

# Rapport

## Industriell utvikling av et mesopelagisk fiske - miljøeffekter

[Sub Title]

### Forfattere

Leif Grimsmo

Karl A. Almås og Erik S. Hognes



Foto: L. Grimsmo, SINTEF Ocean

SINTEF Ocean AS

Postadresse:  
Postboks 4762 Torgarden  
7465 Trondheim

Sentralbord: 464 15 000

ocean@sintef.no  
www.sintef.no/ocean  
Foretaksregister:  
NO 937 357 370 MVA

# Rapport

## Industriell utvikling av et mesopelagisk fiske - miljøeffekter

<b>RAPPORTNR</b>	<b>VERSJON</b>	<b>DATO</b>
OC2017 A-196	1	2017-09-15

**EMNEORD:**Mesopelagisk fiskeri,  
miljøeffekt, fôr til  
laksefisk, vegetabilske  
råvarer,  
teknologiutvikling**FORFATTER(E)**Leif Grimsmo  
Karl A. Almås og Erik S. Hognes**OPPDRAGSGIVER(E)**

Innovasjon Norge

**OPPDRAGSGIVERS REF.**

Tore Alfheim

**ANTALL SIDER OG VEDLEGG:**

15

**GRADERING**

Unrestricted

**GRADERING DENNE SIDE**

Unrestricted

**ISBN**

978-82-7174-317-8

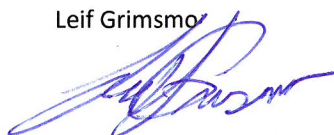
**SAMMENDRAG**

Denne rapporten tar for seg to sentrale spørsmål i forbindelse med en potensiell utvikling av et kommersielt fiske etter mesopelagisk fisk:

- 1) Vil uttaket av mesopelagisk arter kunne påvirke næringsgrunnlaget til matfisk negativt?
- 2) Hva vil den sannsynlige effekten være dersom, alt annet likt, oljer og proteiner fra mesopelagisk råvare substituerer vegetabilsk råvare til fiskefôr. Hvor mye landbruksproduksjon og jordbruksareal estimert kan frigjøres til produksjon av mat?

**UTARBEIDET AV**

Leif Grimsmo

**KONTROLLERT AV**

Dag Standal

**GODKJENT AV**

Marit Aursand



# Historikk

---

VERSJON	DATO	VERSJONSBESKRIVELSE
1	2017-09-07	Endelig rapport

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Innledning</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Bakgrunn og oppdragsdefinisjon</b> .....	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Relevant kunnskap fra 3 lengre tokt i Atlanterhavet med "MS Birkeland"</b> .....	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Marine og vegetabilske råvarer i laksefôr</b> .....	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>Protein fra mesopelagisk fisk</b> .....	<b>9</b>
5.1	Dagens situasjon .....	9
5.2	Mesopelagisk fisk som fremtidig fôrkilde .....	10
<b>6</b>	<b>Diskusjon</b> .....	<b>12</b>
6.1	Høsting av mesopelagisk fisk i stor skala .....	12
6.2	Lukke produksjonssyklusen for laks i havet .....	12
6.3	Andre miljøaspekt og klimaspor .....	12
<b>7</b>	<b>Konklusjoner</b> .....	<b>14</b>

## BILAG/VEDLEGG

---

[Skriv inn ønsket bilag/vedlegg]

---

## 1 Innledning

I 2008 ble det estimert at 65% av den globale fiskemelproduksjonen og 85% av den globale fiskeoljeproduksjonen gikk til akvakultur<sup>1</sup>, det antas at dette ikke er særlig annerledes i dag. Dette tilsvarer mel- og oljeproduksjon av 16,6 mill. tonn små pelagisk industrifisk som ikke er egnet til menneskemat. De fleste av verdens fiskebestander, inklusive de som går til fôr, regnes som fullt utnyttet og det årlige kvantum fra globale fiskerier har siden 1990 og frem til i dag, har ligget på rundt 90 millioner tonn. Dette betyr at en i fremtiden ikke kan forvente å produsere mer fôr fra kommersielle<sup>2</sup> fiskebestander.

Det pågående prosjektet; "*Industriell utnyttelse av mesopelagisk fisk*", finansiert gjennom egeninnsats fra rederiet Br. Birkeland Fiskebåtrederi AS og Egersund Trål, FHF, Fiskeridirektoratets tilskuddsordning til fiskeriforskning, Skattefunn og Innovasjon Norge, har vist at mesopelagisk fisk er en meget god kandidat for å dekke en økende global etterspørsel etter marint protein med en balansert aminosyresammensetning og de essensielle marine fettsyrene EPA og DHA.

Analyser av mesopelagisk fisk fra det nordlige Atlanterhav viser et lipidinnhold på 17,9% - 49,7% av tørrvekt, et omega 3 innhold på 24,5% av totalt lipid og et EPA+DHA innhold på 22% av totalt lipid, mens proteininnholdet lå på 13,5%-16,5% av våtvekt. Prosjektet har imidlertid avdekket at det i utvikling av et fremtidig industrielt fiske etter mesopelagisk fisk er et stort FoU behov for utvikling av teknologi for tolking av akustiske data til identifikasjon av mesopelagisk fisk, utvikling av egnet fiskeredskap, utstyr for fangsthåndtering og utvikling av prosess teknologi.

