flg Ballester-Moltó m fl 2017).

Etter hvert som det tas i bruk mer presise biomarkører, så må vi kunne forvente mer presise data på hvor mye av de organiske utslippene fra lakseproduksjonen

som kan overføres til de andre artene i et integrert havbruk (se f eks Woodcock m fl 2017 og White m fl 2017b).

Tabell 1: Arter som kan tenkes benyttet i integrert havbruk sammen med laks i saltvann

Art/gruppe	Funksjon	Merknader	Referanse
Tang	Fotosyntetiserende makroalge som trekker ut næringsalter	Spiselige arter og til industriell anvendelse	Barbosa m fl 2017
Tare (f eks sukkertare, butare og fingertare)	Fotosyntetiserende makroalge som trekker ut næringsalter	Spiselige arter og til industriell anvendelse	Sanderson m fl 2008, Fernand m fl 2017
Rødalger (f eks søl og fjærehinne)	Fotosyntetiserende makroalge som trekker ut næringsalter	Spiselige arter	Sanderson m fl 2008
Grønnalger (f eks havsalat)	Fotosyntetiserende makroalge som trekker ut næringsalter	Spiselige arter	Cohen og Neori 1991, Ben-Ari m fl 2014
Blåskjell	Partikkelfiltrerende	Spiselige arter	Wallace 1980, Redmond m fl 2010, Handå m fl 2012a,
Flere kamskjellarter	Partikkelfiltrerende	Spiselige arter	Guo og Luo 2016, Woodcock m fl 2017
Østers, (stillehavsøsters)	Partikkelfiltrerende	Spiselige arter	Jones og Iwama 1991
Sekkdyr (<i>Ciona intestinalis</i>)	Partikkelfiltrerende		Petersen 2016 Cranford m fl 2016
Krepsdyr (sjøkreps, reker)	Partikkelspiser	I mindre grad taskekrabbe og hummer	Olsen, Ervik og Grahl-Nielsen 2009, 2012
Sjøpølser	Sedimentpisere		Ahlgren 1998, Zhou m fl 2006, Nelson m fl 2012, Yokoyama 2013, MacDonald, Stead og Slater 2013, Hannah m fl 2013, Tolon m fl 2017
Børstemark og andre marine leddormer	Sedimentpisere		Kutti m fl 2007b, Tangen og Fossen 2012, Valdemarsen, Hansen, Ervik og Bannister 2015

Art/gruppe	Funksjon	Merknader	Referanse
Sjøpiggsvin (Sjømus og kråkeboller)	Spillfôr- og fekaliespiser Spiser alger, inkl nedfall fra tare dyrking		Cook m fl 2000, Cook og Kelly 2007, Kutti m fl 2007b, Graydon m fl 2012, White m fl 2017a
Fisk	Spillfôr- og fekaliespiser	I første rekke sei, men også annen torskefisk under norske forhold.	Skog m fl 2003, Vita m fl 2004, Felsing m fl 2005, Dempster m fl. 2009, Uglem m fl 2009

Akvakulturanlegg vil generelt både kunne tiltrekke og frastøte ulike viltlevende organismer, og effektene vil kunne variere over tid og rom (Callier m fl 2017).

Betraktninger fra aktørene som driver med integrert havbruk i Norge

Innehaverne som driver integrert havbruk uttrykker en sterk overbevisning av at driftsformen øker den biologiske omsetningen av utslipp fra lakseoppdrett. Flere av de intervjuede aktørene peker på at å vurdere effektene avgrenset til én lokalitet blir for snevert, og at en bør operere intensivt drevne lakseoppdrettsområder under ett og mer helhetlig i så måte.

Det er ulike oppfatninger av betydningen av å håndtere utslippet av næringsalter ved hjelp av tare. Sukkertare har en kjent dyrkingsteknologi, men er trolig ikke blant de mest kommersielt interessante makroalgeartene (blant annet vurdert ut fra salgsverdi per kg). Det er manglende kunnskap om dyrkingsteknologi og delvis langsommere vekst som har hindret at mer høytpriusede arter er tatt i bruk. Sukkertare egner seg best for dyrking i vinterhalvåret (blir bl a begrodd sommerstid). Veksten rapporteres å være to-tre ganger høyere ved et lakseanlegg enn på upåvirket lokalitet. Det er ulike oppfatninger om hvor effektiv omsetningen fra lakseoppdrett til tare er, og en aktør peker på at en i teorien trenger ca 1 dekar tare dyrkingsareal pr tonn lokalitetskapasitet MTB hvis all ekskresjonen fra laksen (løst N og P) skulle bindes opp i taretilvekst. Samme aktør peker på at et praktisk ambisjonsnivå på 20% av dette tilsier under gitte forutsetninger (bl a sommeravling i tillegg til vinteravling) et toreanlegg på 150 dekar i forhold til et lakseanlegg med en kapasitet på 780 tonn MTB.

Dagens tarerigger synes å bremse vannstrømmen i lakseanlegget i liten grad. Dette har trolig sin bakgrunn i at aktørene har prioritert tilstrekkelig vannutskiftning for

oppdrettsfisken. Dette var noe som flere av de intervjuede aktørene understreket viktigheten av.

Flere av aktørene pekte på at tare dyrkingsenheter i nærheten av oppdrettsanlegg også er gode habitater for andre arter, og således øker biodiversiteten. En av de intervjuede pekte på at det er en positiv effekt i seg selv at biodiversiteten økes med slike installasjoner. Tareanleggene fungerer som oppvekstområder for rognkjeks, og en aktør fortalte om ansamlinger av små rognkjeks som trakk inn i laksemerdene.

En aktør peker på at tare, blåskjell og flerbørstemark vil være aktuelle kilder til fôrråvarer. De to første som selvstendige produksjoner (dvs ikke i integrert havbruk).

En annen aktør peker på viktigheten av å velge arter som er kommersielt interessante og samtidig effektive for å ta unna partikulære utslipp. Bunnkultur av (stort) kamskjell og flatøsters kan være interessant, men nedslamming er et problem avhengig av avstand.

Sekkdyr fremheves som interessant av flere av aktørene.

Hvilke miljøkonsekvenser vil integrert havbruk kunne ha under norske forhold?

Selv om integrert havbruk er ment for å redusere uønskede miljøeffekter, så vil store og tette kulturer av for eksempel alger og skjell kunne påvirke det omkringliggende miljø. Rester av tare som legger seg på bunnen er i utgangspunktet viktig i det marine økosystemet (Krumhansl og Scheibling 2012), men økosystemets evne til å håndtere dette kan også bli overskredet (Green, Sutula og Fong 2014). Nedbrutt tare kan være viktig for bunnlevende detrituspisere så som krabber og sjøpiggsvin (Feehan m fl 2017) og filtrerende arter som muslinger og rur.

Blåskjelloppdrett vil også kunne føre til nedfall til bunn som påvirker prosessene i sedimentet, mye tilsvarende som ved annen organisk belastning (McKindsey m fl 2011). Det er eksempler på at sedimenter fra kamskjell og stillhavsøsters (stammer fra skjellenes faeces og pseudo-faeces) kan omsettes av sjøpølser (Zhou m fl 2006), selv om andre forsøk med flerartkultur av en kamskjellart, sjøpølse og sjøpiggsvin ikke ga vekstforskjeller som funksjon av skjelltetthet (Zhang m fl 2014)

Siden integrert havbruk er basert på omsetning av næringsstoffer mellom de ulike oppdrettsartene, så antas miljøeffekten i sum å bli mindre enn summen av

effektene fra oppdrett av de ulike artene enkeltvis (dvs i monokultur). Vi mangler imidlertid kunnskap om hvordan dette slår ut samlet sett. Vi har heller ikke fullgod kunnskap om miljøeffektene av enkelte av artene i oppdrett.

I Norge er det 47 lokaliteter hvor det er gitt tillatelse til dyrking av makroalger («Alger til fôr/konsum») med et samlet arealbeslag på nesten 4650 dekar (Akvakulturregisteret pr 20.11.2017). Dette omfatter 312 tillatelser fordi det gis én tillatelse pr art. I november 2017 har den gjennomsnittlige tarelokaliteten et tildelt areal på nesten 99 dekar). Dersom tare dyrking skyter fart må vi anta det vil bli søkt om langt flere lokaliteter og at arealbeslaget pr lokalitet vil øke. Det samlede overflatearealbeslaget fra flytende oppdrettsanlegg for laks, ørret og regnbueørret pr 31.12.2017 var 72 000 da (1076 lokaliteter, 66 da gjennomsnittlig overflateareal).

