

# **Ressursregnskap og analyse av fôrråvarer 2012**

## **Sluttrapport**

Trine Ytrestøyl, Turid Synnøve Aas, Erik Skontorp Hognes og Torbjørn Åsgård





Nofima er et næringsrettet forskningsinstitutt som driver forskning og utvikling for akvakulturnæringen, fiskerinæringen og matindustrien.

Nofima har om lag 350 ansatte.

Hovedkontoret er i Tromsø, og forskningsvirksomheten foregår på seks ulike steder: Ås, Stavanger, Bergen, Sunndalsøra og Tromsø

**Hovedkontor Tromsø:**

Muninbakken 9–13  
Postboks 6122 Langnes  
NO-9291 Tromsø

**Ås:**

Osloveien 1  
Postboks 210  
NO-1431 ÅS

**Stavanger:**

Måltidets hus, Richard Johnsen gate 4  
Postboks 8034  
NO-4068 Stavanger

**Bergen:**

Kjerreidviken 16  
Postboks 1425 Oasen  
NO-5828 Bergen

**Sunndalsøra:**

Sjølseng  
NO-6600 Sunndalsøra

**Felles kontaktinformasjon:**

Tlf: 02140

E-post: [post@nofima.no](mailto:post@nofima.no)

Internett: [www.nofima.no](http://www.nofima.no)

**Foretaksnr.:**

**NO 989 278 835**

<h1>Rapport</h1>	ISBN: 978-82-8296-253-7 (trykt) ISBN: 978-82-8296-254-4 (pdf) ISSN 1890-579X
<i>Tittel:</i> <b>Ressursregnskap og analyse av fôrråvarer 2012</b> <b>Sluttrapport</b>	<i>Rapportnr.:</i> 51/2014 <i>Tilgjengelighet:</i> <b>Åpen</b>
<i>Forfatter(e)/Prosjektleder:</i> Trine Ytrestøyl, Turid Synnøve Aas, Erik Skontorp Hognes og Torbjørn Åsgård	<i>Dato:</i> 22. desember 2014
<i>Avdeling:</i> Ernæring og fôrteknologi	<i>Ant. sider og vedlegg:</i> 12
<i>Oppdragsgiver:</i> Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF)	<i>Oppdragsgivers ref.:</i> 900912
<i>Stikkord:</i> Effektivitet, miljøregnskap, norsk laks, Livs syklus analyse	<i>Prosjektnr.:</i> 10605
<i>Sammendrag/anbefalinger:</i> <p>             Dette prosjektet er en oppfølging av et prosjekt gjennomført i 2011. Det er i prosjektet gitt en oversikt over hvilke fôrråvarer som er brukt i norsk lakseproduksjon i 2012 og hvor effektivt råvarene utnyttes i produksjonen av norsk laks. Det er også benyttet livssyklus analyse (LCA) til å beregne forbruk av ferskvann, fosfor og utslipp av CO<sub>2</sub> (klimaspor) forbundet med produksjon av norsk laks i 2012. Resultatene fra prosjektet foreligger i form av to omfattende faglige sluttrapporter fra prosjektet, en fra Nofima (Resource utilisation of Norwegian salmon farming in 2012-2013), og en fra Sintef/SIK (LCA of Norwegian salmon production 2012). Derfor vil kun de viktigste funn fra de to fagrapportene bli presentert i denne felles sluttrapporten. For detaljer henvises det til de to åpne rapportene som kan lastes ned fra FHF sine nettsider (<a href="http://www.fhf.no/prosjektdetaljer/?projectNumber=900912">http://www.fhf.no/prosjektdetaljer/?projectNumber=900912</a>). Innholdet av marine råvarer i fôret er i 2013 på om lag 30 %, og norsk laks er nå en netto produsent av marint protein. Reduksjonen i innholdet av fiskeolje i fôret de seinere årene gjør at laksen inneholder mindre av de marine omega-3 fettsyrene EPA og DHA enn tidligere. Likevel er det fortsatt 1.4 % EPA og DHA i filet, og et konsum av 130 g laksefilet i uka er tilstrekkelig til å dekke laveste anbefalte inntak av disse fettsyrene. Laksen utnytter næringsstoffene i fôret effektivt, 27 og 24 % av proteinet og energien i fôrråvarene ble deponert i fileten til laksen. Tilsvarende var retensjonen av omega 3 og fosfor i fileten på henholdsvis 26 og 13 %. Produksjon av 1 kg spiselig lakseprodukt forbrukte 1.95 l ferskvann og 11 g uorganisk fosfor og førte til utslipp av 4 kg CO<sub>2</sub> ekvivalenter. Produksjon av fôringredienser er det som krever mest ressurser i lakseproduksjonen. 98 % av forbruket av ferskvann og 57 % av fosforet ble brukt til dyrking av planteråvarene i fôret mens 95 % av utslippet av CO<sub>2</sub> var relatert til produksjon og transport av fôrråvarer.           </p>	
<i>English summary/recommendation:</i> <p>             This project continues the work from a previous project in 2011. An overview of the feed ingredients used in Norwegian salmon production in 2012 and how effectively the feed ingredients are utilized in the production of salmon is given. Life cycle assessment (LCA) was used to estimate the amount of freshwater and phosphorous and release of CO<sub>2</sub> (carbon footprint) associates with the production of Norwegian farmed salmon. The result from the project are delivered as two reports, one from Nofima (Resource utilisation of Norwegian salmon farming in 2012-2013), and one from Sintef/SIK ((LCA of Norwegian salmon production 2012). Only the main results from the project will therefore be presented in this final report, and further details can be found in the two above mentioned reports that can be downloaded from FHF website (<a href="http://www.fhf.no/prosjektdetaljer/?projectNumber=900912">http://www.fhf.no/prosjektdetaljer/?projectNumber=900912</a>). The content of marine ingredients in the diet was around 30 % in 2013, and the Norwegian salmon is now a net producer of marine protein. The reduction of fish oil in the feed in recent years has resulted in a reduced content of the omega 3 fatty acids EPA and DHA in the salmon. However, there is still 1.4 % EPA and DHA in the fillet, and consuming 130 g of Norwegian salmon per week is sufficient to cover the recommended minimal intake of these fatty acids. The salmon utilizes the nutrients in the feed efficiently, 27 and 24 % of the protein and energy in the feed resources were retained in the salmon fillet. The retention of omega 3 fatty acids and P in fillet was 26 and 13 % respectively. The production of 1 kg edible salmon product consumed 1.95 l of fresh water and 11 g of inorganic P and released 4 kg of CO<sub>2</sub> equivalents in 2012. The production and transport of feed ingredients is the main driver for resource consumption and environmental impacts. 98 % of the fresh water, 57 % of the inorganic P and 95 % of the release of CO<sub>2</sub> was related to production and transport of feed ingredients.           </p>	