---

<sup>1</sup> Tacon A.G.J. & Metian M. (2008) Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: trends and future prospects. *Aquaculture* 285, 146–158.

<sup>2</sup> Det vil si de kjente fiskebestandene som i dag forvaltes bl.a. gjennom fastsettelse av TAC.

## 2 Bakgrunn og oppdragsdefinisjon

Det vises til samtale med, og e-mail fra, Tore Alfheim 4. september 2017, med forespørsel om SINTEF, i forbindelse med Innovasjon Norge sin prosess med å kvalifisere industriell utvikling av mesopelagisk fiske og ombordprosessering for Innovasjon Norge sine ordninger, kunne besvare to sentrale spørsmål;

- 1) Vil uttaket av mesopelagisk arter kunne påvirke næringsgrunnlaget til matfisk negativt?
- 2) Hva vil den sannsynlige effekten være dersom, alt annet likt, oljer og proteiner fra ensilasje fra mesopelagisk råvare substituerer vegetabilsk råvare til fiskefôr. Hvor mye landbruksproduksjon og jordbruksareal estimert kan frigjøres til produksjon av mat?

Det er spesielt ønskelig med en tallfesting av effekten av økt tilfang av marin råvare til fiskefôr.

I spørsmål 2) refereres det til: " ..., *oljer og proteiner fra ensilasje fra mesopelagisk råvare ...*". Ensilasjeproduksjon er en av flere mulige prosesseringsmetoder for mesopelagisk fisk med iboende fordeler og ulemper når det gjelder både prosessering og anvendelsesmuligheter. I det pågående prosjektet; "*Industriell utnyttelse av mesopelagisk fisk*" er nettopp utvikling av "riktig" prosesseringsmetode, gitt de operasjonelle og prosessstekniske mulighetene og begrensningene i et fremtidig industrielt fiske på mesopelagiske ressurser, en sentral oppgave.

Spørsmål 2) som blir forsøkt besvart i denne rapporten er *derfor*;

- 2) Hva vil den sannsynlige effekten være dersom, alt annet likt, oljer og proteiner ~~fra ensilasje~~ fra mesopelagisk råvare substituerer vegetabilsk råvare til fiskefôr. Hvor mye landbruksproduksjon og jordbruksareal estimert kan frigjøres til produksjon av mat?

Det vises avslutningsvis til SINTEF Ocean sitt tilbud om oppdrag (dette oppdraget) sendt av Leif Grimsmo pr. e-mail 4. september 2017 og til oppdragsbekreftelsen fra Tore Alfheim i mail mottatt 11. september 2017.

Denne rapporten er SINTEF Ocean sin besvarelse av de to sentrale spørsmålene nevnt ovenfor.

Kapittel 3 er mest relevant for:

- 1) Vil uttaket av mesopelagisk arter kunne påvirke næringsgrunnlaget til matfisk negativt?

Kapittel 4 og 5 er mest relevant for:

- 2) Hva vil den sannsynlige effekten være dersom, alt annet likt, oljer og proteiner ~~fra ensilasje~~ fra mesopelagisk råvare substituerer vegetabilsk råvare til fiskefôr. Hvor mye landbruksproduksjon og jordbruksareal estimert kan frigjøres til produksjon av mat?

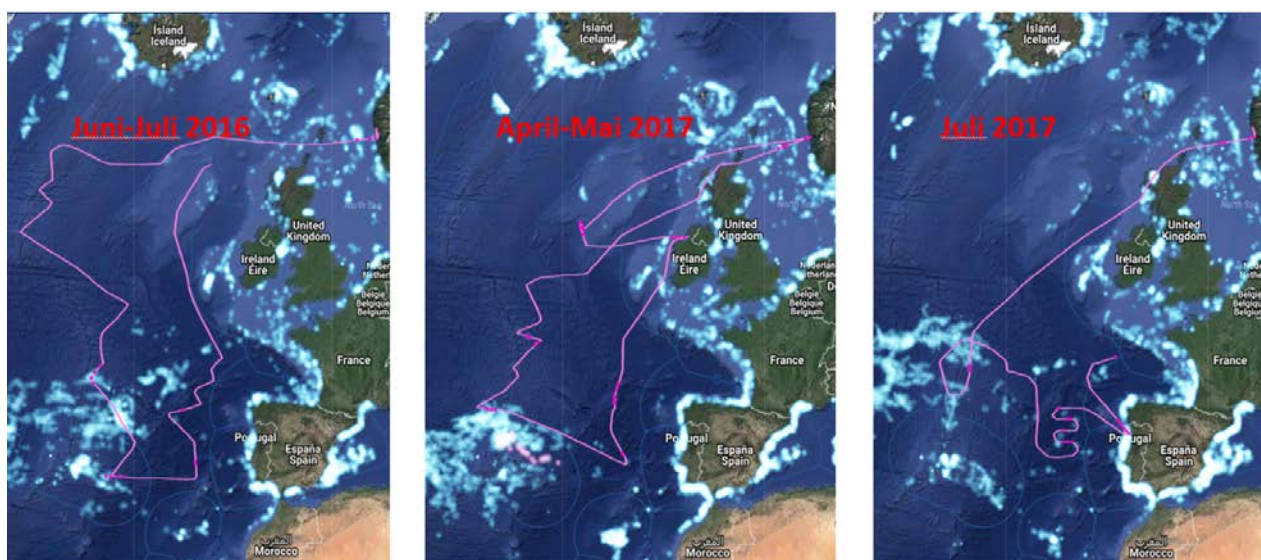
I diskusjons- og konklusjonskapitlene oppsummeres svarene på begge spørsmålene.