Betraktninger om mulige areal- og miljøkonsekvenser fra aktørene som driver med integrert havbruk i Norge

Integrert oppdrett vil kunne føre til vesentlig arealbruk dersom driftsmåten blir mer vanlig. Rene blåskjell- og tare dyrkingsanlegg har tidligere vist seg å legge beslag på vesentlig større arealer enn lakseoppdrett.

En aktør mente at det vil være realistisk å regne med at vi i 2022 ville dyrke tare på 4000 km med dyrkingsline, med 5 km liner pr hektar så vil dette bety 8000 dekar dyrkingsareal.

Dersom en nasjonal lakse- og regnbueørretproduksjon på 1,2 millioner tonn legges til grunn, vil et ambisjonsnivå på 150 dekar tareanlegg pr 1000 tonn laks produsert pr år samlet sett kreve 180 000 dekar tare dyrkingsareal. En aktør hevder at dette under visse forutsetninger kan gi et samlet høstingspotensiale på et sted mellom 200 000 og 300 000 tonn tørrvekt tare. En slik kalkyle legger til grunn at 20% av ekskresjonen (i form av løst N og P) bindes opp i taretilveksten. Dette må regnes som forholdsvis høyt i forhold til tilgjengelig litteratur.

Taren sprer seg fra dyrkingsanlegget til omkringliggende miljø. Ved å sette ut stiklinger fra morplanter hentet fra nærliggende områder (maks 100 km avstand ble nevnt fra en aktør), reduseres trolig deler av den genetiske påvirkningen. Avl vurderes av en aktør som nødvendig for å få bedre resultater (bedre vekstrater, sykdomsresistens og resistens mot begroing). Dersom det startes avl på bestemte tarearter kan spredning innebære en større risiko. Dette sett i lys av at en må anta at diversifiseringen i populasjoner hos tare er høy.

En annen aktør pekte på at størrelsen på akvakulturområdene kan være for små for å gi plass til taredyrking, kanskje spesielt hvis denne skal skje integrert med lakseproduksjonen. Det er bare lokaliteter i områder som åpner opp for høstutsett av laks som kan driftes integrert med brakklegging av all produksjon som inngår.

Flere av aktørene pekte på at makroalger forbruker oksygen i den mørke delen av døgnet, og at dette kan påvirke nærmiljøet (og fiskeproduksjonen) negativt.

Hvorvidt tare eller andre arter som tenkes integrert med produksjon av laks eller regnbueørret kan være en sykdomsvektor, blir påpekt av flere aktører. Det er mulig at dette igjen kan påvirke omkringliggende miljø.

Vil integrert havbruk kunne bli kommersielt interessant?

Tradisjonelle driftsmåter skaper trolig utfordringer i forhold til effektiviteten når lakseoppdrett skal inngå i et integrert havbruksanlegg. En større lakselokalitet på Norskekysten vil gjerne ha smoltutsett i april-mai og få en svak topp i fôringen første høsten (september-oktober) før nedgangen i vanntemperaturen (og døgnet lysperiode) bremser ned lakseveksten. Den største toppen i fôringen kommer andre året i perioden juli-november, og mange lokaliteter vil være ferdig utslaktet til nyttår. Deretter følger en brakkleggingsperiode fram til neste vårs smoltutsett. Enkelte vil holde stor fisk over nyttår og gjennom den andre vinterperioden, gjerne i kombinasjon med et høstutsett av smolt. Også her vil utfôringen gå ned i perioden med lav vanntemperatur.

Sukkertare bør i Midt-Norge settes ut fra august til februar på 5 m dyp eller grunnere for å høstes i juni (Handå m fl 2013). Arten har en naturlig vekstspurt fram mot midtsommeren og det vil trolig være fornuftig å knytte den til lokaliteter med en lakseproduksjon som også avsluttes da (Karlsson-Drangsholt og van Nes 2017). Dette vil i tillegg sikre en ryddig og effektiv påfølgende brakkleggingsperiode.

Også blåskjell synes å dra mest fordeler av nærhet til lakseproduksjon gjennom vinterhalvåret (Handå m fl 2012a). Det kan imidlertid være praktisk utfordrende å plassere installasjoner med blåskjell tilstrekkelig nært kilden for partikkelutslippet og i tilstrekkelig omfang, uten å påvirke vannutskiftningen på en uakseptabel måte (se drøfting i Karlsson-Drangsholt og van Nes (2017)). Avhengig av strømforholdene på lokaliteten, vil partikkeltilførselen til skjellene kunne bli svært ujevn, også over tid. Det kan imidlertid ikke utelukkes at det kan utvikles tekniske

eller operasjonelle løsninger som kommer rundt disse utfordringene slik at blåskjell vil kunne inngå i et integrert konsept.

Deklarering av at IMTA er benyttet kan tenkes å gi en vesentlig premie ved salg av slik oppdrettslaks (Martínez-Espiñeira m fl 2015), men dette må regnes som usikkert.

Egnethet som menneskeemat

Dersom integrert havbruk blir mer omfattende, vil det gi en økt produksjon av arter som tar ut næringsoverskuddet. Det reiser en rekke spørsmål i forhold til hvor attraktive disse produktene kan være, herunder markedsaksept/pris, anvendelse og mattrygghet.

Salg av IMTA-dyrket sukkertare og butare i Canada ble lansert under varemerket «True North» (Chopin m fl 2014), men synes ikke å være blant de markedsførte produktene i dag (se <http://www.truenorthseafood.com/products/>). Den portugisiske småbedriften Algaplus selger både helse relaterte tareprodukter, tørket i salt og fersk tare i bulk (se www.algaplus.pt), og algene markedsføres som dyrket i IMTA. Virksomheten virker ikke å være særlig omfattende. Det synes for øvrig ikke som om alger markedsføres i særlig grad som IMTA-produkter.

Generelt selges tang- og tareprodukter til humant konsum som ferske, tørkede, i kombinasjonsprodukter, som helsekost og i krydderblandinger. Disse stammer fra både ville bestander og monokulturer. På nettet selges en rekke produkter. Opprinnelsesland kan være Irland (tørket vill sukkertare, fingertare, butare, remtang, havsalat, søl, krusflik), Wales (fjærehinne) USA (dyrket fersk sukkertare, tørket kjempetare, søl og krusflik), Sverige (tørket vill tarmgrønnske, sukkertare, blæretang), Island (tørket vill sukkertare, butare, fingertare, søl), Japan [en rekke arter som vill søl, havsalat, arame (*Eisenia bicyclis*), hijiki (en sargassotangart; *Sargassum fusiforme*), nori (*Pyropia yezoensis* og *P. tenera*) og kombu (Japantare *Saccharina japonica*)], Filippinene (blant annet en damoppdrettet grønnalge; sjødruer *Caulerpa lentillifera*), Indonesia (*Kappaphycus* sp og *Euचेuma* sp) New Zealand, Korea (en rekke arter tang, tare, grønn- og rødalger, også oppdrettet) og selvsagt Kina (i hovedsak tareartene *Saccharina japonica* og *Undaria pinnatifida* og rødalger av slektene *Gracilaria* og *Pyropia*). Listen er på langt nær uttømmende, se FAO (2016) for mer detaljerte oversikter.

Den økte interessen for dyrking av alger i Norge (se blant annet Broch, Skjermo og Handå 2016, Almås og Ratvik 2017, Broch, Tiller, Skjermo og Handå 2017) førte til at Mattilsynet bestilte en vurdering potensielt negative helseeffekter for human helse og dyrehelse ved konsum av makroalger fra norske farvann. NIFES leverte sin rapport sommeren 2016 og pekte på flere risikomomenter (Duinker m fl 2016). Det er indikasjoner på at en kan finne forhøyede konsentrasjoner av

uorganisk arsen og kadmium, særlig hos brunalger. Disse høye konsentrasjonene kan sette begrensninger for bruken til mat og som føringredienser. Konsentrasjonen av jod i makroalger er forholdsvis høy, spesielt hos brunalger. Selv et lavt inntak av tørkede brunalger vil gi et jodbidrag over anbefalt dagsdose. Noen alger produserer nervegifter som sekundære nedbrytningsprodukter, men det er ikke rapportert om forgiftninger av slike stoffer i Europa.

