

Oversikt over norsk og global akvakultur og akvafôr



Bjørn Eidem
Anders M. Melås

RURALIS - Institutt for rural- og regionalforskning
Universitetssenteret Dragvoll
N-7491 Trondheim

Telefon: +47 73 82 01 60
E-post: post@ruralis.no

Rapport 6/2021

Utgivelsesår: 2021

Antall sider: 134

ISSN 1503-2035

Tittel: Oversikt over norsk og global akvakultur og akvafôr

Forfattere: Bjørn Eidem og Anders Melås

Utgiver: Ruralis

Utgiversted: Trondheim

Prosjekt: Nasjonal og global tilgang på fôrråvarer

Prosjektnummer: 6809

Oppdragsgiver: Fiskeri- og Havbruksnæringas Forskningsfinansiering AS (FHF)

Oppdragsgivers ref.: 901641

Forord

Norsk akvakultur har vokst fra en sped start med regnbueørret på 1950-tallet til å bli en av landets viktigste eksportnæringer. Norge er i dag ledende innen produksjon av atlantisk laks med over halvparten av verdensproduksjonen. Samlet norsk akvakultur utgjør imidlertid bare 1,7 prosent av verdens produksjonsvolum. Laksoppdrett har de siste åra vært en svært lønnsom bransje, og er i verdi en av de største produksjonene innen global akvakultur. Rekeoppdrett er imidlertid større både i totalverdi og volum. Det gjelder også asiatisk karpeoppdrett dersom man ser de ulike karpeartene samlet.

FAO omtaler akvakultur som verdens raskest voksende matproduksjon. Rundt 1980 skjedde det teknologiske og kommersielle gjennombrudd i mange land og produksjoner samtidig. Tida falt sammen med at overbeskatning av fiskebestander i tradisjonelt fiskeri mange steder ble akutt og det oppsto en bevissthet over hele verden om bærekraftutfordringer og nødvendigheten av begrensning og aktiv fiskeriforvaltning.

Dersom vi ser bort fra egg, meieriprodukter og muslinger utgjør villfiske og akvakultur i 2019 hhv 13 og 11 prosent av global animalsk humanernæring. Samlet dekker kylling/fjærfe ca en tredel, mens gris og sjømat ca en firedel hver. Akvakultur øker gradvis sin andel av totalen.

Et viktig argument for økt akvakulturproduksjon ligger i behovet for mer balansert og allsidig kosthold og inntak av næringsstoffer, både i fattige og rike land. Og det er økende etterspørsel etter sjømat.

På tilbudssida er det noen utfordringer. Lakselus og fiskesykdommer er et velkjent problem i vårt land. Forurensing og uheldig påvirkning av økosystemer er en utfordring i alle land som driver akvakultur. For å håndtere den ventede veksten må det tas strategiske grep for å sikre bærekraft. I denne rapporten går vi nærmere inn på fôr og fôrproduksjon knyttet til næringas vekst.

Vi mener at det trengs en strategi for å sikre både økt bærekraftig norsk produksjon og bærekraftig import av fôr. Det trengs også fortgang i arbeidet med å skape internasjonal oppslutning om bærekraftkriterier innen akvakultur og fôrproduksjon, både gjennom sertifisering, samarbeid mellom offentlig og privat sektor og mer omfattende system for oppfølging og kontroll.

En del av løsningen som kan gi ny bærekraftig vekst i akvakultur ligger i utvikling av ny teknologi som kan supplere den strukturen vi kjenner. Vi ser at kommersielle aktører i næringa satser i flere retninger: Store havmerder kan bidra til å løse forurensningsproblematikk gjennom bl.a. økte spredeareal. Landbasert oppdrett med resirkulerende akvakultur-system (RAS), kan bidra til kontroll med smitte, sykdommer og parasitter og mer effektiv fôrutnyttelse. I mange land eksperimenteres det med gjenskaping av lukkede økosystemer der også næringsstoffene i produksjonen resirkuleres. Stikkord her er vertikalt landbruk, «bioponics», «aquaponics» og bioflock-basert næring.

Både i dagens akvakulturteknologi og i de nye teknologiene som beskrives over er det nødvendig med ny fôrteknologi. Dagens produksjon av fôrråvarer krever dels store arealer, bruker mye grunnvann, krever mye gjødsel, kjemiske plantevernmidler og dessuten interkontinental transport. Videre vekst i fôra akvakulturproduksjon forutsetter nye råvarekilder som kan supplere dagens produksjon og bære en stor del av framtidens vekst. Vi tror at neste fase i fôrutviklinga vil være etter nye kriterier: Kortreist, lavt klimaavtrykk og uten ytterligere belastning av verdens produktive arealer.