### 3 Relevant kunnskap fra 3 lengre tokt i Atlanterhavet med "MS Birkeland"

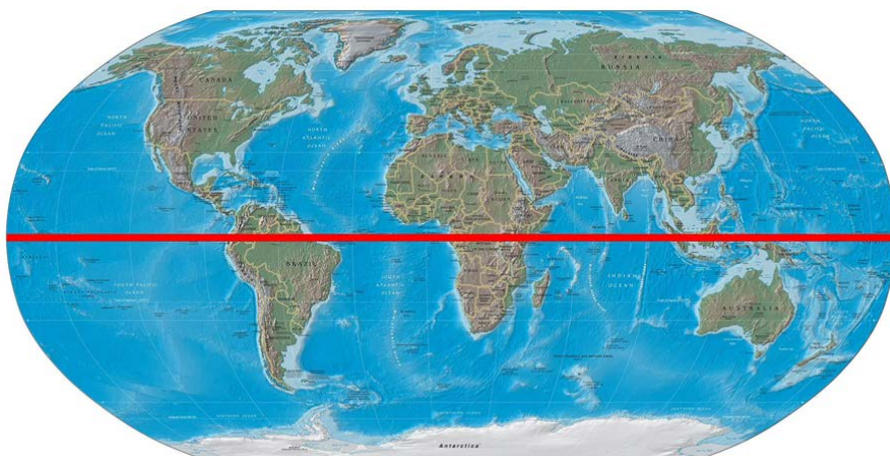
Det fins lite empiri som kan kvantifisere den økologiske effekten av et eventuelt fremtidig fiske etter mesopelagisk fisk, men på et generelt grunnlag er det klart at pelagisk fisk er mat for andre marine organismer, sikkert "matfisk" også.

Et svært viktig spørsmål er om et fiske etter mesopelagisk fisk får stor innblanding av andre arter inkludert kommersielle matfiskarter. Det er i 2016 og 2017 i det pågående prosjektet; "Industriell utnyttelse av mesopelagisk fisk", finansiert gjennom egeninnsats fra rederiet Br. Birkeland Fiskebåtrederi AS og Egersund Trål, FHF, Fiskeridirektoratets tilskuddsordning til fiskeriforskning, Skattefunn og Innovasjon Norge gjennomført 70 toktøgner med "MS Birkeland" i det nordlige Atlanterhavet i området NEAFC RA 1 (XXR Reykjanes Ridge) fra juni 2016 til juli 2017, se figur 1 nedenfor.



**Figur 1.** Område og kurser for forsøksfiske etter mesopelagisk fisk NEAFC RA 1 (XXR Reykjanes Ridge) fra juni 2016 til juli 2017.

Toktene vist i figur 1 tilsvarer en avstand på ca. 39.000 kilometer eller en gang rundt jorden ved ekvator se figur 2 nedenfor.



**Figur 2.** I perioden juni 2016 til juli 2017 er det gjennomført 3 lengre tokt på 70 tokdøgn i forbindelse med prosjektet "Industriell utnyttelse av mesopelagisk fisk". Dette tilsvarer 21.000 sjømil (39.000 km), eller ca. en runde rundt jorden ved ekvator.

De tre "typiske" fangstsammensetninger i forsøkshalene har vært rene fangster med laksesild, fangster hvor lysprikkfisk er dominerende og fangster hvor krill er dominerende. Dette er illustrert i figur 3 nedenfor.



**Figur 3.** Laksesild, lysprikkfisk og krill er typiske fangstsammensetninger i forsøksfisket etter mesopelagisk fisk i området NEAFC RA 1 (XXR Reykjanes Ridge) fra juni 2016 til juli 2017.



Tabell I nedenfor viser fangstsammensetningen fra 8 forsøkshal gjennomført i Juni-Juli 2016.

**Tabell I.** Fangstsammensetning (volumandel av fangst) fra 8 forsøkshal gjennomført i området NEAFC RA 1 (XXR Reykjanes Ridge) i Juni-Juli 2016.

Art	Latinsk navn	% av total fangst (i volum)
Nordlig lysprikkfisk	<i>(Benthoosema glaciale)</i>	44,43 %
Laksesild	<i>(Maurolicus muelleri)</i>	40,90 %
Liten lysprikkfisk	<i>(Myctophum punctatum)</i>	1,05 %
Stor lysprikkfisk	<i>(Notoscopelus kroeyeri)</i>	2,33 %
Storkjeft	<i>(Stomias boa)</i>	1,13 %
Liten laksetobis	<i>(Arctozenus risso)</i>	0,75 %
Stor perlemorsfisk	<i>(A. hemigymnus)</i>	0,88 %
Strømsild	<i>(Argentina sphyraena)</i>	0,80 %
Akkar	<i>(Todarodes sagittatus)</i>	0,50 %
Krill	<i>(Meganyctiphanes norvegica)</i>	7,25 %
Spotted barracudina	<i>(Arctozenus risso)</i>	0,01 %
Sølvkveite	<i>(Trachipterus arcticus)</i>	0,01 %

Tilsvarende bilde som i tabell I tegnet seg på toktene i april-mai og juli 2017. Resultatene så langt viser ingen innblanding av kommersielle fiskeslag selv om det i de forsøkstrålene som er brukt er små masker. Dette kan indikere at innblanding av kommersielle matfiskarter ved fiske etter mesopelagisk fisk i internasjonalt farvann i det nordlige Atlanterhavet i området NEAFC RA 1 (XXR Reykjanes Ridge) ikke vil være et stort problem.