Enkelte sekkdyr (tilhørende underorden Stolidobranchia) samles inn som menneskemat og som kosttilskudd blant annet i Middelhavsområdet (*Microcosmus sabatieri* og *M. vulgaris*, *Polycarpa pomaria*) Russland (*Boltenia ovifera* og *Halcynthia aurantium*), Japan (*Microcosmus hartmeyeri* og *Pyura vittata*), Korea (*Halcynthia aurantium* og *Pyura vittata*), sistnevnte også i Chile (Lambert m fl 2016). Siden sekkdyr bruker kjemisk selvforsvar mot rovdyr og i tillegg har en høy evne til å filtrere, vil de kunne inneholde skadelige stoffer, inklusive tungmetaller (se f. eks. Odate og Pawlik 2007). Slike forhold har ført til at EU-kommisjonen iflg Lambert m fl (2016) har satt krav til maksimumsnivåer for marine biotoksiner i sekkdyr beregnet til menneskemat eller bruk i næringsmidler. Artene som spises har svært lave nivåer av vanadium, mens familien Ascidiidae har de høyeste nivåene (Roman, Molina og Rivera 1988). Grønnsekkdyret tilhører forøvrig familien Cionidae som også er kjent å assimilere vanadium til høye nivå - 90µg per gram tørrvekt (Goldberg, McBlair og Taylor 1951; Danskin 2011). Vanadium inngår i hemovanadin i blodcellene (vanadocytterne) hos sekkdyr og sjøpølser. Grunnstoffet påstås å ha positive helseeffekter hos mennesker men å være giftig i tilstrekkelig høye konsentrasjoner avhengig av forbindelsen den foreligger som.

Sjøpølser har en vid anvendelse som menneskemat og helsekost i en rekke asiatiske land, og de høstes også i mellom- og Sør-Amerika (Bordbar m fl 2011). Sjøpølser blir vanligvis høstet fra naturlige bestander, selv om noen land, spesielt Kina, også oppdretter enkelte arter (Choo 2008, Mercier og Hamel 2013). Ulike forbindelser fra sjøpølsearter er rapportert å kunne være blodtrykksreducerende, antikoagulerende, soppdrepende, antiseptiske, cytostatiske, hemolyttiske, antoksiderende, kreftbekjempende og immunregulerende (se blant annet oversikt i Lou m fl 2013, Bordbar *op. cit.*). Sjøpølser inneholder en rekke vitaminer og mineraler (Bordbar *op. cit.*), og det relativt høye proteininnholdet kan gi grunnlag for produksjon av gelatin og kollagen til kosmetikk (Siahaan m fl 2017). Flere sjøpølsearter er giftige, og enkelte arter er så giftige at de har vært brukt av aboriginer som fiskegift i små laguner ved fjære sjø (Frey 1951).

Betraktninger om kommersielle muligheter fra aktørene som driver med integrert havbruk i Norge

Noen av aktørene mener at «de andre» produktene (det vil si alt annet enn laks eller regnbueørret) fra integrert havbruk må kunne anvendes til humant konsum, andre mener at en må være forsiktig med nettopp det. Alger fra norsk oppdrett tilbys allerede til humant konsum enten fersk (blader), tørket som krydder eller i krydderblandinger eller som ingrediens i ferdigretter av fisk.

Hvorvidt mattrygghet er en reell problemstilling oppfattes ulikt. Flere av aktørene er meget opptatt av dette for tare da de ser for seg at taren skal benyttes som menneskemat. Noen driver egne undersøkelser og har dialog med Mattilsynet. Andre mener at problemstillingen er overdrevet, også fordi at tang- og tareprodukter bare vil bli brukt i mindre grad til humant konsum.

Flere av aktørene peker på mulighetene som kan oppstå hvis man finner en effektiv tareart for sommerproduksjon. En aktør peker på at det er vanskelig å etablere storskalaproduksjon av mer verdifulle makroalgearter enn sukkertare, og at dette i første rekke skyldes kunnskapsmangel.

Blåskjell, tare, sekkdyr og flerbørstemark er ifølge flere aktører aktuelle som fôrvarer både til vannlevende og landlevende dyr. Tare og sekkdyr blir også nevnt som råstoff for industriell produksjon med andre formål enn fôr. Slik anvendelse av tare vil unngå mat-trygghetsproblemstillingen, men til gjengjeld få en lavere pris enn til humant konsum. Slike anlegg vil derfor trolig måtte være større enn 150 dekar som er angitt som eksempel tidligere. En aktør viser til at dersom en anleggsstørrelse på 150 da legges til grunn, så vil et slikt anlegg kunne gi en årsproduksjon på 195 tonn tørrvekt tare inneholdende 29 tonn protein, 58 tonn alginat, 20 tonn mannitol og 40 tonn polysakkarider.

De intervjuede aktørene mener at det ikke lar seg gjøre å hente ut en høyere pris på laks fra integrert produksjon sammenlignet med tradisjonelt lakseoppdrett. En aktør peker på at integrert-produsert laks muligens vil bli foretrukket dersom det er overskudd i markedet. De mer indirekte gevinstene er flere av aktørene positive til. Flere arter i integrert produksjon vil fungere som økosystemtjenester for lakseproduksjonen. Noen av aktørene pekte på at det trolig etter hvert vil være nødvendig å etablere slike økologisk sett stabiliserende produksjonsformer for å håndtere utslipp fra lakseproduksjonen. En aktør som driver på denne måten vil trolig også kunne få en omdømmegevinst.

Hva trengs av forskning for å belyse potensialet for integrert havbruk?

- Det mangler (offentlig tilgjengelig) kunnskap om dyrkingsteknikker for høyt prisede makroalger. Dette er en oppfatning hos flere av de intervjuede aktørene.
- Det mangler kunnskap om opptak av legemidler og fremmedstoffer i arter som er aktuelle i integrert havbruk, også hvordan disse påvirker oppdrettsartene og akkumulerer i et integrert system (Karlsson-Drangsholt og van Nes 2017).
- Det mangler kunnskap om smittepotensialet mellom arter i integrert havbruk, og smitteinteraksjonene med viltlevende arter rundt slike anlegg (Karlsson-Drangsholt og van Nes 2017). Tidligere (på 80- og 90-tallet) har det vært uttrykt bekymring for at flere arter på samme lokalitet kan øke overlevelsespotensialet for uønskede mutasjoner i ulike agens, og også dette temaet krever trolig en ytterligere faglig belysning.
- Generelt må det forskes mer på interaksjoner mellom de ulike artene i integrert oppdrett. Positive og negative effekter for lakse- eller regnbueørretproduksjonen bør trolig vies spesiell oppmerksomhet da det vil være avgjørende for om lakseaktører vil satse på en integrert driftsform eller ikke.
- Lokaliserings- og designkriterier for integrert oppdrett er det generelt mangelfull kunnskap om. Dette omfatter hvordan slik produksjon bør lokaliseres for å sikre en mest mulig effektiv overføring av utslipp fra en art til en annen. Det er eksempelvis usikkert hvilken betydning ulik eksponeringsgrad har (Olsen m fl 2008; Karlsson-Drangsholt og van Nes 2017).
- Integrert produksjon kan også innebære oppsamling av utslipp for så å overføre dette fysisk til et annet sted for å sikre et mer effektivt opptak. Dette kan i Norge tenkes gjort i forbindelse med landbaserte operasjoner, og selv om det er gjort i hvert fall ett slikt prosjekt i Norge, er det behov for mer kunnskap hvis dette prinsippet skal tas i effektiv bruk.

- Det vil være viktig å få mer kunnskap om hvordan en kan tilrettelegge for effektiv rekruttering og høsting av opportunister som samles under og rundt et oppdrettsanlegg. Både hvor mye som omsettes og hvordan løse slik tilrettelegging rent teknologisk.
- En annen form for integrert produksjon vil kunne drives i spesielt høyintensive områder hvor det trolig ikke er tilsvarende krav til samme umiddelbare nærhet mellom artene som har vært prinsippet så langt i Norge. Det mest kjente eksempelet er Sanggou-bukten i Kina (Fang m fl 2016, Xu m fl 2017), men også litteraturen fra Kina påpeker lokalisering også i slike sammenhenger som vesentlig (Wartenberg m fl 2017).
- Det mangler fortsatt kunnskap om mattrygghet knyttet til produkter fra integrert havbruk generelt. Duinker m fl (2016) gir en god kunnskapsoversikt for makroalger som sådan, men det mangler tilsvarende kunnskapsgjennomganger for flere av de andre artsgruppene som er aktuelle. Det er flere kjente problemstillinger fra skjelloppdrett som vil være aktuelle også i integrert oppdrett.
- Det mangler populasjonsgenetisk kunnskap for en rekke av de aktuelle artsgruppene, og hvordan spredning fra oppdrett kan påvirke genetisk. Det betyr at vi ikke har sikker kunnskap for hva som tilstrekkelig stedegent. Dette er ikke en problemstilling som er spesifikk for integrert havbruk, selv om interessen for oppdrett av mer lavtrofiske arter tidvis er knyttet til denne driftsformen. Makroalger og flerbørstemark har stor grad av genetisk differensiering sammenlignet med andre artsgrupper (Bradbury m fl 2008). Tare dyrking bør basere seg på lokalt materiale – vi vet for lite om populasjonsstrukturene for de ulike tareartene i dag (Karlsson-Drangsholt og van Nes 2017). Hvis det startes avl på tarearter så vil problemstillingene rundt dette aktualiseres ytterligere. Men også hvordan et avlsprogram på f eks sukkertare skal legges opp vil kreve en forskningsinnsats.