Oslo/Trondheim, 25.11.2021

Bjørn Eidem (s)

Anders M. Melås (s)

Innholdsfortegnelse

Forord	2
Innholdsfortegnelse.....	3
Tabelliste.....	6
Figurliste	7
Sammendrag.....	9
Summary.....	13
Kapittel 1 Innledning - faglig bakgrunn, prosjektorganisering og -omfang	17
Kapittel 2. Problemstilling, formål og prosjektgjennomføring - beskrivelse av nytteverdi, leveranser, metodikk og gjennomføring	18
2.1 Nytteverdi og leveranser fra prosjektet.....	18
2.2 Metodikk og gjennomføring	19
Kapittel 3. Prosjektresultater, diskusjon og konklusjoner - kvalitativ drøfting, relevans, gyldighet og presisjon.....	21
3.1 Begreper og definisjoner.....	21
3.2 Hovedgrupper og arter i oppdrett	22
3.3 Driftsformer og fôrforbruk i akvakultur	24
3.4 Fôr, produksjon og forbruk	26
3.5 Bærekraft.....	27
Kapittel 4. Akvakulturproduksjon, sammensetning og utvikling	28
4.1 Andre land og regioners akvakultur.....	31
4.2 Akvakulturens rolle i verdens matproduksjon og ernæring	35
4.3 Oversikt over kvantum og verdi.....	36
4.4 Norsk akvakultur, fra 1957 til 2020.....	37
Kapittel 5. Fôring av fisk og krepsdyr i oppdrett	41
5.1 Kinesiske fôra karper.....	41
5.2 Tilapia	41
5.3 Maller	42
5.4 Laks.....	42

5.5 Ørret	43
5.6 Ål.....	44
5.7 Melkefisk	44
5.8 Annen diadrom fisk og ferskvannsfisk	44
5.9 Saltvannsfisk.....	45
5.10 Krepsdyr - reker.....	45
5.11 Krepsdyr - andre.....	46
5.12 Indiakarper	46
5.13 Kinesiske ufôra karper.....	47
5.14 Restkategori	49
5.15 Samlet fôroversikt, global akvakultur	50
Kapittel 6. Næringsinnhold i fôr og fisk	56
6.1 Næringsinnhold i fôr	56
6.2 Fôromsetning	58
6.3 Energi- og proteintetthet i fôr, ulikheter mellom landdyr og fisk	58
6.4 Produksjonsdyr, levendevekt, slaktevekt og spiselig del.....	59
6.5 Næringsinnhold i fisk til humanernæring	61
6.6 Gris og kylling. Sammenligning av akvakultur og husdyr-produksjon på land ...	63
6.7 Fôreffektivitet mht energi og protein i ulike produksjoner.....	66
Kapittel 7. Råvarer og tilgang på råvarer til akvafôr	68
7.1 Fôrproduksjon	68
7.2 Konkrete fôrresepter, industriell oppdrett.....	71
7.3 Konkret fôrresept, tradisjonell oppdrett	75
7.4 Oversikt over råvarer i bruk	75
7.5 Fôrråstoff fra akvakultur og fiskeri.....	77
7.6 Vegetabilske fôrråvarer.....	83
7.7 Hva med GMO (genmodifiserte organismer)?	86
7.8 Potensialet i utviklingen av nye råvarer og råvarekilder	86
7.9 Råvarer allerede i industriell produksjon.....	87
7.10 Råvarekilder som krever oppskalering.....	88
7.11 Vekst i norsk akvakultur med norske ressurser?	89
Kapittel 8. Bærekraft knyttet til råvarer og ingredienser i akvafôr.....	90

8.1 Sertifisering og sertifiseringsordninger i akvakultur.....	90
8.2 FAOs «Code of Conduct»	91
8.3 Fiskeri	91
8.4 Akvakultur	92
8.5 Bærekraftskriterier	93
8.6 Global Sustainable Seafood Initiative	93
8.7 ASCs fôrstandard	94
8.8 Hvor stor andel kommer fra sertifiserte kilder?	97
8.9 Potensialet i miljøsertifiserte fôråvarer fremover	97
Kapittel 9. Funn og hovedfunn	101
9.1 Funn.....	101
9.2 Hovedfunn.....	102
Referanser.....	104
Vedlegg	109