En annen viktig og aktuell vitenskapelig diskusjon er om et "blandingsfiske" eller såkalt, såkalt "balanced harvesting" er mer bærekraftig enn at hver bestand blir forvaltet hver for seg med egne kvoter osv.<sup>3 4 5</sup> Balanced harvesting innebærer bl.a. at flere bestander kan og bør fiskes samtidig og er et kontroversielt forvaltningsprinsipp bl.a. for at en her tillater fangst av "undermåls" fisk inkludert fisk som ikke er kjønnsmoden.

Vi går ikke inn en diskusjon om balanced harvesting her, men selv om vi i de områdene (tid og sted) hvor vi hittil har vært ikke har påvist innblanding av kommersielle arter, så kan denne diskusjonen komme opp i andre områder hvor det er aktuelt å starte er fiske etter mesopelagisk fisk.

#### 4 Marine og vegetabiliske råvarer i laksefôr

Havbruksnæringens suksess har medført økt global etterspørsel etter råvarer til fôrproduksjon. I den tiden Norge har drevet med oppdrett av laksefisk har vi sett en utvikling fra et fôr som utelukkende bestod av marint fiskemel og fiskeolje, til et fôr som nå for det meste består av vegetabilisk råstoff. Mens 70% av fôringrediensene i 1990 bestod av marint råstoff, har nå 70% av fôret<sup>6</sup> vegetabiliske ingredienser og bare 30% marine råvarer som fiskemel og fiskeolje. Vegetabilisk råstoff inneholder ikke de essensielle marine

<sup>3</sup> Breen *et al.* 2016.: "Selective fishing and balanced harvesting" Fisheries Research 184 (2016) 2–8.

<sup>4</sup> Plank *et al.* 2017.: "Balanced harvesting can emerge from fishing decisions by individual fishers in a small-scale fishery" Fish and Fisheries. Volume 18, Issue 2 March 2017 Pages 212–225

<sup>5</sup> Kolding *et al.* 2016.: "Fisheries, the inverted food pyramid". ICES Journal of Marine Science, Volume 73, Issue 6, 1 June 2016, Pages 1697–1713.

<sup>6</sup> <https://laksefakta.no/hva-spiser-laksen/hva-er-i-foret-til-laksen/>

fettsyrene EPA og DHA som laksen trenger for å vokse og (over)leve. Dette også de sunne omega 3 fettsyrene som gjennom en rekke kliniske studier har vist positive helseeffekter på mennesker.

Det er vist at antinæringsstoffer fra vegetabiliske proteinråvarer gir utfordringer mht. forstyrrelser i fordøyelsesprosessene<sup>7</sup> hos laksefisk. Dyrking av vegetabiliske råvarer i fôrproduksjon konkurrerer også om verdifullt jordbruksareal som ellers kunne gått til matvareproduksjon. Det kan således stilles spørsmål om bærekraften i økt bruk av vegetabilisk råstoff i laksefôr. Litt om miljøeffekter ved ulik fôrsammensetning i laksefôr blir kvantifisert i kapittel 5.

Fôrproduksjon fra nye kilder ser ut til å være den eneste løsningen på å dekke en økende global etterspørsel marint protein og EPA+DHA drevet av veksten i havbruksnæringen og erkjennelsen av de positive helseeffektene av EPA og DHA.

## 5 Protein fra mesopelagisk fisk

### 5.1 Dagens situasjon

Soya inngår i dag som en viktig bestanddel i fiskefor til norsk lakseproduksjon. Norge importerer i dag soya først og fremst fra Brasil (80 %), men også fra Canada og Russland. Dette betyr indirekte at "norsk oppdrettsnæring legger beslag på dyrkingsareal" i disse landene. Spørsmål som kan stilles er følgende:

- Hvor mye mesopelagisk fisk må høstes for at vi skal kunne erstatte import av soyaprotein?
- Hvor mye areal kan frigjøres til produksjon (f.eks. i Brasil) av mat dersom dette gjennomføres?

Tabell II under viser forbruk av soya i norsk fôrproduksjon, arealbehov for soyaproduksjon og mengde mesopelagisk fisk som må høstes. Tabellen tar utgangspunkt i estimert produksjon for 2017, men tar også inn tall for forventet lakseproduksjon i 2030 og 2050<sup>8</sup>

**Tabell II.** Forbruk av soya i norsk fôrproduksjon, arealbehov for soyaproduksjon og mengde mesopelagisk fisk som må høstes med utgangspunkt i estimert produksjon for 2017, og lakseproduksjon i 2030 og 2050.