Det er for tiden fem forskningstillatelser i drift som har integrert havbruk som spesifikt forskningsformål. Samtlige ligger i Hordaland eller Sogn og Fjordane.

Er regelverket tilpasset integrert havbruk som oppdrettsform?

Regelverket stiller flere krav til aktørene som ønsker å starte og drive integrert havbruk.

Søker må søke om en tillatelse for hver art (det har tidvis vært søkt om flere arter på samme skjema). For laks, ørret og regnbueørret skal søknaden behandles ihht laksetildelingsforskriften. For andre fiskearter og bløtdyr, krepsdyr og pigghuder gjelder forskrift om tillatelse til akvakultur av andre arter enn laks, ørret og regnbueørret. For tang og tare tildeles tillatelsene etter loven, inntil videre av departementet selv. Skal det gis tillatelse til flere arter på en lokalitet, må Fiskeridirektoratet gi dispensasjon til kravet om én art (Tildelingsforskriften andre arter § 21 hensett til § 4). Noen aktører opererer med flere uvanlig nærliggende lokaliteter, uten at det ser ut til at hensikten er å omgå regelkravet om dispensasjon.

Dersom akvakultur av fisk i flytende akvakulturanlegg er en del av driften, så vil forskrift om krav til teknisk standard for flytende akvakulturanlegg (NYTEK-forskriften) stille en del krav. Eventuelle ekstra installasjoner må inngå i anleggssertifikatet og omtales i brukerhåndboken dersom slike innfestes i selve anlegget, flytekragen eller bunnringen. Dersom utstyr skal innfestes i fortøyningslinjer så må dette medtas i fortøyningsanalysen og anleggssertifikatet.

Integrert havbruk kan medføre en del operasjoner som ikke er vanlig å gjøre på et flytende akvakulturanlegg. Disse må risikovurderes av oppdretter i forhold til rømming av fisk (Akvakulturdriftsforskriften § 37).

Så lenge andre arter dyrkes eller oppdrettes i samme anlegg som laks, så inngår disse trolig i brakkleggingskravet med mindre annet er presisert (Akvakulturdriftsforskriften § 40 tredje ledd). Dersom de andre artene dyrkes eller oppdrettes i andre installasjoner og formelt på andre lokaliteter enn laksen, så har Mattilsynet så langt ikke kommet med krav om synkronisert brakklegging med lakselokaliteten. Men det er trolig gråsoner her, både for hva som definerer adskilte lokaliteter og hva som ansees nødvendig også innenfor samme lokalitet for ulike arter.

Innspill om regelverk og forvaltningen fra aktørene som driver med integrert havbruk i Norge

Flere av aktørene som ønsket å starte opp med integrert havbruk for noen år siden følte da at mye var uavklart. Det gikk en del tid med til avklaringer og søknader,

men samtidig ble forvaltningen oppfattet som både fleksibel og konstruktiv. Flere pekte på at det var bedre rutiner for søknadsbehandlingen nå enn før.

En aktør peker på at havbeitetillatelse må åpne opp for flere arter i bunnkultur enn i dag. Det er videre en problemstilling at det utløser bare ett saksbehandlingsgebyr å søke om én stor lokalitet som eventuelt båndlegger et stort område som bare delvis egner seg til formålet. Å søke om flere mindre lokaliteter som alle er fullt ut egnet hadde vært å foretrekke både for søker og i forhold til andre interesser, men det utløser flere gebyr.

Noen av aktørene pekte på at spesielt ved taretilletelse ville det være fordelaktig å få avklart og båndlagt eventuelle ekspansjonsarealer for å skape større forutsigbarhet.

Flere av aktørene har kritiske merknader til kommunenes saksbehandling. Når søknaden ikke dreier seg om laks så vil gjerne andre motstridende hensyn (ift oppdrett) bli mer tungtveiende enn ellers.

En aktør mente at det var for mange høringsinstanser inne i saksbehandlingen av søknad om tillatelse.

Utslippstillatelse knyttet til tare har antagelig så langt fått litt ulike vilkår. En aktør var pålagt ROV-inspeksjon før start og etter to års drift, noe som ble oppfattet som fornuftig. Samtidig ble kravet om miljøundersøkelser i forkant ansett som unødvendig. En annen aktør mente at Fylkesmannen (Miljøvernadv.) hadde en «rar» tilnærming i arbeidet med å vurdere søknaden om utslippstillatelse, og mente at dette var et utslag av kunnskapsmangel.

En aktør pekte på at tarerigger var utfordrende å fortøye på dypt vann. Det er en del tekniske utfordringer knyttet til oppstramming av fortøyningene dersom de er forankret for dypt. Det fins ikke spesifikke myndighetspålagte tekniske krav for tarerigger, en aktør brukte utskiftede laksefortøyninger og gikk da opp en dimensjon ift laksestandard. Tarerigger inneholder en stor mengde tau og knuter, og krever et vesentlig ettersyn etter uvær. Regelfestede tekniske krav til lakseanlegget skapte en del utfordringer for nærtliggende tarerigger mente en aktør.

Ingen av de intervjuede aktørene dyrket tare i selve lakseanlegget, men brukte egne tarerigger. Det var likevel en problemstilling med kryssende fortøyninger mellom tare- og lakseanlegg, og en av aktørene hadde kjøpt ROV for å kunne følge med på evt slitasje som følge av dette.

En aktør hadde kritiske merknader knyttet til Mattilsynets arbeid mot spredning av skjellsykdommer. Vedkommende mente at her var ambisjonsnivået høyere enn hva regelverket tilsier.

En aktør hadde fått Kystverket på besøk, og mente at det hadde gått greit.

I intervjuperioden var det høring av forslag til regelverksendringer knyttet til tang- og taretillatelser. En aktør var i den forbindelse bekymret over størrelsen på et eventuelt beløp pålagt avsatt til opprydding. Det kunne fort bli en million kroner i bundet kapital mente vedkommende, og det ville være tyngende for et firma i en oppstartsfase. Da var det riktigere med et felles opprydningsfond.

Noen av aktørene mente at systemet fremstår som byråkratisk, at selve søknadsprosessen fremstår som OK, men at kunnskapsgrunnlaget hos forvaltningen varierte mye.

Kilder

- Ackefors, H. and Enell, M. 1990. Discharge of nutrients from Swedish fish farming to adjacent sea areas. *Ambio* 19: 28-35.
- Ahlgren, M.O. 1998. Consumption and assimilation of salmon net pen fouling debris by the red sea cucumber *Parastichopus californicus*: implications for polyculture. *J World Aquacult Soc* 29: 133-139.
- Ahn, O., Petrell, R.J. and Harrisson, P.J. 1998. Ammonium and nitrate uptake by *Laminaria saccharina* and *Nereocystis luetkeana* originating from a salmon sea cage farm. *J. Appl. Phycol.* 10: 333-340.
- Almås, K.A. og Ratvik, I. 2017. Sjøkart mot 2050. *SINTEF Rapport* OC2017 A-092, 47 sider.
- Anon. 2011. *Vurdering av eutrofieringssituasjonen i kystområder, med særlig fokus på Hardangerfjorden og Boknafjorden*. Rapport, Fiskeridepartementet. 83 sider.
- Anon. 2017a. *Veikart for havbruksnæringen. Sunn vekst*. Norsk Industri, 72 sider.
- Anon. 2017b. *Havbruk 2030. Tenke globalt, handle lokalt*. SjømatNorge, 16 sider.
- Anon. 2017c. Resultatrapportering til Fiskeridirektoratet fra Lerøy Vest AS, H ØN0046. FD0036-1308141. 9 sider.
- Andersen, S. (red.), Strohmeier, T., Strand, H.K. og Strand, Ø. 2014. Karbonfangst og matproduksjon i fjorder. *Rapport fra Havforskningen* Nr 7- 2014.
- Ballester-Moltó, M., Sanchez-Jerez, P. and Aguado-Giménez, F. 2017. Consumption of particulate wastes derived from cage fish farming by aggregated wild fish. An experimental approach. *Mar. Environ. Res.* 130: 166-173
- Bannister, R.J., Johnsen, I.A., Hansen, P.K., Kutti, T. and Asplin, L. 2016a. Near- and far-field dispersal modelling of organic waste from Atlantic salmon aquaculture in fjord systems. *ICES Journal of Marine Science* 73: 2408-2419.
- Bannister, R., Bergvik, M., Broch, O.J., Cranford, P.,.....og Olsen, Y. 2016b. Exploitation of Nutrients from Salmon Aquaculture. Final Report EXPLOIT 2012-2016 to the Research Council of Norway. 4 sider [in mimeo].
- Barbosa, M., Lopes, G., Ferreres, F., Andrade, P.B., Pereira, D.M., Gil-Izquierdo, Á. and Valentão, P. 2017. Phlorotannin extracts from Fucales: Marine polyphenols as bio-regulators engaged in inflammation-related mediators and enzymes. *Algal Res.* 28: 1-8.