Tabelliste

Tabell 1: Kategorisering akvakultur ₂	23
Tabell 2: Utvalgte produksjonsarter rangert etter verdi pr kg førstehandsverdi i akvakultur, rund vekt, m tilhørende gjennomsnittlig årsproduksjon og årsverdi (mest verdifulle uthevet m fete typer).....	31
Tabell 3: Prosentvis vekst i akvakulturproduksjon ₃ i ulike tiårsperioder, (siste periode 9 år) og regioner	35
Tabell 4: Utvalgte produksjoner rangert etter årsverdi av produksjon globalt	37
Tabell 5: Norsk produksjon av oppdrettsfisk i 2019 og 2020.....	37
Tabell 6: Norsk oppdrett av musling	39
Tabell 7: Norsk andel av produksjonen i global akvakultur, verdi	40
Tabell 8: Produksjon og andel av fisk og krepsdyr i ulike drifts- og fôringsystemer (rund vekt)	51
Tabell 9: Fullfôra produksjon av fisk og krepsdyr (mrd tonn) med industrielt fôr og fôrfaktor (2000-2030).....	52
Tabell 10: Næringsinnhold i kraftfôr/moderne industrielt fôr (vekstfôr)	56
Tabell 11: Næringsinnhold i fôr til laks, næringslivskilde, se tekstboks over.....	58
Tabell 12: Energi- og proteintetthet i fôr, samme kilder som i tabell 10 over	59
Tabell 13: Humanernæring (protein og fett) i fra fôra arter i oppdrett, innhold i rå spiselig vare	62
Tabell 14: Global produksjon målt i levende vekt, slaktevekt og spiselig del og prosent av totalproduksjon av kjøtt og fisk.	64
Tabell 15: Fôrøkonomi gris	65
Tabell 16: Energitap i ulike animalske produksjoner	66
Tabell 17: Proteintap i ulike animalske produksjoner.....	66
Tabell 18: Konkrete eksempler på fôrresepter til fullfôra moderne oppdrett. Fordeling i prosent på ingrediens.....	71
Tabell 19: Fôrfaktor indisk karpe	75
Tabell 20: Råvarer til fôr til fisk, reker, kylling og gris	76
Tabell 21: Grovt anslag global kraftfôrproduksjon til akvakultur og husdyr på land....	84
Tabell 22: Sum soya, hvete, mais, raps produksjon og eksport i mill tonn og prosent	85
Tabell 23: GMO-fritt produksjonsareal - i noen viktige eksportørland	86

Figurliste

Figur 1: Global akvakulturproduksjon ₄ (1980 – 2019).....	28
Figur 2: Global oppdrettsproduksjon av fisk, krepsdyr og musling (2000 – 2019),	29
Figur 3: Global matproduksjon, spiselig del av fisk, krepsdyr og skjellmusling i oppdrett 2000-2019	30
Figur 4: Ulike lands andel av global akvakultur ₃ (2019)	32
Figur 5: Global akvakulturproduksjon ₃ rund vekt (1980-2019)	32
Figur 6: Saltvannsoppdrett som andel av akvakultur globalt (2000-2019).....	33
Figur 7: Andeler av global saltvannsoppdrett rund vekt (2019)	33
Figur 8: Saltvannsoppdrett ₃ mill tonn rund vekt (2000-2019)	34
Figur 9: Relative bidrag fra akvakultur og fiskeri til tilgjengelig fisk for humankonsum på verdensbasis (Kg rund vekt/per person)	36
Figur 10: Norsk fiskoppdrettsproduksjon rund vekt (1981-2020)	38
Figur 11: Annen norsk fiskoppdrett (1986-2020).....	39
Figur 12: Norsk oppdrett av musling (1986-2020)	39
Figur 13: Regnbueørret, global oppdrettsproduksjon (1980-2019)	43
Figur 14: Kinesisk polykultur. Ulike fiske­slag (med ulik ernæring) oppdrettes sammen med høy økologisk synergieffekt.....	48
Figur 15: Kinesisk polykultur basert på integrert akvakultur, åkerbruk og husdyrhold	49
Figur 16: Beregnet produksjon av fisk og krepsdyr (rund vekt) med ulike fôringsregimer, hhv. MIF, TEF og ufôra	50
Figur 17: Fullfôra akvakulturproduksjon av fisk og krepsdyr med moderne industrielt fôr og fôrfaktor, veid gjennomsnitt (2000-2030)	52
Figur 18: Medgått moderne industrielt fôr (MIF) i fôra oppdrett av fisk og krepsdyr basert på FAO-statistikk tom 2019 og Tacon og Metians metode for prognose fram til 2030	53
Figur 19: Råvarer, Skretting	69
Figur 20: Fôringredienser over tid Biomar	70
Figur 21: Typisk fordeling av fett, karbohy­drat, protein og aske (tørrstoffbasis) av fôrråvarer.....	72
Figur 22: Fôringredienser tilapia i fullfôr til kinesisk oppdrett, råvarer etter vekt i %, fra tabell 18.	73