Faktor	2016	2030	2050	Kommentar
Norsk lakseproduksjon (tonn)	1 200 000	3 000 000	5 000 000	
Laksefôr (tonn)	1 700 000	3 600 000	6 000 000	
Soyaprotein i norsk laksefôr (tonn)	246 000	522 000	870 000	Tall fra fôrselskaper
Soyabønner tilsvarende soyaprotein (tonn)	736 000	1 560 000	2 600 000	540 kg SPC pr. tonn soyabønner <sup>9</sup>
Nødvendig dyrkingsareal for soyabønner i Brasil (hektar)	258 000	547 000	912 000	"Occupation arable" 0,351 hektar/tonn <sup>10</sup>
Relativt i forhold til norsk dyrkingsareal (%)	26	56	93	Dyrkingsareal i Norge: 980 000 hektar (2016)
Mesopelagisk fisk (tonn) som tilsvarer behov for soyaprotein	1 655 000	3 505 000	5 840 000	0,149 <sup>11</sup> tonn protein pr. tonn rund fisk

<sup>7</sup> Einen *et al.* 2006 Havbruksforskning: Fra merd til mat (2006), tema: Fôr, ernæring, fôring, Ernæringsbiologi hos oppdrettsfisk

<sup>8</sup> Fra rapporten "Verdiskaping basert på produktive hav i 2050" NTVA / DKNVS, 2012.

<sup>9</sup> Hognes, E.S., *et al.*, LCA of Norwegian salmon production 2012 (A26401 ISBN 978-82-14-05770-6). p. 41.

<sup>10</sup> Blonk, *Agri-footprint*, B. Consultants, Editor. 2014, PRé Consultants: <http://www.agri-footprint.com/>

<sup>11</sup> Dette tilsvarer gjennomsnittlig proteininnhold (våttvekt) av samfengte mesopelagiske fangster tatt i det nordlige Atlanterhav i 2016 med fartøyet "MS Birkeland".

Med dagens produksjonskvantum av laks (1 200 00 tonn) og innhold av rent soyaprotein i fôret (246 000 tonn), vil vi måtte høste ca. 1,6 millioner tonn mesopelagisk fisk (med ca. 15 % protein) for å kompensere for import fra Brasil. Nødvendig dyrkingsareal i Brasil for å produsere soyabønner for å fremskaffe denne proteinmengden er ca. 258 000 hektar (se figur 4 nedenfor). Til sammenligning tilsvarer dette vel 26 % av det totale dyrkingsarealet vi har i Norge (2016).



**Figur 4.** Bildet viser et område som har blitt ryddet av soyabønnedyrkere i Novo Progreso i Brasil.  
FOTO: ALBERTO CESAR-GREENPEACE / AP

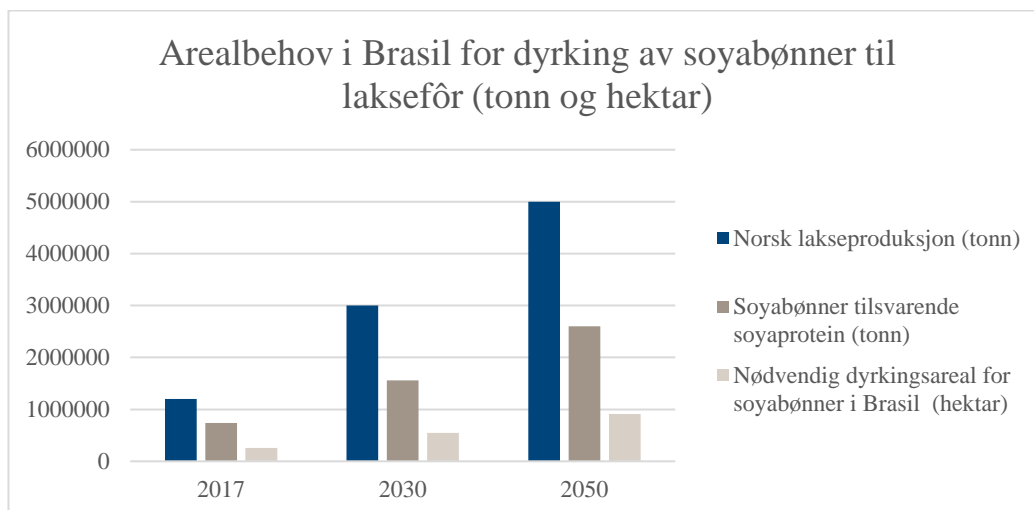
## 5.2 Mesopelagisk fisk som fremtidig fôrkilde

Med de fremtidsperspektiver som legges til grunn for utvikling av norsk oppdrettsnæring vil tilgangen på næringsriktig fôr bli avgjørende. Vi kan ikke forvente å kunne legge beslag på stadig større arealer (og ferskvannsressurser) på land som må utnyttes til direkte matproduksjon for en økende verdensbefolkning.

Figur 5 nedenfor viser at dersom vi ekspanderer vår lakseproduksjon mot 5 millioner tonn i 2050 så vil dette legge beslag på et dyrkingsareal for soyabønner (f.eks. i Brasil) på ca. 912 000 hektar<sup>12</sup>, et areal tilsvarende 93 % av det dyrkingsarealet vi har i Norge i dag.