## Forord

Dette prosjektet følger opp arbeidet med ressursutnyttelse og økoeffektivitet av norsk oppdrettslaks i 2010. Informasjon om råvarebruk og næringsinnhold i fôrråvarene som var brukt i 2013 ble gitt av BioMar, EWOS og Skretting. Lerøy Seafood bidro med fiskemateriale som var fôret med kommersielle fôr fra de tre fôrselskapene i 2012. Næringsinnhold i hel laks og filet ble analysert av Nofima. Basert på denne informasjonen ble det laget et ressursbudsjett for norsk lakseproduksjon i 2012 som viser flyt av hovednæringsstoffer fra fôr til hel laks og til filet. Retensjonen av energi, fett, protein, fosfor og de viktige omega-3 fettsyrene EPA og DHA ble beregnet i både hel laks og filet. Retensjonsverdiene som er beregnet i dette prosjektet inkluderer alt svinn i produksjonen både av laks og fôr i hele den norske laksenæringen, og kan derfor ikke sammenlignes med biologiske retensjonsverdier som oppnås i kontrollerte forsøk. En betegnelse man kan bruke kan være økonomiske retensjonsverdier som en parallell til begrepene økonomisk og biologisk fôrfaktor. En utfordring i et slikt ressursregnskap er datagrunnlaget som beregningene er bygger på. Som grunnlag for retensjonsverdiene ble det brukt gjennomsnittlig næringsinnhold i filet og hel laks fra bench-mark forsøk hvor laks var fôret kommersielle fôr fra BioMar, EWOS og Skretting. Dersom slike studier skal kunne legge grunnlag for å studere utviklingen i ressursutnyttelse i næringa over tid må de være standardisert med hensyn på slaktetidspunkt og slaktevekt ettersom innholdet av energi og fett vil variere med disse parameterne. I fremtidige ressursregnskap bør man også vurdere å inkludere utnyttelse av næringsstoff i biprodukter fra lakseindustrien, hvor en økende andel brukes i produkter som går til humant konsum.

Forbruket av villfanget fisk som brukes i produksjonen av laksefôr har vært mye diskutert i forbindelse med bærekraft. Indikatorer som brukes til å beregne forbruk av marine råvarer er Fish In- Fish Out ratio (FIFO), marine nutrient dependency ratio (MNDR) og forage fish dependency ratio (FFDR). Disse ratioene ble beregnet for norsk lakseproduksjon i 2012 og 2013. Det er utfordringer knyttet til bruken av disse indikatorene fordi de ikke tar hensyn til næringsinnholdet i industrifisken som er brukt i produksjon av fiskemel og olje eller næringsinnholdet i lakseproduktet. De er derfor ikke et mål på effektivitet i utnyttelse av næringsstoffer i lakseproduksjon. Disse indikatorene er heller ikke et mål på om bestandene av industrifisk er forvaltet på en forsvarlig måte. Da må man bruke ulike sertifiseringsordninger for bærekraftig forvaltning av marine bestander.

Miljøregnskap med metoden for livsløpsregnskap (LCA, Life Cycle Assessment) ble bruk for å beregne klimasporet, og bruk av fosfor og ferskvann i produksjon av norsk laks basert på gjennomsnittsforet i 2012. Miljøregnskapet viser at klimasporet til norsk laks økte fra 3,7 til 4,0 kg CO<sub>2</sub>ekvivalenter per kilo spiselig laks fra 2010 til 2012. Dette til tross for en forbedring i den økonomiske fôrfaktoren fra 1,3 til 1,2 for samme periode. Økningen i klimasporet skyldes at innholdet av soyaproteinkonsentrat fra Brasil i fôret har økt fra 2010 til 2012. Brasiliansk soyadyrking er forbundet med betydelige arealendringer og klimapåvirkningen fra denne arealendringen gir disse soyabønner fra Brasil et høyt klimaspør. For å vise hvor mye arealendring forårsaket av soyadyrking utgjør av klimasporet, ble det beregnet en case uten dette bidraget. Dette ga norsk laks i 2012 et klimaspør på 2.6 kg CO<sub>2</sub>e/kg spiselig slakteklar laks. Dette viser at klimasporet til norsk laks er sensitivt for hvordan arealendringer forårsaket av dyrking inkluderes, noe som gjør det interessant for den norske oppdrettsnæringen å følge med på hvordan standarder og regler for beregning og kommunikasjon av produkters miljøregnskap vil håndtere dette.

Analysen gjennomført i dette prosjektet ble også sammenlignet med analysene gjennomført i 2011. Det vil si at fôrdietten for 2010 ble analysert på nytt. Det viste at med nye og bedre data samt mer komplette systemgrenser så øker også de beregnede verdiene for CO<sub>2</sub> utslipp. Det betyr ikke at norsk laks i dag slipper ut mer klimagasser sammenlignet med i 2010, men at analysene gir et mer komplett og presist bilde av utslipp av klimagasser som følge av norsk lakseproduksjon.

Vannfotavtrykket ble beregnet med metode og data presentert av «the Water Footprint Network». Det viste at norsk laks fôret på 2012 dietten har et vannfotavtrykk på 1 950 m<sup>3</sup> vann per tonn spiselig laks klar for slakt. Sammenlignet med andre kjøttproduksjoner som har vannforbruk på 4 300 til 15 400 m<sup>3</sup>/tonn, viser dette at oppdrettslaks også er en vanneffektiv matvare.

Analysen av forbruket av fosfor, det vil si hvor mye ikke fornybart uorganisk fosfor som tilføres produksjonssystemet, (ikke inkludert det som tilføres via de marine fôringrediensene), viste at det tilføres ca. 11 g fosfor per kg spiselig laks. Dette kommer i all hovedsak inn via produksjonen av mikroingredienser (monokalsiumfosfat) og via bruken av kunstgjødsel i produksjonen av vegetabiliske fôringredienser.

# Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning.....</b>	<b>1</b>
1.1	Faglig bakgrunn .....	1
1.2	Prosjektets omfang og organisering.....	1
1.3	Problemstilling og formål .....	2
1.4	Prosjektgjennomføring.....	2
<b>2</b>	<b>Resultater og diskusjon .....</b>	<b>4</b>
2.1	Flyt av næringsstoff i norsk lakseproduksjon .....	4
2.2	Miljøregnskap av norsk laksefôr.....	7
2.2.1	Klimasporet .....	8
2.2.2	Fosforregnskap.....	9
2.2.3	Ferskvann fotavtrykk.....	10
<b>3</b>	<b>Leveranser fra prosjektet .....</b>	<b>11</b>
3.1	Nofima (arbeidspakke 1 og 2) .....	11
3.2	Sintef (Arbeidspakke 3 og 4).....	12

# 1 Innledning

## 1.1 Faglig bakgrunn

I 2012 ble det slaktet 1,27 millioner tonn laks i Norge. Den raske økningen i produksjonsvolumet de seinere årene har ført til kritikk fra opinion og ulike miljøorganisasjoner om hvorvidt oppdrett av laks er en bærekraftig måte å produsere mat på. Lakseindustrien har særlig vært kritisert for bruken av fiskemel og olje i produksjonen av laksefôr. Diskusjonen har ofte vært fokusert rundt hvor mye villfanget fisk som går med i produksjonen av laksefôret og om denne fisken kunne vært nyttet til konsum i stedet for som råstoff for produksjon av fiskemel og olje. Om lag 20 % av den globale produksjon av fiskemel og 53 % av fiskoljen ble i 2012 brukt til produksjon av laks på verdensbasis ifølge tall fra FAO. Det brukes imidlertid langt mindre fiskeolje og mel i laksefôret i dag sammenlignet med for 20 år siden. Da utgjorde marine ingredienser nesten 90 % av fôret, mens de i dag utgjør bare rundt 30 %. Resten er planteråvarer og ulike mikroingredienser. Denne overgangen fra marine råvarer til planteråvarer har vært helt nødvendig for å kunne produsere stadig mer laks fra en begrenset mengde marine råvarer. Men konsekvensen er at mye av miljøpåvirkningen av lakseproduksjon flyttes fra det marine miljø til landjorda og skaper andre miljøutfordringer enn før. En overgang fra et fôr med hovedsakelig marine råvarer til et som hovedsakelig består av planteråvarer har også biologiske konsekvenser for en carnivor fisk som laks. Planteråvarer inneholder fiber og andre ufordøyelige karbohydrater i tillegg til antinæringsstoff som kan ha betydning for tarmhelse og opptak av næringsstoff. Aminosyreprofilen i mange plante proteinkilder er heller ikke optimal for laks og behovet for å tilsette krystallinske aminosyrer i fôret øker derfor når andelen planteråvarer øker. Planteoljer har en annen fettsyreprofil med en større andel n-6 sammenlignet med marine oljer, noe som kan ha helsemessige konsekvenser, ikke bare for konsumenter av laks, men også for laksen. Samlet sett kan et fôr som ikke er optimalt balansert og som inneholder en større andel ufordøyelige komponenter føre til at effektiviteten i produksjonen går ned som følge av økt fôrfaktor. Dette vil ha konsekvenser for både ressursutnyttelse og miljøpåvirkning fra lakseoppdrett. Fra 2010 til 2012 ble innholdet av marine råvarer i norsk laksefôr redusert med 15 %. Det forventes en ytterligere nedgang i andelen av marin olje i årene som kommer. Det er derfor all grunn til å følge denne utviklingen nøye med hensyn på mulige effekter av endret fôrsammensetning på ressursutnyttelse i laksenæringen i årene som kommer. Det vil være nyttig for oppdrettsnæringen å være i stand til å dokumentere og kommunisere ressursbruk og effektivitet da det blir stadig mer fokus på effektivitet og bærekraft i matproduksjon.

## 1.2 Prosjektets omfang og organisering

Prosjektet har vært et samarbeid mellom Nofima, Sintef fiskeri og havbruk og Institutet for Livsmedel og Bioteknik(SIK). Prosjektet har vært organisert i 4 arbeidspakker og har hatt et budsjett på 2 079 000 NOK. Nofima har hatt prosjektlederansvar for prosjektet og har vært ansvarlig for arbeidspakke 1 og 2 (analyser av hovednæringsstoff, fosfor og omega-3 fettsyrene EPA og DHA i hel laks og filet) som sammen med opplysninger om næringsinnhold i fôringrediensene benyttet av fôrselskapene Biomar, EWOS og Skretting var grunnlaget for ressursregnskapet for norsk laks i 2012. Prosjektgruppen i Nofima har bestått av Trine Ytrestøyl (prosjektleder), Turid Synnøve Aas og Torbjørn Åsgård. Sintef fiskeri og havbruk har vært ansvarlig for arbeidspakke 3 og 4. LCA analysene er gjort i samarbeid med SIK. Erik Skontorp Hognes (Sintef) har vært prosjektleder for Sintef sin del av

prosjektet og har koordinert arbeidet med SIK. Prosjektgruppen fra SIK har bestått av Katarina Nilsson, Veronika Sund og Friederike Ziegler.

Prosjektet har hatt en referansegruppe med representanter fra fôrselskap og lakseprodusenter. Referansegruppen har bestått av følgende personer:

Trygve Sigholt og Vidar Gundersen (Biomar), Ted Andreas Mollan og Louise Buttle (EWOS), Trygve Berg Lea og Anita Viga (Skretting), Petter Arnesen (Marine Harvest) og Anne Hilde Midttveit (Lerøy).

### **1.3 Problemstilling og formål**

Prosjektet har gitt en oversikt over fôrressursene som ble brukt i norsk lakseproduksjon i 2012 og hvor effektivt disse råvarene utnyttet til produksjon av laks. Prosjektet har også gitt en oversikt over miljømessige konsekvenser ved norsk lakseproduksjon med fokus på klimaspør (CO<sub>2</sub>-footprint), forbruk av ferskvann og fosfor. Prosjektet har bidratt til å styrke inntrykket av at laksenæringen tar miljøspørsmål og bærekraftig produksjon på alvor, noe som er svært viktig, ettersom effektiv og bærekraftig matproduksjon får stadig større fokus både blant forbrukere og miljøorganisasjoner. Det er vanskelig å måle nytteverdien av et prosjekt av denne type direkte i kroner, men det er grunn til å tro at prosjektet har hatt en positiv betydning for omdømmet til norsk laksenæring. Resultatene fra prosjektet vil også være nyttige som et utgangspunkt for å følge utviklingen i ressursutnyttelse og øko-effektivitet i norsk lakseproduksjon over tid.