Figur 23: Havabbor/dorade, fullfôr til europeisk oppdrett, råvarer etter vekt i %, fra tabell 18.	73
Figur 24: Reker (Lv) fullfôr til oppdrett i Equador, råvarer etter vekt i %, fra tabell 18.	74
Figur 25: Laks fullfôr i norsk oppdrett, råvarer etter vekt i %, fra tabell 18.	74
Figur 26: Produksjon av fiskemel og -olje 1980-2020.	78
Figur 27: Andel av global fiskemelbruk i ulike produksjoner (2009-2019)	79
Figur 28: Andel av global fiskeoljebruk i ulike produksjoner	80
Figur 29: Utnyttelsesgrad i norsk sjømatnæring (2012-2020)	81
Figur 30: Global fiskemelproduksjon med beregnet andel fra avskjær	82
Figur 31: Fiskemel – anvendelse i ulike produksjoner globalt	82
Figur 32: Verdens produksjon av fiskemel og -olje etter produksjonsland*	83

Sammendrag

Formålet med denne rapporten

Den grunnleggende tanken med denne rapporten er å sette norsk og global akvakultur og bruk av akvafôr i gjensidig perspektiv. Rapporten har to hovedmål: 1) Å sammenstille informasjon om utviklingen i bruk av fôrråvarer globalt i henholdsvis akvakulturnæringen og kraftfôrbaserte husdyrproduksjoner med utgangspunkt i kunnskap oppdatert per 2020 om kilder til fôrråvarer i norsk havbruk (lakse- og regnbueørret), og 2) Å styrke kunnskapsgrunnlaget for fremtidige beslutninger om kilder til og utvikling av fôrråvarer til norsk akvakulturnæring i lys av internasjonale markeder for mat, råvaretilgang og klima- og miljøkrav.

Datakilder

Denne rapporten bygger primært på data fra FAOs akvakulturstatistikk og tilhørende publikasjoner på akvakulturområdet. Den bruker også Fiskeridirektoratets norske statistikk på området og Det internasjonale kornrådets (IGCs) statistikk over korn og oljefrø og OECD-FAO statistikken. Vi har via direkte kommunikasjon med «International Fishmeal and Fish Oil Organisation» (IFFO) fått tilgang til informasjon om fiskemel og olje, og via direkte kommunikasjon med fôrbedrifter fått tilgang til noen resepter og annen konkret informasjon, som i noen tilfeller er fortrolige og derfor blir anonymisert. Andre kilder framgår av referanseliste.

Metodevalg

Det finnes god statistikk på akvakulturproduksjon, men fôrforbruk er i mange tilfeller dårlig dokumentert. Det er derfor nødvendig å basere seg på noen hypoteser for å anslå fôrforbruk og -sammensetning. Vi har valgt Albert G. J. Tacon's metode som er brukt i Tacon og Metian (2015). Vi har oppdatert deres studie fra 2015 med nye FAO-tall til og med 2019 og deretter brukt deres prognosemodell til å framskrive produksjon og fôrforbruk fram til 2030. Vi inndeler akvakultur i 13 kategorier etter grupper av produksjonsdyr.

Med hensyn til klimaavtrykk har vi valgt å la Sintef-rapporten «Greenhouse gas emissions of Norwegian seafood products in 2017» (Winther, et al., 2020) legge premissene.

Når det kommer til bærekraft ellers har vi gjennomgått både marine fôrråvarer og landbruksråvarer og sett på bærekraftkriterier og sertifiseringsordninger, se kapittel 8.

Funn

Vekst. Global akvakultur har vokst fra en produksjon på 4,7 mill tonn i 1980 til 85,3 mill tonn i 2019. Etter til dels svært høy vekst på 80- og 90-tallet har veksten flatet noe ut og de siste fire-fem åra fram til 2019 har veksten ligget på ca fire prosent p.a. Vår prognose tilsier en produksjon i 2030 på 110 mill tonn.

Norsk akvakultur, med atlantehavslaks og regnbueørret som hovedprodukter, står i 2019 for ca 6 prosent av verdens animalske akvakultur målt i førstehåndsverdi og ca 1,7 prosent av produksjonsvolumet målt i rund vekt. Norge er ledende innen produksjon av atlantehavslaks, med 52 prosent av det globale produksjonsvolumet i 2019. Norges akvakulturproduksjon lå i 2020 på 1477 tusen tonn, hvorav 1474 tusen tonn var laks og regnbueørret. Med vår prognose for 2030 vil produksjonen ligge på 2065 tusen tonn. Med en vekstrate som snitt av fire siste års vekst vil femdobling fra 2020 inntreffe i 2068. Dersom vi framskriver produksjonen med gjennomsnittsvekstraten for perioden 2000 – 2020 vil femdobling inntreffe i 2049.