---

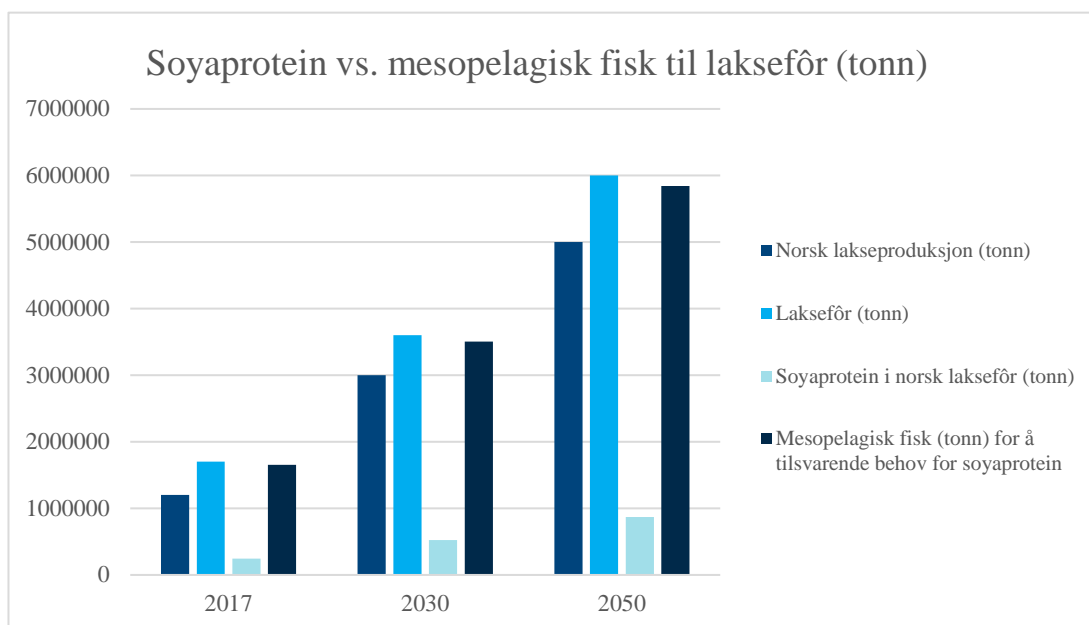
<sup>12</sup> 1 hektar = 10 000 m<sup>2</sup>, 1 hektar = 10 dekar, 100 hektar = 1 kvadratkilometer



**Figur 5.** Arealbehov i Brasil for dyrking av soyabønner til laksefôr (tonn og hektar).

Foruten plantebaserte råvarer til forproduksjon, fremstår fortsatt bruk av pelagisk fisk, SCP (single cell protein), mikro- og makroalger, utnyttelse av bifangst og restråstoff samt høsting på lavere trofisk nivå som de viktigste mulighetene. Av disse fremstår imidlertid høsting på lavere trofisk nivå (herunder mesopelagisk fisk) som en av de mest realistiske mulighetene til å fremskaffe nok fôr i et langsiktig perspektiv.

Figur 6 nedenfor viser at dersom mesopelagisk fisk skal kompensere for det proteinet som i dag dekkes av soyaprotein frem mot 2050, må det fiskes et kvanta opp mot 6 millioner tonn.



**Figur 6.** Soyaprotein vs. mesopelagisk fisk til laksefôr.



## 6 Diskusjon

### 6.1 Høsting av mesopelagisk fisk i stor skala

Den globale biomassen for mesopelagisk fisk er estimert til 10 milliarder tonn<sup>13</sup>. Et uttak av 6 millioner tonn mesopelagisk fisk, representerer 0,6 promille av den totale globale biomassen og vil fullt ut kunne kompensere for behov for soyaprotein i laksefôr med en norsk lakseproduksjon på 5 millioner tonn i 2050. Til sammenlikning kan det nevnes at det av en estimert totalbestand av makrell i det nordøstlige Atlanterhavet i 2014 på rundt 5,5 millioner tonn, så ble totalkvoten for 2015 fastsatt til 1 054 000 tonn. Dette gir et kvoteuttak på vel 19% av den totale biomassen. Hvis en skulle ta ut det samme av mesopelagisk fisk, forutsatt en totalbestand på 10 milliarder tonn, ville dette tilsvare en totalkvote på vel 1,9 milliarder tonn.

Selv om et uttak på 6 millioner tonn er svært lavt i forhold til den globale biomassen av mesopelagisk fisk, må den ressursbelastningen et slikt uttak representerer avklares lokalt i forhold til hvilke arter dette omfatter og hvilke høstingskvoter som bør tildeles.

Høsting på en ny ressurs innebærer også utvikling og utprøving av ny fangst-, konserverings- og prosesseteknologi. Det er ikke gitt at erfaringer fra andre fiskerier og håndtering av råstoffet er overførbart fullt ut (se også kapittel 2 Bakgrunn og oppdragsdefinisjon). En kommersiell utnyttelse av mesopelagisk fisk forutsetter at kommersielle metoder blir utviklet. Avsnittet under viser en mulig fremdriftsplan for dette.

### 6.2 Lukke produksjonssyklusen for laks i havet

SINTEF Ocean har gjennom utarbeidelse av rapporten "Sjøkart mot 2050"<sup>14</sup> drøftet ulike tiltak for utvikling av biobaserte marine næringer mot 2050, herunder fôrtilgangen til lakseproduksjon. En klar målsetting som er anført i denne rapporten er at oppdrettsnæringen må være uavhengig av landbaserte fôrkilder i 2030. Veien dit består av følgende grep:

- 2017: Utnyttelse av andre marine ressurser (zooplankton, krill, mesopelagisk fisk, etc.)
- 2018: Innføring av en støtteordning for bygging av fiskefartøy for høsting av nye arter.
- 2019: Industriell utnyttelse av raudåte.  
Industriell utnyttelse av mesopelagisk fisk (fase 1).
- 2020: Industriell utnyttelse av mesopelagisk fisk (fase 2).
- 2023: Tilgang på nye omega 3 fôrkilder.
- 2030: Fôr uten landbaserte kilder. Lukke produksjonssyklusen i havet.