Resultatene fra prosjektet har vært presentert i ulike faglige sammenhenger, både i form av foredrag nasjonalt og internasjonalt, og som populærvitenskapelige framstillinger. En detaljert oversikt over leveransene i prosjektet er gitt under punkt 6.

### **1.4 Prosjektgjennomføring**

En detaljert oversikt over bruk av fôrråvarer og næringsinnhold i råvarene ble utarbeidet på bakgrunn av opplysninger fra BioMar, EWOS og Skretting. For planteråvarer ble det oppgitt hvor råvaren var dyrket og for marine råvarer ble det oppgitt hvilke arter som var benyttet for produksjon av fiskemel og olje. Næringsinnholdet i laks som var fôret kommersielle fôr fra de samme tre fôrselskapene ble analysert ved Nofimas laboratorium på Sunndalsøra. Innhold av energi, lipid, protein, omega-3 fettsyrene EPA og DHA og fosfor ble analysert i både hel laks og i filet. I tillegg ble også offentlige tilgjengelige data på produksjonsvolum og fôrforbruk ([www.fiskdir.no](http://www.fiskdir.no), [www.ssb.no](http://www.ssb.no), [akvafakta.no](http://akvafakta.no)) brukt til å beregne retensjon av næringsstoff i norsk lakseproduksjon. Beregninger av retensjon av næringsstoff er en vanlig metode for å angi hvor effektivt næringsstoff omdannes fra fôret til det spiselige produktet i en matproduksjon. Det sier imidlertid ikke noe om de miljømessige kostnadene og ressursene som brukes for å produsere fôret. Da er det nødvendig å bruke mer avanserte modeller som livssyklusanalyse (LCA). Denne metodikken beregner miljøkonsekvenser fra alle steg i et produkts «livsløp» fra utvinning av råvarer, selve produksjonsprosessen, transport, og til produktet skal konsumeres eller eventuelt gjenvinnes.

Marin ressursbruk har ofte vært målt ved å kalkulere mengden villfisk som må fangstes for å dekke behovet for fiskemel og olje til produksjon av 1 kg laks (Fish-in/Fish-out eller FIFO-ratioen). FIFO er tilsynelatende enkel å forholde seg til og er derfor mye brukt i både i offentlig og vitenskapelig debatt. Men den varierer mye og er sensitiv for hvilke arter som brukes i produksjon av fiskeolje

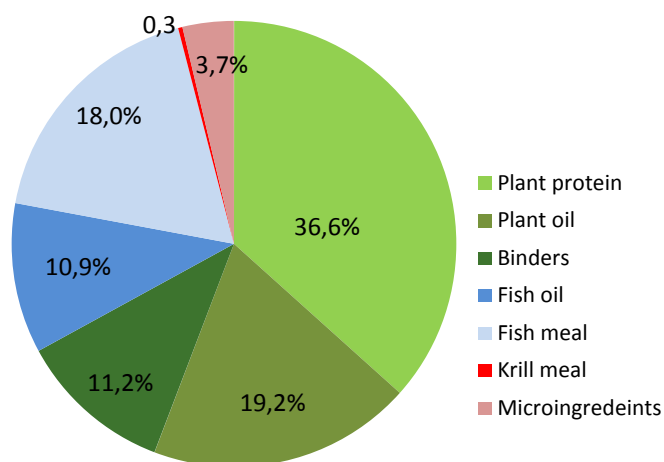


ettersom fettinnholdet i råstoffet avgjør hvor mye fiskeolje som kan produseres fra et kg med råstoff. FIFO tar heller ikke hensyn til forskjeller i næringsinnhold mellom fisken som brukes i mel og oljeproduksjon og oppdrettslaksen som produseres. «Forage fish dependency ratio» (FFDR) er FIFO korrigert for fiskemel og olje produsert fra avskjær fra fiskeforedlingsindustri. Et mer presist mål på bruk av marine ressurser enn FIFO og FFDR er «marine nutrient dependency ratios (MNDR)», som angir hvor mye protein og lipid fra marine kilder som brukes for å produsere 1 kg protein eller lipid i form av laks. Både FIFO, FFDR og MNDR ble beregnet for norsk oppdrettslaks i 2012 i dette prosjektet.

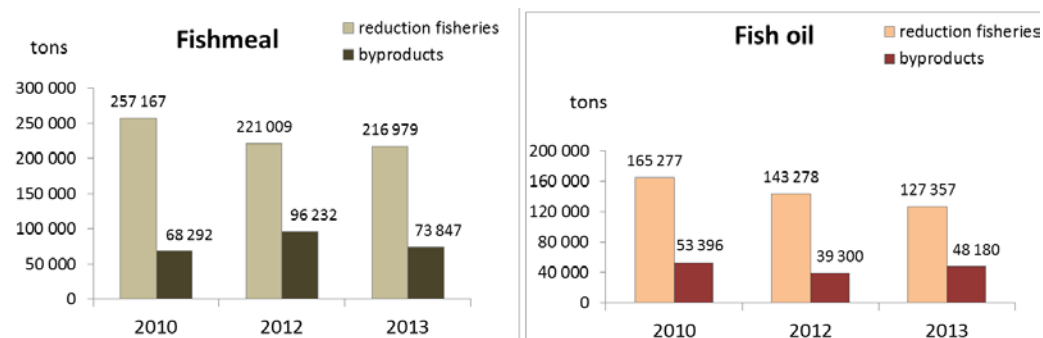
## 2 Resultater og diskusjon

### 2.1 Flyt av næringsstoff i norsk lakseproduksjon

Den totale produksjonen av oppdrettslaks i 2012 ble estimert ved at forskjellen i stående biomasse fra 31 desember 2011 til 31 desember 2012 ble lagt til slaktevolumet i 2012 (tall fra Statistisk sentralbyrå). Den totale produksjonen ble estimert til 1 260 841 tonn i 2012, noe som var en 30 % økning i produksjonen sammenlignet med 2010. I samme periode ble andelen marine råvarer i fôret redusert med 15 %. Fra 2012 til 2013 var det bare små endringer i laksefôret, sammensetningen av laksefôret i 2013 er vist i figur 1. Det ble totalt brukt 1 451 908 tonn fôr til norsk lakseproduksjon i 2012 (Akvafakta 2013), så fôrfaktoren ble dermed 1.15 i 2012, noe som var en forbedring i forhold til 2010 (FCR var 1.3). Det ble benyttet rundt 1 630 000 tonn fôrråvarer i 2012 (Informasjon fra BioMar, EWOS og Skretting). Av dette var 1 079 000 tonn planteråvarer (66 % av fôrråvarene), 485 000 tonn var marine råvarer (31 % av råvarene) og mikroingredienser utgjorde 3.1 %. Soyaproteinkonsentrat er den viktigste planteproteinkilden og utgjorde i 2012 rundt 21.3 % av laksefôret. Fiskemel utgjorde til sammenligning 19.5 % av laksefôret samme år. Totalt ble det brukt rundt 183 000 tonn fiskeolje og 317 000 tonn fiskemel i 2012 (figur 2), noe som utgjør henholdsvis 22 og 6 % av den globale produksjonen av fiskeolje og mel i 2012. Andelen av fiskemel og olje fra avskjær fra fiskeforedlingsindustri har økt de seinere åra, og biprodukt-mel og -olje utgjorde til sammen rundt 25 % av de marine ingrediensene i 2012. Det var en høyere andel av fiskemel fra biprodukt (29 %) sammenlignet med fiskeolje (22 % fra biprodukt) i 2012.