Ben-Ari, T., Neori, A., Ben-Ezra, D., Shauli, L., Odintsov, M., Shpigel, M. 2014. Management of *Ulva lactuca* as a biofilter of mariculture effluents in IMTA system. *Aquaculture* 434: 493-498.

Beveridge, M. 1987. *Cage Aquaculture*. Fishing News Ltd., Farnham, England.

Bordbar, S., Anwar, F. and Sari, N. 2011. High-Value Components and Bioactives from Sea Cucumbers for Functional Food – A Review. *Mar. Drugs* 9: 1761-1805

Bradbury, I.R., Laurel, B., Snelgrove, P.V.R., Bentzen, P., Campana, S.E. 2008. Global patterns in marine disposal estimates: the influence of geography, taxonomic category and life history. *Proc Biol. Sci.* 275: 1803-1809.

Brager, L.M., Cranford, P.J., Jansen, H. and Strand, Ø. 2016. Temporal variations in suspended particulate waste concentrations at open-water fish farms in Canada and Norway *Aquacult Environ Interact* 8: 437-452. doi: 10.3354/aei00190.

Broch, O.J., Ellingsen, I.H., Forbord, S.,.....and Skjermo, J. 2013. Modelling the cultivation and bioremediation potential of the kelp *Saccharina latissima* in close proximity to an exposed salmon farm in Norway. *Aquacult Environ Interact* 4: 187-206. doi: 10.3354/aei00080.

Broch, O.J., Skjermo, J., Handå, A. 2016. Potensialet for storskala dyrking av makroalger I Møre og Romsdal. *SINTEF Rapport A27869*, 66 sider.

Broch, O.J., Tiller, R., Skjermo, J. og Handå, A. 2017. Potensialet for dyrking av makroalger i Trøndelag. *SINTEF Rapport OC2017 A-200*, 61 sider.

Brod, E., Haraldsen, T. K. og Krogstad, T. 2016. Fiskeslam som nitrogengjødsel. Effekt av ulike behandlingsteknologier. *NIBIO Rapport (2)* 118. 19 sider.

Buck, B.H., Nevejan, N., Wille, M., Chambers, M.D., and Chopin, T. 2017. Offshore and multi-use aquaculture with extractive species: seaweeds and bivalves. pp 23-69 In B.H. Buck and R. Langan (Eds.): *Aquaculture perspective of multi-use sites in the open ocean: The untapped potential for marine resources in the anthropocene*. Springer, Dordrecht, XX + 404 p, April 2017.

Buschmann, A. H., Camus, C., Infante, J., Neori, A,Critchley, A.T. 2017. Seaweed production: overview of the global state of exploitation, farming and emerging research activity. *Eur. J. Phycol.* 52: 391-406.

Callier, M.D., Byron, C.J., Bengtson, D.A., Cranford, P.J., McKindsey, C.W. 2017. Attraction and repulsion of mobile wild organisms to finfish and shellfish aquaculture: a review. *Reviews in Aquaculture* (2017) 0: 1-26.

- Carroll, M.L., Cochrane, S., Fieler, R., Velvin, R., and White, P. 2003. Organic enrichment of sediments from salmon farming in Norway: environmental factors, management practices, and monitoring techniques. *Aquaculture* 226: 165-180.
- Chapman, A., Stévant, P., Schipper, J., Kråkås, Ø., Aspøy, B. og Stavland A. 2014. *Markedsvurdering for bærekraftig algedyrking i integrert multitrofisk akvakultur (IMTA)-anlegg*. Rapport MA 14-15. Møreforskning, Ålesund. 33 sider.
- Cheshuk, B.W., Purser, G.J., Quintana, R. 2003. Integrated open-water mussel (*Mytilus planulatus*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*) culture in Tasmania, Australia. *Aquaculture* 218: 357-378.
- Choo, P.S. 2008. Population Status, Fisheries and Trade of Sea Cucumbers in Asia. In: Sea Cucumbers. A Global Review of Fisheries and Trade; Toral-Granda, V., Lovatelli, A., Vasconcellos, M., Eds.; *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper* No. 516; FAO: Rome, Italy, 2008.
- Chopin, T., Lively, A., Wiper, J. and Totten, L. 2014. Canadian IMTA kelps get organic certification and are ready to hit the marketplace. *Aquaculture Europe* 39 (2) 14-15.
- Cohen, I. and Neori, A. 1991. *Ulva lactuca* biofilter for marine fishpond effluents. I. Ammonia uptake kinetics and nitrogen content. *Bot Mar* 34: 475-482.
- Cook, E.J., Bell, M.V., Black, K.D and Kelly, M.S. 2000. Fatty acid compositions of gonadal material and diets of the sea urchin, *Psammechinus miliaris*: trophic and nutritional implications. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 255: 261-274
- Cook, E.J. and Kelly, M.S. 2007. Enhanced production of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in integrated open-water cultivation with Atlantic salmon *Salmo salar*. *Aquaculture* 273: 573-585
- Cranford, P.J., Reid, G.K., Robinson, S.M.C. 2013. Open water integrated multi-trophic aquaculture: constraints on the effectiveness of mussels as an organic extractive component. *Aquac. Environ. Interact.* 4, 163-173
- Cranford, P.J., Strohmeier, T., Filgueira, R. and Strand, Ø. 2016. Potential methodological influences on the determination of particle retention efficiency by suspension feeders: *Mytilus edulis* and *Ciona intestinalis*. *Aquatic Biology* 25: 61-73 DOI: 10.3354/ab00660
- Cubillo, A.M., Ferreira, J.G., Robinson, S.M.C., Pearce, C.M., Corner, R.A. and Johansen, J. 2016. Role of deposit feeders in integrated multi-trophic aquaculture – A model analysis. *Aquaculture* 453: 54-66.

- Danskin, G.P. 2011. Accumulation of heavy metals by some solitary tunicates. *Can. J. Zool.* 56: 547-551
- Dempster, T., Uglem, I., Sanchez-Jerez, P., Fernandez-Jover, D., Bayle-Sempere, J., Nilsen, R. and Bjørn, P.A. 2009. Coastal salmon farms attract large and persistent aggregations of wild fish: an ecosystem effect. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 385: 1-14
- Duinker, A., Roiha, I.S., Amlund, H.....and Lunestad, B.T. 2016. Poetential risks posed by macroalgae for application as feed and food. *NIFES Report* 17 June 2016; 24 pp.
- Fang, J. Zhang, J., Xiao, T., Huang, D., Liu, S. 2016. Integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in Sanggou Bay, China. *Aquacult. Environ. Interact.* 8: 201-205.
- FAO. 2016. The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. (SOFIA)
- Farestveit, T., Møyland, E. og Daae, I. Aa. 2015. Bedre utnyttelse av fosfor i Norge. *Miljødirektoratet Rapport.* M-351. 32 sider.
- Feehan, C.J., Grauman-Boss, B.C., Strathmann, R.R., Dethier, M.N. and Duggins, D.N. 2017. Kelp detritus provides high-quality food for sea urchin larvae. *Limnol. Oceanogr.* doi:10.1002/lno.10740
- Fei, X. 2004. Solving the coastal eutrophication problem by large scale seaweed cultivation. *Hydrobiologia* 512: 145-151
- Felsing, M., Glencross, B., Telfer, T., 2005. Preliminary study on the effects of exclusion of wild fauna from aquaculture cages in a shallow marine environment. *Aquaculture* 243: 159-174. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.09.033>.
- Fernand, F., Israel, A., Skjermo, J.,...Golberg, A. 2017. Offshore macroalgae biomass for bioenergy production: Environmental aspects, technological achievements and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 75:35-45
- Filgueira, R., Guyondet, T., Reid, G.K., Grant, J. and Cranford, P.J. 2017. Vertical particle fluxes dominate integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) sites: implications for shellfish-fish synergy. *Aquacult Environ Interact* 9: 127-143. doi: 10.3354/aei00218
- Frey, D.G. 1951. The use of sea cucumber in poisoning fishes. *Copeia* 2: 175-176
- Goldberg, E.D., McBlair, W. and Taylor, K.M., 1951. The uptake of vanadium by tunicates. *Biol. Bull* 101: 84-94