### 6.3 Andre miljøaspekt og klimaspor

Fôrproduksjon utgjør brorparten, og så mye som 80%, av klimasporet til norsk laks solgt i Europa<sup>20</sup>. En forutsetning for å ivareta oppdrettslaks som et klimavennlig alternativ, er å finne fôrråvarer som forårsaker mindre klimapåvirkning, og å øke fôreffektiviteten. Analyser av norske laksefôr viser at de vegetabiliske ingrediensene som økes når de marine reduseres ofte har et langt høyere klimaspor enn de marine. Det er variasjoner blant både de marine og de vegetabiliske ingrediensene, men for eksempel soyaproteinkonsentrat, som utgjør brorparten av det vegetabiliske ingrediensene, har et klimaspor langt over de største kildene til marint protein<sup>20</sup>. Figur 7 viser forholdet mellom klimasporet til et utvalg viktige ingredienser i norsk laksefôr.

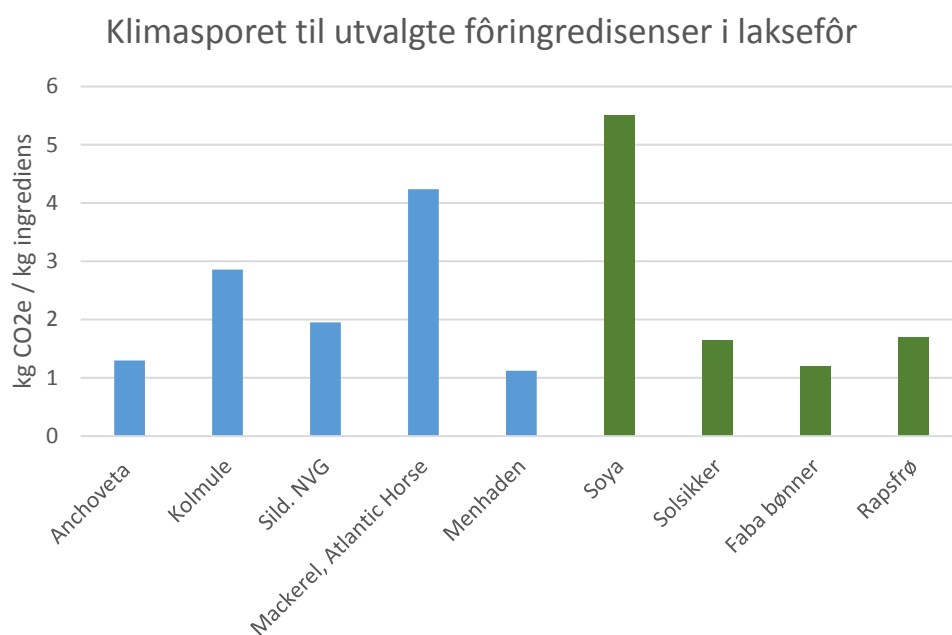
<sup>13</sup> Irigoien, X. *et al.* (2014), Large mesopelagic fishes biomass and trophic efficiency in the open ocean, *Nature Commun.* DOI: 10.1038/ncomms4271. pp. 10.

<sup>14</sup> Almås og Ratvik (2017) "Sjøkart mot 2050", SINTEF –Rapport OC2017 A-092.

Matproduksjon forårsaker noen av de store globale miljøutfordringene vi står ovenfor, for eksempel klimagassutslipp, forbruk og forurensing av ferskvann og forbruk av ikke fornybare ressurser som fosfor. Analyser viser at matproduksjon kan stå for så mye som 19-29% av globale klimagassutslipp<sup>15</sup> og mat utgjør over 20% av klimasporet til en vanlig europeers forbruk<sup>16</sup>.

Akvakultur er kjent som en spesielt effektiv måte å omsette fôr til kjøtt på<sup>17</sup>, det kommer blant annet av at fisken er vekselvarm og ikke må motkjempe tyngdekraften. Den bruker altså mindre energi på å regulere kroppstemperatur og å holde seg oppreist. Men skal akvakultur bli et gunstig alternativ til dagens matproduksjon, og de utfordringer som følger med den, må fisken leve av og ikke bare i havet. Næringsgrunnlaget må komme fra ressurser som ikke bidrar til ytterligere press på landbruksressursene.

Fosfor er en absolutt nødvendighet for all matproduksjon, men analyser viser nå at med dagens forbruk av gjødsel så kan de globale fosforreservene være brukt opp innen 50-100 år<sup>18</sup>. Med stadig mer vegetabiliske ingredienser i oppdrettsfôr blir viktige ressurser som fosfor tatt ut av det terrestriske kretsløpet. Hentes derimot fôr fra det marine vil man hente fosfor i en lukket sløyfe. Analyser viser at med en femdobling av dagens norske lakseproduksjon, og uten utvikling av nye fôr, så vil opptil 45 000 tonn fosfor gå tapt til vannmassene per år<sup>19</sup>.



**Figur 7.** Klimasporet til utvalgte vegetabiliske og marine fôringredienser<sup>20</sup>

<sup>15</sup> Vermeulen, S.J., B.M. Campbell, and J.S.I. Ingram (2012), Climate Change and Food Systems. Annual Review of Environment and Resources, 2012. 37(1): p. 195-222.