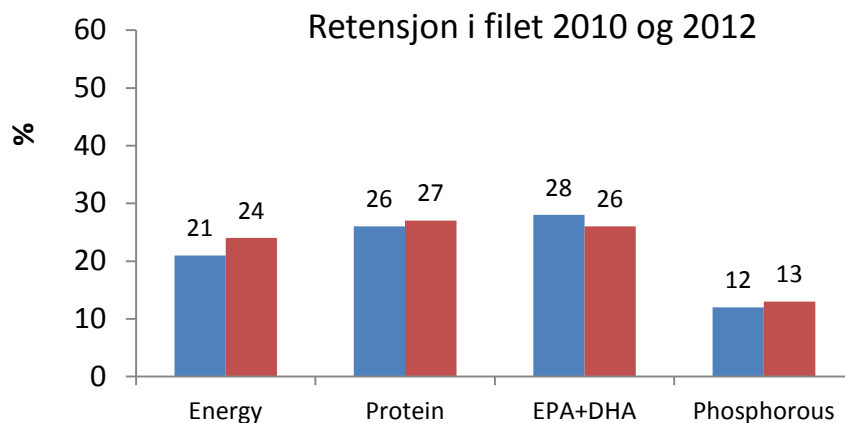
Figur 1 Sammensetning av norsk laksefôr i 2013.



Figur 2 Forbruk av fiskemel og olje i norsk laksefôrproduksjon fra 2010 til 2013 samt mengde fiskemel og olje produsert fra biprodukt fra fiskeforedlingsindustri.

Retensjonsberegningene tok utgangspunkt i analysene av laks fra bench-mark forsøk med kommersielle fôr fra de tre fôrselskapene som deltok i prosjektet og næringsinnhold i fôrråvarene. Det ble så beregnet et gjennomsnittlig næringsinnhold for laks fôret med de tre ulike fôrene. Med unntak av innholdet av EPA og DHA var det ingen vesentlige endringer i innhold eller retensjon av hovednæringsstoff, hverken i hel laks eller i filet fra 2010 til 2012 (figur 3). Retensjonen av protein i 2012 var 38 og 27 % i hel laks og filet, og tilsvarende retensjonstall for energi var 40 og 24 %. Innholdet av EPA og DHA i fileten var imidlertid redusert fra 2.1 i 2010 til 1.4 % i 2012 som følge av redusert innhold av fiskeolje i fôret. Norsk oppdrettslaks fra 2012 er imidlertid fortsatt en god kilde til omega-3 fettsyrer, dersom man spiser 130 g laks i uka er dette tilstrekkelig til å dekke anbefalt ukentlig inntak av EPA og DHA (forutsatt et anbefalt daglig minimumsinntak av EPA og DHA på 0.25 g, basert på anbefalinger fra European food Safety Authority (EFSA) til friske voksne for å forhindre hjerte/kar sykdom). Retensjonen av EPA og DHA var på 46 % i hel laks og 26 % i fileten i 2012. Det er med andre ord en betydelig mengde EPA og DHA i avskjær (beregnet til 8700 tonn i 2012) fra lakseindustrien som kan utnyttes inn i akvakultur eller til helsekostprodukter. Det er også viktig å optimalisere utnyttelsen av disse verdifulle fettsyrene i laksen slik at denne per i dag begrensede ressursen brukes på en best mulig måte og at man har fokus på laksens behov for disse fettsyrene og eventuelle helsemessige konsekvenser av et lavere nivå av omega 3 i fôret.

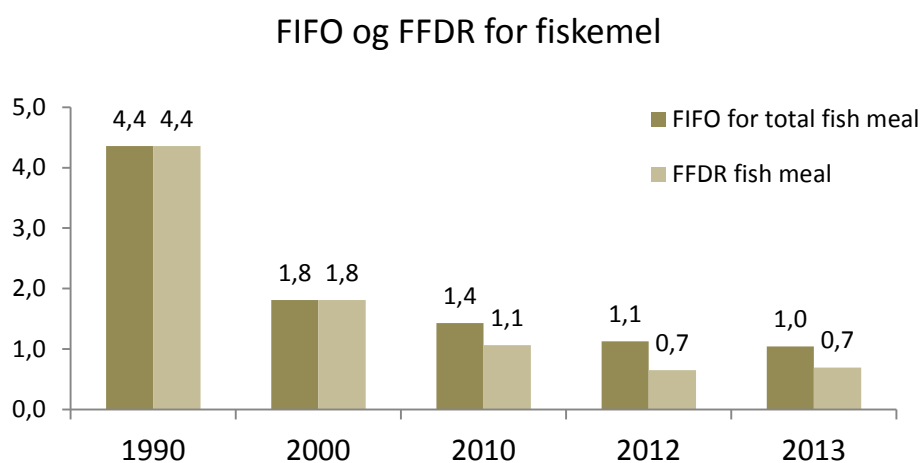
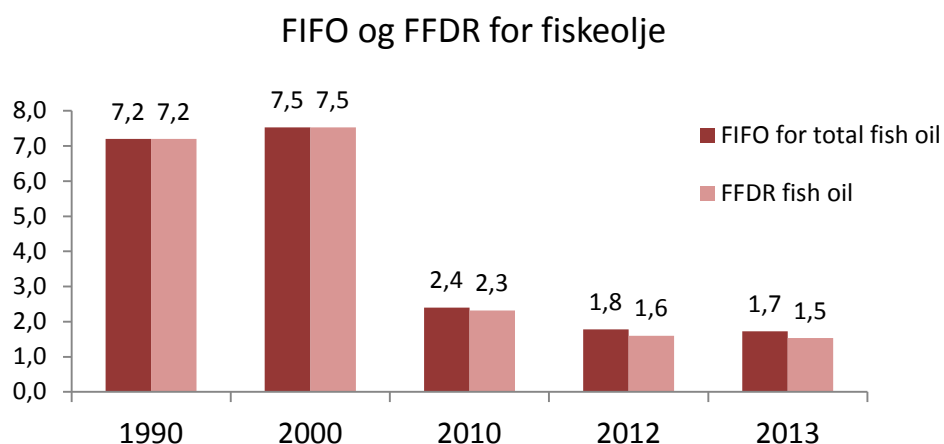
Retensjonen av fosfor var omtrent den samme som man fant i 2010, fosforretensjonen var 29 % i hel laks og 13 % i fileten i 2012.