Fôr og fôrproduksjon. I år 2000 var 38 prosent av global akvakulturproduksjon av fisk og krepsdyr fullfôra med moderne industrielt fôr, i 2019 er andelen 59 prosent og vår prognose for 2030 er 69 prosent. Gjennomsnittlig fôrfaktor (kg fôr pr kg fisk rund vekt) i dette segmentet (fullfôra akvakultur) er for år 2000 beregnet til 1,84. Denne fôrfaktoren har gått ned til 1,55 i 2019, og prognosen for 2030 ligger på 1,49.

Dette betyr at verdens produksjon av moderne industrielt (MIF) akvafôr ligger på 61 mill tonn i 2019. I år 2000 var volumet 16 mill tonn, og prognosen for 2030 ligger på 113 mill tonn.

Matproduksjon. Vi drøfter hvor stor del av akvakulturproduksjonen som blir til mat for mennesker. Vi sammenligner også akvakultur med produksjon av kylling og gris. Dette er ikke eksakt vitenskap, og mye av arbeidet består i å presisere begreper, forutsetninger og valg av parametere som ligger til grunn. Vi har kommet til at det i ernæringsøkonomisk forstand er små forskjeller i fôreffektivitet i de ulike produksjonene. Men når det gjelder videreføring av protein fra fôr til humanernæring er gris og u-landsproduksjon av maller og karper noe mer fôreffektive enn gjennomsnittet i de utvalgte produksjonene. Dorade, havabbor og reker er noe mindre fôreffektive mht protein enn gjennomsnittet. Når det gjelder oppdrett av atlantehavslaks er dette en gjennomsnittlig effektiv produksjon på linje med kylling. Laks varierer, i likhet med andre produksjoner, med forutsetningene, bl.a. hvor stor spiselig del som legges til grunn.

Råvarer til akvafôr er substituerbare og bruk vil variere etter pris og tilgjengelighet i markedet. Dette gjelder i all fôra oppdrett, også i moderne industriell fôrproduksjon med formulert næringsinnhold i de ulike fôrtypene. Dette drøftes i kapittel 4.6 hvor vi også gjengir typiske fôrresepter i noen viktige produksjoner og lister ca 70 viktige fôrråvarer i dagens akvakultur.

Hvor fra, kommer råvarene til akvafôr? Vi vet ikke hvor stor import det er av akvafôr til de folkerike statene i Asia med stor akvakulturproduksjon. På den ene side er Kina verdens største importør av soyabønner med 102 mill tonn, eller 60 prosent, av en total verdenshandel på 170 mill tonn (Tall for 2019, kilde: IGC, 2021). Samtidig vet vi at en stor del av Kinas akvakultur er ufôra eller ekstensivt fôra, og at det meste av soyaimporten går til å avle gris. Et annet eksempel er Vietnam som i 2019 importerte 13 mill tonn mais. Men igjen er det gris som er hovedformålet. I Vietnam vet vi at pangasius bruker gradvis mer og mer mais, men det er lite i forhold til totalimporten. Vietnam produserte 1,6 mill tonn pangasius i 2019.

Selv om det er vanskelig å skille ut den internasjonalt handlede fôrstrømmen til fisk og krepsdyr fra den store handelen med fôrråvarer, kan vi si noe. Når det gjelder import av landbruksbasert fôr kommer det i hovedsak fra de fire vekstene: Soya, mais, hvete og raps. Dersom vi ser på summen av disse råvarene er det åtte store eksportørland som står for 99 prosent av verdensmarkedet. USA og Brasil har i 2018/19 til sammen 45 prosent, legger vi til Argentina, Australia og Ukraina er vi oppe i 78 prosent, og med Canada, Russland og EU er vi oppe i 99 prosent.

Når det gjelder den *marine ressursen* fiskemel ligger verdensproduksjonen på ca 5 mill tonn, men med betydelige variasjoner primært knyttet til det peruvianske anchoveta-fisket som kan variere sterkt, bl.a. med havstrømfenomenet El Niño. I 2019 var verdensproduksjonen av mel på ca 4,9 mill tonn og fiskeolje på 1,2 mill tonn. Norge og Danmark produserte hhv 237 og 170 tusen tonn fiskemel. Norge er en av verdens største forbrukere av begge produkter pga oppdrett av atlanterhavslaks og regnbueørret. Dersom vi bruker tallene i Nofima-rapporten (Aas et al. 2019) kan vi beregne medgått fiskemel i norsk akvakultur til ca 270 tusen tonn. Peru og Kina er de største produsentene av fiskemel. Peru og Vietnam er de største produsentene av fiskeolje.