Graydon, C.M., Robinson, S.M., Scheibling, R.E. and Cooper, J.A. 2012. Canthaxanthin as a potential tracer of salmon feed in mussels (*Mytilus* spp.) and sea urchins (*Strongylocentrotus droebachiensis*). *Aquaculture* 366–367: 90–97

Green, L., Sutula, M. and Fong, P. 2014. How much is too much? Identifying benchmarks of adverse effects of macroalgae on the macrofauna in intertidal flats. *Ecol. Appl.* 24: 300-314 doi: 10.1890/13-0524.1

Guo, X. and Luo, Y. 2016. Scallops and Scallop Aquaculture in China. In: Shumway, S.E. and Parsons, G.J. (eds). *Scallops: Biology, Ecology, Aquaculture, and Fisheries*. Third ed. Elsevier Science, Oxford. pp 937-952.

Handå, A., Min, H., Wang, X., *et al.* 2012a. Incorporation of fish feed and growth of blue mussels (*Mytilus edulis*) in close proximity to salmon (*Salmo salar*) aquaculture: implications for integrated multi-trophic aquaculture in Norwegian coastal waters. *Aquaculture* 356-357: 328-341.

Handå, A., Ranheim, A., Olsen, A.J., *et al.*, 2012b. Incorporation of salmon fish feed and feces components in mussels (*Mytilus edulis*): implications for integrated multi-trophic aquaculture in cool-temperate North Atlantic waters. *Aquaculture* 370-371: 40-53.

Handå, A., Forbord, S., Wang, X.,.....and Skjermo, J. 2013. Seasonal- and depth-dependent growth of cultivated kelp (*Saccharina latissima*) in close proximity to salmon (*Salmo salar*) aquaculture in Norway. *Aquaculture* 414-415: 191-201.

Hannah, L., Pearce, C.M. and Cross, S.F. 2013. Growth and survival of California sea cucumbers (*Parastichopus californicus*) cultivated with sablefish (*Anaplopoma fimbria*) at an integrated multi-trophic aquaculture site. *Aquaculture* 406-407: 34-42.

Hansen, P.K., Husa, V., Bannister, R., Kutti, T., Norderhaug, K.M., Naustvoll, L-J., Jakobsen, H.R., 2017. Vurdering av egnethet av utslippsindikator for næringssalter og organisk materiale på produksjonsområdenivå. *Rapport fra Havforskningen* nr 23 - 2017. 11 sider.

Irisarri, J., Fernández-Reiriz, M.J., Labarta, U., Cranford, P., Robinson, S.H. 2014. Availability and utilization of waste fish feed by mussels *Mytilus edulis* in a commercial integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) system: A multi-indicator assessment approach. *Ecological indicators* 48: 673-686

Jansen, H.M. 2012. *Bivalve nutrient cycling – nutrient turnover by suspended mussel communities in oligotrophic fjords*. PhD-thesis. Wageningen University, The Netherlands. xx pp.

- Jansen, H.M., Reid, G.K., Bannister, R.J.,and Strand, Ø. 2016. Discrete water quality sampling at open-water aquaculture sites: limitations and strategies. *Aquacult Environ Interact* 8: 463-480. doi: 10.3354/aei00192.
- Jansen, H., Strand, Ø., Cranford, P. og Handå, A. 2015. Multitrofisk akvakultur: Hvor går utviklingen? Havforskningsrapporten 2015. *Fisken og havet*, særnummer 3-2015, side 44-46.
- Jones, T.O., Iwama, G.K. 1991. Polyculture of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thunberg), with chinook salmon, *Oncorhynchus tshawytscha*. *Aquaculture* 92: 313-322.
- Karlsson-Drangsholt, A. og Torp, K. 2017. *Livsløpanalyse for integrert havbruk i Norge*. Bellona, 18 sider.
- Karlsson-Drangsholt, A. og van Nes, S. 2017. *Miljøkonsekvensanalyse: Integrert havbruk i Norge*. Bellona, 73 sider.
- Krumhansl, K.A. and Scheibling, R.E. 2012. Production and fate of kelp detritus. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 467: 281-302
- Kutti, T., Ervik, A. and Hansen, P.K. 2007a. Effects of organic effluents from a salmon farm on a fjord system. I. Vertical export and dispersal processes. *Aquaculture* 262: 367-381.
- Kutti, T., Hansen, P.K., Ervik, A., Høisæter, T. and Johannessen, P. 2007b. Effects of organic effluents from a salmon farm on a fjord system. II. Temporal and spatial patterns in infauna community composition. *Aquaculture* 262: 355-366.
- Lambert, G., Karney, R.C., Rhee, W.Y and Carmann, M.R. 2016. Wild and cultured edible tunicates: a review. *Mgmt. Biol. Invasions* 7: 59-66
<http://dx.doi.org/10.3391/mbi.2016.7.1.08>
- Lindahl, O., Hart, R., Hernroth, B., Kollberg, S., Loo, L.-O., Olrog, L., Rehnstam-Holm, A.-S., Svensson, J., Svensson, S., Syversen, U. 2005. Improving Marine Water Quality by Mussel Farming: A Profitable Solution for Swedish Society. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*. 34, 131-138.
- Lou, Y-J., Huang, G., Zhao, Y-L., Lu, X-J. and Chen, J. 2013. Protective role of the polysaccharides from sea cucumber, *Acaudina molpadioidea*, in cecal ligation and puncture-induced species. *Current Topics in Nutraceutical Research* 11: 29-34
- MacDonald, B.A., Robinson, S.M.C., Barrington, K.A. 2011. Feeding activity of mussels (*Mytilus edulis*) held in the field at an integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) site (*Salmo salar*) and exposed to fish food in the laboratory. *Aquaculture* 314: 244-251.

MacDonald, C.L., Stead, S.M. and Slater, M.J. 2013. Consumption and remediation of European Seabass (*Dicentrarchus labrax*) waste by the sea cucumber *Holothuria scabra*. *Aquacult. Int.* 21: 1279-1290.

Mahmood, T., Fang, J., Jiang, Z., Zhang, J. 2016. Carbon and nitrogen flow, and trophic relationships, among the cultured species in an integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) bay. *Aquacult. Environ. Interact.* 8: 207-219.

Martínez-Espiñeira, R., Chopin, T., Robinson, S., Noce, A., Knowler, D., Yip, W., 2015. Estimating the biomitigation benefits of Integrated Multi-Trophic Aquaculture: A contingent behaviour analysis. *Aquaculture* 437: 182-194.

McKindsey, C.W., Archambault, P., Callier, M.D. and Olivier, F. 2011. Influence of suspended and off-bottom mussel culture on the sea bottom and benthic habitats: a review. *Can. J. Zool.* 89: 622-646.

Mercier, A. and Hamel, J.-F. 2013. Sea cucumber aquaculture: hatchery productions, juvenile growth and industry challenges. In: Allan, G. and Burnell, G. (eds.): *Advances in aquaculture hatchery technology*. Woodhead Publ. Ltd., Cambridge, pp 431-454.

Navarrete-Mier, F., Sanz-Lazaro, C., Marin, A. 2010. Does bivalve mollusc polyculture reduce marine fin fish farming environmental impact? *Aquaculture* 306: 101-107.

Nelson, E.J., MacDonald, B.A. and Robinson, S.M.C. 2012. The absorption efficiency of the suspension-feeding sea cucumber, *Cucumaria frondosa*, and its potential as an extractive integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) species. *Aquaculture* 370-371: 19-25.

Neori, A., Troell, M., Chopin, T., Yarish, C., Critchley, A. and Buschmann, A.H. 2007. The need for a balanced ecosystem approach to blue revolution aquaculture. *Environment* 49: 36-43

Odate, S. and Pawlik, J.R. 2007. The role of vanadium in the chemical defense of the solitary tunicate, *Phallusia nigra*. *J. Chem. Ecol.* 33: 643-654

Olsen, L.M., Holmer, M. and Olsen, Y. 2008. Perspectives of nutrient emission from fish aquaculture in coastal waters. Literature review with evaluated state of knowledge. FHF Project no 542014, Final Report. *Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond*, 87 sider.