*Figur 3 Beregnet retensjon av næringsstoff fra fôringredienser til filet i norsk lakseproduksjon i 2010 og 2012. Verdiene er beregnet på med utgangspunkt i næringsinnhold i fôringredienser oppgitt av BioMar, EWOS og Skretting, og næringsinnhold i laks fôret med kommersielle fôr fra disse 3 fôrproducentene i bench-mark forsøk i 2010 og 2012. Fisken i disse forsøkene ble slaktet i September 2010 og i Juli 2013.*

Retensjon av næringsstoff i norsk oppdrettslaks er basert på et filetutbytte/spiselig andel på 65 %. For ren filet er dette noe høyt, men hvis man ser på andelen av laksen som utnyttes til humant konsum er det sannsynlig. Dette tallet ble valgt fordi det er det matvaretabellen oppgir som spiselig andel av laks. Svinn i produksjonen både av fôr og av laks i hele næringen er inkludert i retensjonsberegningene, så de vil ikke være sammenlignbare med biologiske retensjonsverdier som man oppnår under kontrollerte forsøksbetingelser. Mikroingredienser som krystallinske aminosyrer, pigment, vitaminer og andre tilsetningsstoffer er heller ikke inkludert i retensjonsberegningene. Retensjonsberegningene er også basert på analyser av et lite utvalg av fisk, så med tanke på det store volum laks som ble produsert i 2012, er datagrunnlaget for retensjonsberegningene begrenset. Det er imidlertid en utfordring å skaffe tilveie data på næringsinnhold i hel laks da det er arbeidskrevende og kostbare analyser. Energiinnholdet i laks og fordelingen av fett mellom filet og buk fett varierer også mye i løpet av året. Ideelt sett hadde det vært ønskelig med et bredere utvalg av fisk som var samlet gjennom hele året og ved ulike breddegrader for å ta høyde for genetiske, størrelsesmessige og miljømessige variasjoner.

Indikatorene for forbruk marine råvarer i lakseproduksjonen er vist i figur 4. FIFO for norsk laks var i 2013 nede i 1.7 for fiskeolje og 1.0 for fiskemel. Forage fish dependency ratio (FFDR) var på 1.5 og 0.7 for fiskeolje og fiskemel.



Figur 4 Utvikling i FIFO og FFDR i norsk lakseproduksjon fra 1990 til 2013 for fiskeolje (øverst) og fiskemel (nederst).

## 2.2 Miljøregnskap av norsk laksefôr

Det ble gjennomført et miljøregnskap med livsløpsanalyse (Life Cycle Assessment - LCA) metoden<sup>1</sup>. Dette miljøregnskapet bokfører alle former for forbruk av energi, materialer og andre ressurser samt utslipp til vann, luft og jord, i laksens livsløp: Fra produksjon av fôringrediensene, det vil si dyrking av vegetabiliske ingredienser og fiske av marine ingredienser, og frem til laksen er klar til slakting. På grunnlag av det inventaret denne bokføringen gir ble følgende miljøpåvirkninger og ressursbruk beregnet:

- Klimapåvirkning i form av globalt oppvarmingspotensial
- Ferskvann fotavtrykk i form av forbruk av ferskvann delt inn i ulike kategorier for vannbruk
- Bruk av fosfor

<sup>1</sup> Mer informasjon om LCA metoden: <http://eplca.jrc.ec.europa.eu/>

Analysene sammenlignet lakseproduksjon basert på den gjennomsnittlige fôrsammensetningen i 2010 og 2012. Hver av disse to diettene analyseres med samme data for like ingredienser, altså viser analysen hvordan endringer i fôrsammensetningen gir seg utslag i laksens miljøregnskap, men analysen fanger ikke eventuelle skifter i hvordan en ingrediens er produsert fra år til år. For eksempel kan jo drivstofforbruket i et fiske forandre seg fra et år til et annet, men den detaljgraden er ikke tilgjengelig for disse analysene. Analysene baserer seg på data for fôrsammensetningen slik som beskrevet i kapittel 2.1

På same måte som at et økonomisk regnskap må også et miljøregnskap basere seg på metodiske valg, antagelser og avgrensninger. Spesielt viktige er:

- Regnskapet er gjennomført for 1 kg spiselig produkt (skinn og benfri filet). Det vil si at den funksjonelle enheten for analysen er 1 kg spiselig produkt og alle resultater er gitt per kg spiselig produkt for et gitt sted i laksens livsløp.
- Regnskapet inkluderer laksens livsløp fra produksjon av fôringrediensene og frem til den er klar til slakting. Det vil si at deler av laksens livsløp, som kan ha betydelig miljøpåvirkning, ikke er inkludert i regnskapet. For eksempel transport til eksportmarkeder/forhandler.
- For prosesser som gir mer enn et produkt, for eksempel prosessering av fisk til filet og coprodukter, så fordeles miljøpåvirkningen opp til og med denne prosessen mellom disse produktene basert på deres masse. Det vil si at analysen baserer seg på masseallokering.
- Data for energi, materialer og andre forbruksvarer i laksens produksjonssystem er i stor grad hentet fra generiske databaser. Det vil si at ikke alle data nødvendigvis er like representative for akkurat den spesifikke forbruksvaren som brukes i norsk lakseoppdrett.
  - Data for materialer, energi og transportprosesser er i all hovedsak hentet fra LCA databasen EcoInvent v3.0<sup>2</sup>
  - Data for dyrking av vegetabiliske ingredienser og prosessering er hentet fra Agri-footprint<sup>3</sup> databasen.

For en komplett presentasjon av metodikk og datagrunnlag for miljøregnskapet henvises det til rapporten "LCA of Norwegian salmon production 2012"<sup>4</sup>.