<sup>16</sup> Hertwich, E.G. and G.P. Peters, Carbon Footprint of Nations: A Global, Trade-Linked Analysis. Environmental Science & Technology, 2009. 43(16): p. 6414-6420.

<sup>17</sup> Torrissen, O., *et al.*, Atlantic Salmon (*Salmo salar*): The “Super-Chicken” of the Sea? Reviews in Fisheries Science, 2011. 19(3): p. 257-278.

<sup>18</sup> Cordell, D., J.-O. Drangert, and S. White, The story of phosphorus: Global food security and food for thought. Global Environmental Change, 2009. 19(2): p. 292-305.

<sup>19</sup> Hamilton, H.A., *et al.*, Investigating Cross-Sectoral Synergies through Integrated Aquaculture, Fisheries, and Agriculture Phosphorus Assessments: A Case Study of Norway. Journal of Industrial Ecology, 2015: p. n/a-n/a.

<sup>20</sup> Hognes, E.S., *et al.*, LCA of Norwegian salmon production 2012 (A26401 ISBN 978-82-14-05770-6). p. 41.

## 7 Konklusjoner

Dersom vi legger til grunn resultatene fra tokt med "MS Birkeland" i 2016-2017, vil innblanding av kommersielle matfiskarter ved fiske etter mesopelagisk fisk i internasjonalt farvann i det nordlige Atlanterhavet i området NEAFC RA 1 (XXR Reykjanes Ridge), sannsynligvis ikke være et stort problem.

Med det norske produksjonskvantumet av laks (1 200 000 tonn, år 2016) og innhold av rent soyaprotein i fôret (246 000 tonn), må vi høste ca. 1,6 millioner tonn mesopelagisk fisk for fullt ut å erstatte dagens bruk av soyaprotein i laksefôr. Dette tilsvarer et dyrkingsareal for soyabønner i Brasil på 258 000 hektar eller 2 580 kvadratkilometer med åker for dyrking av soyabønner.

Det er et stort behov for mer marint råstoff i fôr til laksefisk, spesielt hvis en har en vekstambisjon i norsk havbruksnæring. Hvis vi skal produsere 5 millioner tonn med laks i 2050, og ha dagens sammensetning av lagesfôret, vil det legge beslag på et dyrkingsareal for soyabønner på ca. 912 000 hektar, et areal tilsvarende 93 % av det dyrkingsarealet vi har i Norge i dag. Et uttak av 6 millioner tonn mesopelagisk fisk, tilsvarende 0,6 promille av den estimerte biomassen med mesopelagisk fisk globalt, vil fullt ut kunne erstatte soyaprotein i laksefôr i 2050.

Det er vist at mesopelagisk fisk fra det nordlige Atlanterhav også vil være en meget bra kilde for marine fettsyrer inkludert de essensielle fettsyrene EPA og DHA. I denne rapporten har vi ikke tallfestet hvorledes det økte tilfanget av marine fettsyrer gjennom en fremtidig industriell utnyttelse av mesopelagisk fisk vil kunne frigjøre landbruksareal annet enn til soyaproduksjon. Marine fettsyrer vil fullt ut kunne erstatte bruk av rapsolje, som i dag er den viktigste vegetabiliske oljen i laksefôret. Uten at dette er tallfestet i denne rapporten kan en forvente at store landbruksarealer for dyrking av raps også vil bli frigitt gjennom industriell utnyttelse av mesopelagisk fisk.

Med stadig mer vegetabiliske ingredienser i oppdrettsfôr blir viktige ressurser som fosfor tatt ut av det terrestriske kretsløpet. Analyser viser at med en femdobling av dagens norske lakseproduksjon, og uten utvikling av nye marine fôr, vil opptil 45 000 tonn fosfor gå tapt til vannmassene per år. Hvis en økt andel av fôrressursene inneholdende marint fosfor blir hentet opp av havet kan en tilbakeføre noe av det fosforet som går tapt til vannmassene.

I SINTEF rapporten "Sjøkart mot 2050"<sup>21</sup> tas det til orde for at oppdrettsnæringen i fremtiden må være uavhengig av landbaserte fôr-kilder i 2030. Det er mye som tilsier at en industriell utvikling av et fiske etter mesopelagisk fisk vil kunne være et viktig bidrag til å oppnå denne målsettingen.

Fôrråvarene til økt oppdrett av marine organismer må komme fra ressurser som ikke bidrar til ytterligere press på verdifullt landbruksareal. Skal akvakultur bli et gunstig alternativ til dagens matproduksjon og de utfordringer som følger med den må fisken leve av og ikke bare i havet.

I tillegg til de to sentrale spørsmålene fra Innovasjon Norge forsøkt besvart i denne rapporten, er det i det pågående prosjektet "*Industriell utnyttelse av mesopelagisk fisk*", påvist et betydelig tverrfaglig FoU behov for utvikling av teknologi for tolking av akustiske data til identifikasjon og kvantifisering av mesopelagisk fisk, utvikling av egnet fiskeredskap, utvikling av utstyr for fangsthåndtering og utvikling av egnet prosess teknologi.

---

<sup>21</sup> Almås og Ratvik (2017) "Sjøkart mot 2050", SINTEF –Rapport OC2017 A-092.