Olsen, S.A., Ervik, A. and Grahl-Nielsen, O. 2009. Deep water shrimp (*Pandalus borealis*, Krøyer 1838) as indicator organism for fish-farm waste. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 381: 82-89

- Olsen, S.A., Ervik, A. and Grahl-Nielsen, O. 2012. Tracing fish farm waste in the northern shrimp *Pandalus borealis* (Krøyer, 1838) using lipid biomarkers. *Aquacult. Environ. Interact.* 2: 133-144.
- Peharda, M., Zupan, I., Bavcevic, L., Frankic, A., Klanjscek, T. 2007. Growth and condition index of mussel *Mytilus galloprovincialis* in experimental integrated aquaculture. *Aquacult. Res.* 38: 1714-1720.
- Petersen, S.M. 2016. Feeding response to fish feed diets in *Ciona intestinalis*; implications for IMTA. MSc thesis, University of Bergen. 75 pp.
- Redmond, K.J., Magnesen, T., Hansen, P.K., Strand, Ø., Meier, S. 2010. Stable isotopes and fatty acids as tracers of the assimilation of salmon fish feed in blue mussels (*Mytilus edulis*). *Aquaculture* 298: 202-210.
- Reid, G.K., Liutkus, M., Robinson, S.M.C., Chopin, T.R., Blair, T., Lander, T., Mullen, J., Page, F. and Moccia, R.D. 2009. A review of the biophysical properties of salmonid faeces: implications for aquaculture waste dispersal models and integrated multi-trophic aquaculture. *Aquacult. Res.* 40: 257-273
- Reid, G.K., Chopin, T., Robinson, S.M.C., ..., Belya, E. 2013. Weight ratios of the kelps, *Alaria esculenta* and *Saccharina latissima*, required to sequester dissolved inorganic nutrients and supply oxygen for Atlantic salmon, *Salmo salar*, in Integrated Multi-Trophic Aquaculture systems. *Aquaculture* 408-409: 34-46.
- Robinson, S.M.C. and Reid, G.K. 2014. Review in the Potential Near-and Far-Field Effects of the Organic Extractive Component of Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA) in Southwest New Brunswick with Emphasis on the Blue Mussel (*Mytilus edulis*). *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc* 2014/026. vii + 60 p.
- Roman, D.A., Molina, J. and Rivera, L. 1988. Inorganic aspects of the blood chemistry of ascidians. Ionic composition, and Ti, V, and Fe in the blood plasma of *Pyura chilensis* and *Ascidia dispar*. *Biol. Bull.* 175: 154-166.
- Sanderson, J.C., Cromey, C.J., Dring, M. and Kelly, M. 2008. Distribution of nutrients for seaweed cultivation around salmon cages at farm sites in north-west Scotland. *Aquaculture* 278: 60-68.
- Sanderson, J.C., Dring, M.J., Davidson, K. and Kelly, M.S. 2012. Culture, yield and bioremediation potential of *Palmaria palmata* (Linnaeus) Weber & Mohr and *Saccharina latissima* (Linnaeus) C.E. Lane, C. Mayes, Druehl & G.W. Saunders adjacent to fish farm cages in northwest Scotland. *Aquaculture* 354-355: 128-135.
- Sanz-Lazaro, C. and Sanches-Jerez, P. 2017. Mussels do not directly assimilate fish farm wastes: Shifting the rationale of integrated multi-trophic aquaculture to a

broader scale. *J. Environm. Mgmt.* 201: 82-88.

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.06.029>

Siahaan, E.A., Pangestuti, R., Munandar, H. and Kim, S-K. 2017. Cosmeceuticals Properties of Sea Cucumbers: Prospects and Trends. *Cosmetics* 4, 26

Skjeremo, J., Handå, A., Forbord, S., Broch, O.J., Reitan, K.I. 2012. Dyrking av tare i IMTA. *Fiskehelse* juni 2010: 19-20

Skog, T.E., Hylland, K., Torstensen, B., Berntssen, M.H.G. 2003. Salmon farming affects the fatty acid composition and taste of wild saithe *Pollachius virens* L. *Aquacult. Res.* 34: 999-1007

Stévant, P., Rebours, C. and Chapman, A. 2017. Seaweed aquaculture in Norway: recent industrial developments and future perspectives. *Aquacult. Int.* DOI 10.1007/s10499-017-0120-7.

Strand, Ø., og Steen, H. 2011. Integrert multitrofisk akvakultur i Norge. I Havforskningsrapporten 2011. *Fisken og havet*, særnummer 4-2011, side 16-17.

Strand, Ø., Jansen, H.M., Jiang, Z., Robinson, S.M.C. *In press*. Perspectives on bivalves providing regulating services in Integrated Multi- Trophic Aquaculture. *In: Smaal, A.C., Ferreira, J., Grant, J., Petersen, J., Strand, Ø. (eds). Goods and Services of Marine Bivalves.* Springer.

Svåsand, T., Karlsen, Ø., Kvamme, B.O., Stien, L.H., Taranger, G.L. og Boxaspen, K.K. (red.). 2016. Risikovurdering av norsk fiskeoppdrett 2016. *Fisken og havet*, særnr. 2-2016. 190 sider.

Svåsand, T., Grefsrud, E.S., Karlsen, Ø., Kvamme, B.O., Glover, K.S., Husa, V. og Kristiansen, T.S. (red.). 2017. Risikoreport norsk fiskeoppdrett 2017. *Fisken og havet*, særnr 2-2017. 179 sider.

Taranger, G.L., Karlsen, Ø., Bannister, R.J., Glover, K.A., Husa, V., Karlsbakk, E., Kvamme, B.O., Boxaspen, K.K., Bjørn, P.A., Finstad, B., Madhun, A.S., Morton, H.C. and Svåsand, T. 2014. Risk assessment of the environmental impact of Norwegian Atlantic salmon farming. *ICES Journal of Marine Science*, doi: 10.1093/icesjm/fsu132

Tolon, M.T., Emiroglu, D., Gunay, D. and Ozgul, A. 2017. Sea cucumber (*Holothuria tubulosa* Gmelin, 1790) culture under marine fish net cages for potential use in integrated multi-trophic aquaculture (IMTA). *Indian J Geo Mar Sci* 46 (4): 749-756.

- Uglem, I., Dempster, T., Bjørn, P.-A., Sanchez-Jerez, P. 2009. High connectivity of salmon farms revealed by aggregation, residence and repeated migrations of wild saithe (*Pollachius virens*) among farms. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 384: 251-260.
- Valdemarsen, T., Hansen, P.K., Ervik, A. and Bannister, R.J. 2015. Impact of deep-water fish farms on benthic macrofauna communities under different hydrodynamic conditions. *Mar. Poll. Bull.* 101: 776-783
- Vásquez, J.A. 2008. Production, use and fate of Chilean brown seaweeds: resources for a sustainable fishery. *J. Appl. Phycol.* 20: 457-467.
- Vita, R., Marín, A., Madrid, J., Jiménez-Brinquis, B., Cesar, A., Marín-Guirao, L., 2004. Effects of wild fishes on waste exportation from a Mediterranean fish farm. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 277: 253-261. <http://dx.doi.org/10.3354/meps277253>.
- Wallace, J.C., 1980. Growth rates of different populations of the edible mussel, *Mytilus edulis*, in north Norway. *Aquaculture* 19: 303-311.
- Wang, X., Andresen, K., Handå, A., Jensen, B., Reitan, K.I. and Olsen, Y. 2013. Chemical composition and release rate of waste discharge from an Atlantic salmon farm with an evaluation on IMTA feasibility. *Aquacult. Environ. Interact.* 4: 147-162
- Wang, X., Broch, O.J., Forbord, S.,.....and Olsen, Y. 2014. Assimilation of inorganic nutrients from salmon (*Salmo salar*) farming by the macroalgae (*Saccharina latissima*) in an exposed coastal environment: implications for integrated multi-trophic aquaculture. *J Appl. Physiol.* (2014) 26: 1869-1878.
- Wang, X., Olsen, L.M., Reitan, K.I. and Olsen, Y. 2012. Discharge of nutrient wastes from salmon farms: environmental effects, and potential for integrated multi-trophic aquaculture. *Aquacult. Environ. Interact.* 2: 267-283.
- Wartenberg, W., Feng, L., Wu, J.J., Mak, Y.L., Chan, L.L., Telfer, T.C. and Lam, K.S. 2017. The impacts of suspended mariculture on coastal zones in China and the scope for Integrated Multi-Trophic Aquaculture. *Ecosystem Health and Sustainability.* 20 pp. <http://dx.doi.org/10.1080/20964129.2017.1340268>
- White, C.A., Bannister, R.J., Dworjanyn, S.A., Husa, V., Nichols, P.D, Kutti, T. and Dempster, T. 2017a. Consumption of aquaculture waste affects the fatty acid metabolism of a benthic invertebrate. *Science of the Total Environment* 560: 1170-1181.
- White, C.A., Woodcock, S.H., Bannister, R.J. and Nichols, P.D. 2017b. Terrestrial fatty acids as tracers of finfish aquaculture waste in the marine environment. *Reviews in Aquaculture* 0: 1-16