### 2.2.1 Klimasporet

Klimasporet er gitt som summen av drivhusgasser, gitt i CO<sub>2</sub> ekvivalenter, forsakert av laksens livsløp opp til slakting og per kg spiselig laks.

Klimasporet til norsk laks økte fra 3,7 til 4,0 kg CO<sub>2</sub>e per kilo spiselig laks fra 2010 til 2012. Dette til tross for en forbedring i den økonomiske fôrfaktoren fra 1,3 til 1,2 for samme periode. Figur 5 viser klimasporet delt inn i ulike deler av laksens produksjonssystem.

Økningen skyldes i stor grad at innholdet av soyaprotein konsentrat øker. Det er antatt at alt soya som er benyttet i foret er lik gjennomsnittet fra Brasiliansk soyaproduksjon. Agri-footprint databasen, basert på data fra FAO, forbinder soya fra Brasil med høye klimapåvirkninger fra arealendringer.

---

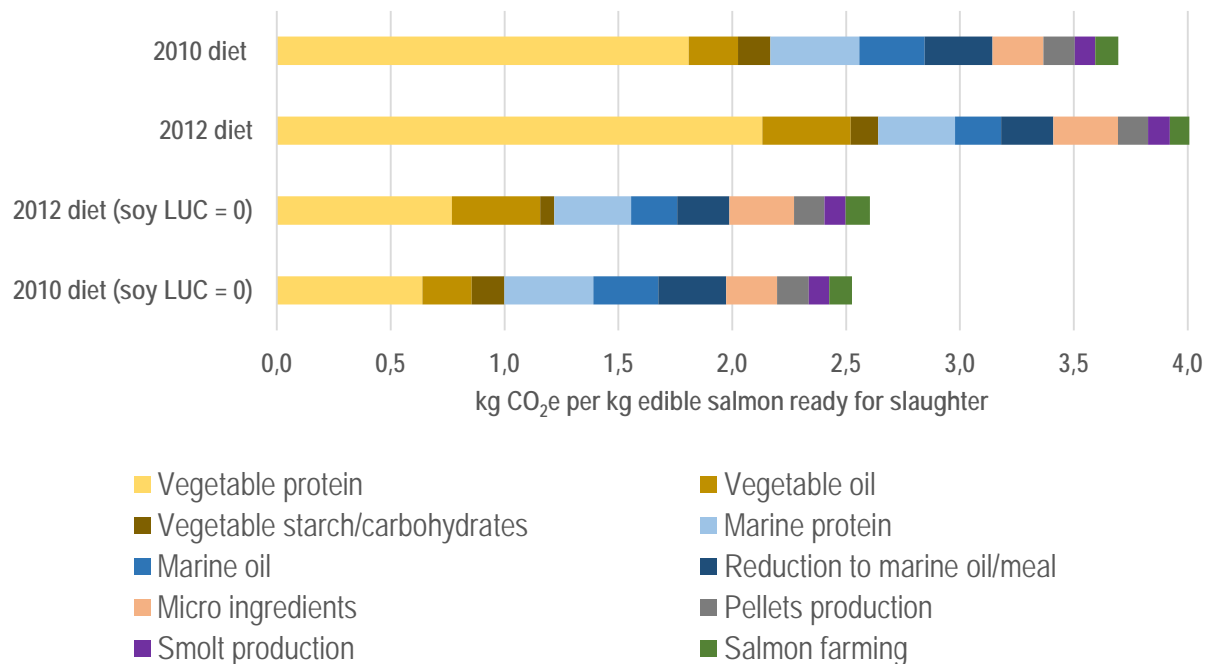
<sup>2</sup> Ecoinvent databasen: [www.ecoinvent.org](http://www.ecoinvent.org).

<sup>3</sup> Agri-footprint databasen: [www.agri-footprint.com/](http://www.agri-footprint.com/)

<sup>4</sup> Lenke til rapporten "LCA of Norwegian salmon production 2012" av Hognes et. al.: [www.sintef.no/Publikasjoner-SINTEF/AnsattesPublikasjoner/?empld=3001](http://www.sintef.no/Publikasjoner-SINTEF/AnsattesPublikasjoner/?empld=3001)

Brasiliansk soya som brukes inn i norsk laksefôr kommer fra noen få spesifikke regioner i Brasil, der arealendringene har skjedd for så lenge siden, at denne klimapåvirkning ikke nødvendigvis skal regnes med i henhold til de metodene Agri-footprint databasen bruker. For å synliggjøre dette er det gitt et eksempel der klimaendringer fra arealendring i brasilianske soya produksjon er satt til null. Se "soy LUC=0" i figur 5. Med denne antagelsen blir klimasporet for norsk laks i 2012 redusert til 2,6 kg CO<sub>2</sub>e per kilo spiselig laks. Altså kommer opptil 1,4 kg CO<sub>2</sub>e av klimasporet på 4 kg (35 %) til norsk laks i 2012 fra arealendringer knyttet til Brasilianske soyadyrking – med den angitte metodikken.

Et av målene med analysene var å undersøke den potensielle betydningen av deler av laksens produksjonssystem som tidligere ikke har vært inkludert i livsløpsanalyser av oppdrettslaks, spesielt produksjonen av mikroingredienser som pigmenter, mineraler og vitaminer. Det viste seg vanskelig å finne presise data på disse ingrediensene, men med de data som ble funnet så står mikroingredienser bak mer enn 10 % av klimasporet til norsk laks i 2012, til tross for at de utgjør kun 2-3 % av massen i fôret. Det ble konkludert med at til tross for betydelig usikkerhet i de data som ble benyttet så bør et helhetlig miljøregnskap for oppdrettslaks inkludere mikroingrediensene.



Figur 5 Klimasporet til norsk laks i 2010 og 2012 for gitte caser.

### 2.2.2 Fosforregnskap

Fosforregnskap for oppdrettslaks er gjort tidligere, men ikke i en LCA setting der forbruk av fosfor fra alle input av materialer og energi er inkludert. Analysen viser at det fosforet som blir brukt av laksen kommer inn som mineralsk fosfor. Totalt 11 g fosfat (P) per kg spiselig produkt ble brukt i norsk lakseproduksjon. 43 % av dette ble tilsatt i fôret som fosfortilskudd og det resterende ble brukt som gjødsel ved dyrking av vegetabiliske fôringredienser.