Bærekraft. Fôrproduksjon og -forbruk i akvakultur berører flere bærekraftsaspekter. Vi har beskrevet overgangen fra overvekt av marine ressurser i akvakulturfôret på 1990-tallet til dagens situasjon, der en stor andel av fôret består av landbasert planteproduksjon. For å vurdere bærekraften i fôrproduksjonen har vi sett på standarder og sertifiseringsordninger, både innen fiskeri og akvakultur.

Bærekraftsertifisering har kommet lenger, både i omfang og oppslutning, innen fiskeri enn innen akvakultur. I fiskerisektoren er arbeidet med bærekraft konsentrert om ulike virkemidler for bærekraftig forvaltning av ville fiskestammer. Innen akvakultur er, i tråd med dette, sertifiseringsordninger for marine fôrråvarer mer utviklet enn for landbaserte fôrråvarer. I rapporten har vi registrert og beskrevet noen initiativ innenfor sertifisering av landbaserte råvarer og bærekraftsertifisering for øvrig. Plantebaserte fôrråvarer og bærekraftaspekter rundt dette får økt oppmerksomhet, og det er grunn til å tro at offentlige reguleringer, sertifiseringer og standarder vil omfatte strengere krav til bl.a. akseptabelt opphav, miljøavtrykk, effekt på avskoging, klimagassutslipp også for denne ressursen i fremtiden.

Summary

Purpose

The basic objective of this report is to compare Norwegian and global aquaculture and the use of aquafeed reciprocally. We have formulated two main goals: 1) To compile information about the development in use of raw materials in compound feed for aquaculture and land-based animal husbandry respectively, taking updated information as of 2020 on feed for Norwegian aquaculture as point of departure, and 2) To strengthen the knowledge base for future decisions on sourcing and development of feed raw materials for Norwegian aquaculture in the light of international markets for food, availability of commodities as well as climate and environmental demands.

Data sources

This report uses FAO's aquaculture statistics and related publications on aquaculture as primary sources of data. It also uses the statistics compiled by the Norwegian Directorate of Fisheries, the World Grains Statistics by the IGC on grains and oil seeds, OECD-FAO agricultural statistics as well as direct information through communication with the International Fishmeal and Fish Oil Organisation (IFFO) on marine ingredients. The report also benefits from dialogue with several feed manufacturers sharing information on feed recipes and other specific information, sometimes confidential and therefore anonymised. Other data sources appear in the list of references.

Methodology

There are good statistics available on aquaculture production, but the consumption of feed is often poorly documented. In order to assess the volumes and composition of feed we need to establish some hypotheses. We have chosen to use the method applied by Albert G.J. Tacon in 'Feed Matters' Tacon and Metian (2015). We have updated their study from 2015 using new FAO figures, including for 2019. Subsequently we use their forecasting model to predict the feed production and consumption until 2030. We group aquaculture in 13 categories depending on the production species involved.

Concerning climate footprint, we take the Sintef-report 'Greenhouse gas emissions of Norwegian seafood products in 2017' (Winther, et Al., 2020) as a point of departure. Concerning other sustainability issues, we examine marine feed ingredients as well as

agri-based commodities and the relevant sustainability criteria and systems for certification.

Findings

Growth. Global aquaculture has grown from a production of 4.7 mill tonnes in 1980 to 85,3 mill tonnes in 2019. After sometimes very high growth in the 80es and 90es it continues more moderately and, in the five years leading up to 2019, at an annual pace of 4 per cent. Our prediction is for a production level of 110 mill tonnes in 2030.

Norwegian aquaculture, with Atlantic salmon and rainbow trout as main products, accounts in 2019 for ca. 6 per cent of the world's animal aquaculture, measured by first-hand value, and 1,7 per cent, measured by volume, live weight. Norway is leading in the production of Atlantic salmon, with 52 per cent of global production in 2019. Norwegian aquaculture production in 2020 amounts to 1477 thousand tonnes, of which 1474 thousand tonnes were salmon and rainbow trout. According to our prognosis for 2030, Norwegian production will be at 2065 thousand tonnes. With this growth rate (average of last four years) production will be five-fold that in 2019. However, if we forecast growth with the average growth rate for the period 2000 – 2020, five-fold increase will happen in 2049.