- Woodcock, S.H., Troedsson, C., Strohmeier, T., Balseiro, P., Skaar, K.S. and Strand, Ø. 2017. Combining biochemical methods to trace organic effluent from fish farms. *Aquacult. Environ. Interact.* 9: 429–443 <https://doi.org/10.3354/aei00242>
- Xu, W., Li, R., Liu, S., Ning, Z., Jiang, Z. 2017. The phosphorus cycle in the Sanggou Bay. *Acta Oceanol. Sin.* 36(1): 90-100
- Yang, Y., Liu, Q., Chai, Z. and Tang, Y. 2015. Inhibition of marine coastal bloom-forming phytoplankton by commercially cultivated *Gracilaria lemaneiformis* (Rhodophyta). *J. Appl. Phycol.* 27: 2341-2352
- Yokoyama, H. 2013. Growth and food source of the sea cucumber *Apostichopus japonicus* cultured below fish cages – potential for integrated multi-trophic aquaculture. *Aquaculture* 372: 28-38.
- Yu, Z., Zhou, Y., Yang, H. and Hu, C. 2014a. Bottom culture of the sea cucumber *Apostichopus japonicus* Selenka (Echinodermata: Holothuroidea) in a fish farm, southern China. *Aquacult. Res.* 45: 1434-1441
- Yu, Z., Zhou, Y., Yang, H., Ma, Y. and Hu, C. 2014b. Survival, growth, food availability and assimilation efficiency of the sea cucumber *Apostichopus japonicus* bottom-cultured under a fish farm in southern China. *Aquaculture* 426-427: 238-248
- Ytrestøyl, T., Aas, T.S., Åsgård, T. 2015. Utilisation of feed resources in production of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Norway. *Aquaculture* 448: 365-374.
- Zhang, L., Gao, Y., Zhang, T., Yang, H., Xu, Q., Sun, L. and Yu, Z. 2014. A new system for bottom co-culture of the scallop *Patinopecten yessoensis*, with the sea cucumber, *Apostichopus japonicus*, and the sea urchin, *Anthocidaris crassispina*, in shallow water in China. *Aquacult. Int.* 22: 1403 - 1415
- Zhou, Y., Yang, H., Liu, S., Yuan, X., Mao, Y., Liu, Y., Xu, X. and Zhang, F. 2006. Feeding and growth on bivalve deposits by the deposit feeder *Stichopus japonicus* Selenka (Echinodermata: Holothuroidea) co-cultured in lantern nets. *Aquaculture* 256: 510-520

Vedlegg

Vedlegg 1: Algetillatelser som er samlokalisert i sjø med tillatelser til annen art. Tillatelsene til laks kan være kommersielle, til settefisk, stamfisk, undervisning, visning, forskning. Uttrekk fra Akvakulturregisteret pr 16.10.2017.

Lokalitet	Kommune	Innehaver	Art	Kapasitet
13204 Storøy Ø	Sveio	Bjarne K. Stangeland	Stort kamskjell Østers Blåskjell Fingertare Sukkertare Butare Vanlig fjærehinne	2 dekar
25835 Flatøyflu	Austevoll	Hordland fylkeskomm. Lerøy Vest AS Ocean Forest AS	Laks Blåskjell Butare Fingertare Havsalat Sukkertare Søl	3120 t MTB 16 dekar
35557 Flatøyflu II	Austevoll	Ocean Forest AS	Blåskjell Butare Fingertare Havsalat Sukkertare Søl	27 dekar
35577 Flatøyflu III	Austevoll	Ocean Forest AS	Blåskjell Butare Fingertare Havsalat Sukkertare Søl	27 dekar
36697 Risøyna	Fjell	Algetun AS	Sekkdyr Sukkertare	17 dekar
29276 Rongøy	Øygarden	Lerøy Vest AS Ocean Forest AS	Laks Blåskjell Butare Fingertare Havsalat Sukkertare Søl	4680 t MTB 40 dekar
35157 Rongøyna II	Øygarden	Ocean Forest AS	Blåskjell Butare Fingertare Havsalat Sukkertare Søl	20 dekar

Lokalitet	Kommune	Innehaver	Art	Kapasitet
35177 Rongøyyna III	Øygarden	Ocean Forest AS	Blåskjell Butare Fingertare Havsalat Sukkertare Søl	20 dekar
11741 Ternholmen	Øygarden	SCALPRO AS	Østers Stort kamskjell Sekkdyr Bladtare Butare Grønlandsbutare Martaum Draughtare Fingertare Stortare Sukkertare	63 dekar 22 dekar
11743 Ivarsholmen Ø	Øygarden	SCALPRO AS	Østers Stort kamskjell Sekkdyr Bladtare Butare Grønlandsbutare Martaum Draughtare Fingertare Stortare Sukkertare	63 dekar 25 dekar
11744 Ivarsholmen V	Øygarden	SCALPRO AS	Østers Stort kamskjell Sekkdyr Bladtare Butare Grønlandsbutare Martaum Draughtare Fingertare Stortare Sukkertare	63 dekar 15 dekar
13566 Storskrebukti	Lindås	Sjøtroll Havbruk AS Ocean Forest AS	Regnbueørret Blåskjell	1560 t MTB 8 dekar
13699 Leirvika	Masfjorden	Engesund Fiskeoppdrett AS	Laks Sukkertare Butare Fingertare Søl Stortare Havsalat	1560 t MTB 120 dekar

Lokalitet	Kommune	Innehaver	Art	Kapasitet
12178 Bjønnsplotneset	Høyanger	Ilsvåg Holding AS Osland Havbruk AS	Laks	2340 t MTB
36097 Bjønnsplotneset II	Høyanger	Osland Havbruk AS	Sukkertare, Butare, Fingertare, Søl, Stortare Havsalat	100 dekar
36098 Bjønnsplotneset III	Høyanger	Osland Havbruk AS	Sukkertare, Butare, Fingertare, Søl, Stortare Havsalat	100 dekar
11736 Fureholmen	Solund	Sulefisk AS Hortimare AS	Laks Sukkertare Butare Fingertare Søl Stortare Havsalat	2340 t MTB 150 dekar
28636 Rataren	Frøya	Salmar Farming AS, Hitramat Farming AS SINTEF OCEAN AS SINTEF OCEAN AS	Laks Fingertare Havsalat Butare Fjærehinne uspes Søl Krusflik Sukkertare	5460 t MTB 5 dekar
31959 Rataren II	Frøya	Salmar Farming AS, Hitramat Farming AS SINTEF OCEAN AS SINTEF OCEAN AS	Laks Fingertare Havsalat Butare Fjærehinne uspes Søl Krusflik	5460 t MTB 5 dekar

Lokalitet	Kommune	Innehaver	Art	Kapasitet
			Sukkertare	
22995 Oldervik	Gildeskål	Nordland fylkeskom., Gildeskål Seafood, Gildeskål Forskn.st. AS	Laks Grisetang Butare Blæretang Sagtang Sauetang Knapptang Stortare Fingertare Sukkertare Sjørøis Krusflik Fagerving Svartkluft Pollris Vorteflik Søl Smal fjærehinne Purpurfjærehinne Vanlig fjærehinne Vanlig grønndusk Tarmgrønske Havsalat Pollpryd	1560 t MTB 200 dekar
35637 Vågøya	Bodø	Akvatik AS	Grønsekkdyr Fingertare Butare Sukkertare	50 dekar



Telefon: 03495

Faks: 55 23 80 90

Adresse: Postboks 185 Sentrum, 5804 Bergen

Besøksadresse: Strandgaten 229, Bergen

E-post: postmottak@fiskeridir.no

www.fiskeridir.no

Livet i havet – vårt felles ansvar