### 2.2.3 Ferskvann fotavtrykk

Tilgang til ferskvann seiler opp som et av de virkelig store miljøutfordringene og vil bli en kilde til alvorlige konflikter. Ferskvannbruken i produksjonen av norsk laks i 2012 ble beregnet i henhold til metoden promotert Water Footprint Network<sup>5</sup>. Denne metoden deler inn vannforbruk i tre kategorier:

- Blått vann: Vann fra ferskvann, elver eller dammer
- Grønt vann: Regnvann
- Grått vann: Mengden ferskvann som trengs for å fortynne utslipp til konsentrasjoner som er akseptable for god vannkvalitet.

Bruk av ferskvann i dyrking av vegetabiliske ingredienser ble inkludert med data fra artikler av Mekonnen et al<sup>6,7</sup>. I tillegg ble følgende vannbruk inkludert (alle kategorisert som blått vann):

Pelletsproduksjon: 0,65 m<sup>3</sup> vann per tonn pellets produsert.

- Reduksjon av fisk til fiskemel og olje: 30 m<sup>3</sup> per tonn fisk redusert til mel/olje
- Smoltproduksjon: 14.6 m<sup>3</sup> per tonn smolt. Antar produksjon i RAS anlegg.

Med dette som grunnlag ble norsk laks sitt ferskvann fotavtrykk beregnet til 1 950 m<sup>3</sup> water per tonn spiselig produkt. Rundt 98 % kommer fra dyrking av de vegetabiliske ingrediensene, det resterende hovedsakelig i reduksjon av industrifisk til fiskemel og fiskeoljeolje. Av totalen var rundt 80 % av vannforbruket blått vann, 10 % grønt vann og 10 % grått vann. Sammenlignet med andre kjøttvarer, 4 300 til 15 400 m<sup>3</sup>/tonn, viser dette at oppdrettslaks også er en vanneffektiv matvare.

---

<sup>5</sup> Link to water footprint web page: [www.waterfootprint.org](http://www.waterfootprint.org)

<sup>6</sup> Mekonnen, M.M. and A.Y. Hoekstra, The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. Hydrol. Earth Syst. Sci., 2011. 15(5): p. 1577-1600.

<sup>7</sup> Mekonnen, M. and A. Hoekstra, A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products. Ecosystems, 2012. 15(3): p. 401-415.



### 3 Leveranser fra prosjektet

#### 3.1 Nofima (arbeidspakke 1 og 2)

##### Rapporter/vitenskaplige publikasjoner

Ytrestøyl, T., Aas, T.S., Åsgård, T. 2014. Resource utilisation og Norwegian salmon farming in **2012 - 2013. Nofima rapport 36/2014. ISBN: 978-82-8296-219-3**

Ytrestøyl, T., Aas, T.S., Åsgård, T. 2014. Utilization of feed resources and efficiency in Norwegian salmon production (manus)

##### Populærvitenskaplige artikler og faktaark

Faktaark Aquanor 2013: Råvarebruk og effektivitet i norsk lakseoppdrett

Laksen-den mest ressurseffektive kjøttproduksjonen vi har! Norsk Fiskeoppdrett 10 -2013.

Norsk oppdrettslaks – en effektiv 40-åring! Norsk sjømat 5-2013.

Produserer stadig mer av mindre. Mærkanten nr 3-juni 2014

Stadig mindre fisk i laksefôret. Næringsnytte 2014 (utgitt av Nofima)

##### Foredrag og muntlige innlegg

Trine Ytrestøyl, Torbjørn Åsgård & Turid Synnøve Aas, 2013. Resource budget for raw materials in Norwegian salmon feeds 2010 and 2012. Making sense of science, Aqua Nor, 13.08.2013, Trondheim, Norway.

Torbjørn Åsgård, 2013. The future of salmonid aquaculture and it's potential for product diversification. Keynote lecture. Aquaculture forum Bremerhaven, Workshop IV, 23-24.09.2013, Bremerhaven, Germany.

Trine Ytrestøyl og Torbjørn Åsgård: Ressursbudsjett for norsk lakseproduksjon I 2010 of 2012. FHF-møte Rica Hell Hotell 22.10 2013.

Torbjørn Åsgård, Trine Ytrestøyl & Turid Synnøve Aas, 2014. Aquaculture and feed – Current and future development. Safety and quality of livestock feed, Seminar at Campden BRI, 6.03.2014, Gloucestershire, United Kingdom.

Trine Ytrestøyl, , Erik Skontorp Hongnes, Friederike Ziegler, Veronica sund, Turid Synnøve Aas, Torbjørn Åsgård. Norsk oppdrettslaks, en effektiv 40-åring, - men hva spiser den? Sjømatdagene på Hell, 21-22 januar 2014.

Trine Ytrestøyl, , Erik Skontorp Hongnes, Friederike Ziegler, Veronica sund, Turid Synnøve Aas, Torbjørn Åsgård. Endring i råvarebruk i norsk laksenæring. Konsekvenser for ressursutnyttelse. Havbrukskonferansen 2014

Trine Ytrestøy, Turid Synnøve Aas, Bjarne Hatlen, Gerd Marit Berge, Bente Ruyter, Erik Skontorp Hognes, Friederike Ziegler, Veronica sund, Torbjørn Åsgård. Shift from marine to plant ingredients in salmon farming – consequences for resource efficiency. ISFNF Cairns, 20.05. 2014

### **3.2 Sintef (Arbeidspakke 3 og 4)**

#### **Rapporter/vitenskaplige publikasjoner**

Hognes, E. S., K. Nilsson, V. Sund and F. Ziegler (2014). LCA of Norwegian salmon production 2012 (A26401 ISBN 978-82-14-05770-6). [www.sintef.no/Publikasjoner-SINTEF/AnsattesPublikasjoner/?empld=3001](http://www.sintef.no/Publikasjoner-SINTEF/AnsattesPublikasjoner/?empld=3001) , SINETF Fisheries and aquaculture.

#### **Populærvitenskaplige artikler og faktaark**

Hognes, E. S., K. Nilsson, F. Ziegler and V. Sund (2014). DRIVERS FOR ENVIRONMENTAL ASSESSMENT IN THE SEAFOOD INDUSTRY. Aquaculture Europe Aquaculture Europe Magazine, European Aquaculture Society (EAS).

Erik Skontorp Hognes, faktaark om krav til miljørapportering, "Aktuell rapport"

Erik Skontorp Hognes, faktaark til Aquanor 2013 " Norsk laks en klimavinner med forsprang"

#### **Foredrag og muntlige innlegg**

Erik Skontorp Hognes, Life Cycle Assessment in the development of a sustainable aquaculture industry, presentasjon på Aquaculture Europe 2014 konferansen i San Sebastian, Spania.