Feed and feed production. In year 2000, 38 per cent of global aquaculture production of fish and crustaceans was fully fed with compound feed, referred to as MIF (modern industrial feed). In 2019 this share was 59 percent, and our prediction for 2030 is 69 percent. The average feed conversion rate (volume of feed pr volume of fish live weight) in this segment (fully fed aquaculture) is calculated to 1,84 in year 2000. This feed conversion rate has decreased to 1,55 in 2019, and our forecast for 2030 is 1,49. This implies that the world's production of modern industrial feed for aquaculture amounts to 61 mill tonnes in 2019. For year 2000 the volume was 16 mill tonnes, and the prediction for 2030 is 113 mill tonnes.

Food production. We discuss how big a share of aquaculture production becomes food for humans. We go on to compare aquaculture with the productions of poultry and pork. This is not an exact science, and much of the work consists in precisely defining concepts, preconditions and choice of parameters used. Our work indicates that there are small differences in the retention and passing-on of nutritious value from feed to humans in the different productions compared. As for the passing-on of protein from feed to human nutrition we find indications that pork, and local production of catfish and carp in developing countries are more efficient than the average between the productions we have examined. Seabream, seaperch and shrimp are less than average

efficient transmitters of protein. As for Atlantic salmon, the efficiency in transmitting protein is average, on level with that of chicken. Salmon varies, like other productions, with parameters used, for example for edible part.

Raw materials used in aquafeed production are interchangeable and their use will vary with price and market availability. This applies to all fed animal husbandry, equally in modern industrial feed production based on formulated nutritive content in different feeds. We discuss this in chapter 7, basing ourselves on some specific recipes for central productions and listing ca 70 important feed raw materials in aquafeed production.

Where do aquafeed raw materials originate? We do not know the quantity of imported feed ingredients to aquaculture in Asian states with big aquaculture productions. On one hand China is the biggest importer of soybeans amounting to 102 mill tonnes, or 60 percent, of total world trade at 170 mill tonnes (Figures for 2019, source IGC, 2021). On the other hand, Chinese aquaculture is traditionally for a big part unfed or extensively fed with local resources. And we know that the bulk of its imports of soy is destined for pig rearing. Another example is Vietnam, importing in 2019, 13 mill tonnes of maize. Again, pigs are the main target, but we know that pangasius (=striped catfish) increasingly get maize in their diet. But it is limited in relation to total imports. Vietnam produces 1,6 mill tonnes of pangasius in 2019.

Imported agri-based feed raw materials come from four major commodities: Soy, maize, wheat, and rape. If we add these four crops in one sum, eight major exporting countries account for 99 percent of the world market. The US and Brazil have 45 percent between them. If we add Argentina, Australia and Ukraine 78 percent is covered. Canada, Russia, and the EU brings us up to 99 percent.

As for the *marine ingredient*, fish meal, world production is about 5 mill tonnes, but with significant variations associated with the Peruvian anchoveta fisheries that can vary a lot, i.e. related to the ocean current phenomenon El Niño. In 2019, the world production was ca 4,9 mill tonnes for meal, and fish oil at 1,2 mill tonnes. Norway and Denmark produced 237 and 170 thousand tonnes of meal respectively. Norway is one of the world's largest consumers of both meal and oil due to its production of salmon and rainbow trout. If we use the figures published in the Nofima report (Aas et al. 2019) we can calculate the consumption of fish meal in Norwegian aquaculture at ca 270 thousand tonnes. Peru and China are the biggest producers of fish meal. Peru and Vietnam are the biggest producers of fish oil.

Sustainability. Feed production for and, consumption in, aquaculture touches on several sustainability aspects. We have described the transition from mainly marine resources in aquafeed in the 1990es until today's situation where a big part of feedstuffs consists of land-based plant production. To assess the sustainability in feed production we have considered standards and certification systems, both in fisheries and aquaculture.

Certification of sustainability is more developed, both in scope and reach, in wild catch fisheries compared to aquaculture. In fisheries, the efforts to secure sustainability concentrates on tools for management of fish stocks. Consequently, in aquaculture, certification systems for marine ingredients are more developed than for land based raw materials. In the report we have listed and described some initiatives in certification of land-based raw materials and some other sustainability certification systems. Plant based feed ingredients and related sustainability issues are getting increased attention, and there is reason to believe that public regulation, certification and standards will include stricter discipline on acceptable origin, environmental footprint, effect on deforestation and greenhouse gas emissions, also for these recourses in the future.

Kapittel 1 Innledning

- faglig bakgrunn, prosjektorganisering og -omfang

Ruralis – institutt for rural- og regionalforskning søkte våren 2020 om finansiering av et prosjekt for å studere akvakulturfôr, der norsk og global akvakultur sammenlignes og settes i perspektiv med hverandre og sammenlignes med andre kraftfôrbaserte animalske produksjoner. Fiskeri- og Havbruksnæringas Forskningsfinansiering AS (FHF) innvilget 6.5.2020 1,5 mill NOK i prosjektstøtte basert på Ruralis' prosjektbeskrivelse datert 30.04.2020. Prosjektet har prosjektnummer 901641 i FHF. Prosjektperioden strekker seg fra mai 2020 til 30. november 2021.

Ruralis' prosjektgruppe har bestått av Magnar Forbord, Anders Mahlum Melås og Bjørn Eidem, sistnevnte som prosjektleder.

Følgende referansegruppe ble oppnevnt for prosjektet

- Trygve B. Lea, Skretting (til februar 2021)
- Mads Martinsen, Skretting (fra februar 2021)
- Vidar Gundersen, Biomar
- Ted A. Mollan, Cargill
- Knut Røflo, Felleskjøpet Fôrutvikling
- Kjell Maroni, FHF
- Berit Anna Hansen, Prosjektansvarlig i FHF

Referansegruppa og Ruralis' prosjektgruppe har hatt i alt seks prosjektmøter i tillegg til startkonferansen 6.10.2020 og sluttkonferansen 24.11.2021.

På startkonferansen presenterte referansegruppas medlemmer og andre utfordringer knyttet til akvakulturfôr og norsk og global akvakulturs sterke vekst i de siste 40 år.

På sluttkonferansen presenterte Ruralis' prosjektgruppe resultatene fra vårt prosjekt. Samtidig ble relevante prosjekter i regi av Nofima, Bellona og Ruralis presentert. Som første taler på sluttkonferansen presenterte Kristina S. Hansen, statssekretær for fiskeri- og havminister Bjørnar Skjæran, den nye regjeringas (Støre I) politikk som omfatter et «program for produksjon av bærekraftig fôr basert på norske ressurser».

De to konferanseprogrammene finnes i denne rapportens vedlegg nr. 25 og 26.

Prosjektet stekker seg i tid fra mai 2020 til ultimo november 2021.

Kapittel 2. Problemstilling, formål og prosjektgjennomføring - beskrivelse av nytteverdi, leveranser, metodikk og gjennomføring

2.1 Nytteverdi og leveranser fra prosjektet

Norge er en gammel fiskerinasjon, men en ny akvakulturnasjon. Etter en sped start på 1950-tallet og sterk vekst fra ca. 1980 til i dag har lakseoppdrett blitt en av landets viktigste eksportnæringer. Norge står i dag for over halvparten av verdens lakseproduksjon. Vi er et ledende land på forskning på området, og vi har en levende politisk diskusjon om næringas rammebetingelser. Vi kan lett få det inntrykket at lakseoppdrett utgjør en stor del av både verdens akvakultur og matproduksjon generelt. Det er en sannhet med modifikasjoner. Denne rapporten har som målsetting å beskrive den norske oppdrettsnæringa, sammenligne og sette den i perspektiv med verdens akvakultur. Vi legger hovedvekt på produksjon av akvafôr og bærekraft i fôrproduksjonen. Videre vil vi sammenligne med fôring av landhusdyr og vurdere effektiv fôrutnyttelse. Vi ser også på de viktigste akvafôringrediensene, hvor de kommer fra, bærekraft og hvordan sirkulærøkonomiens prinsipper brukes. Ambisjonen er å få til en så oversiktlig beskrivelse som mulig. Målgruppene er skoler, bransjefolk, politikere, akademia, fagskoler og folk flest. Vi vil bruke enkelt norsk språk i framstillingen, men noen steder blir det nødvendig å presisere med bruk av internasjonal terminologi på engelsk eller vitenskapslatin.

Rapporten gir næringa og enkeltbedrifter et bedre og bredere faktagrunnlag for beslutninger og styrker den felles plattform for debatt om næringa. Prosjektresultatet vil også kunne bidra til at bedrifter og offentlige institusjoner innen nærings- og forskningspolitikk kan gjøre bedre valg og prioriteringer mht utvikling og valg av fôrkilder og fôrråstoff framover.

Den konkrete nytteverdien av prosjektet ligger i å «styrke kunnskapsgrunnlaget for fremtidige beslutninger om kilder til og utvikling av fôrråvarer til norsk akvakulturnæring i lys av internasjonale markeder for mat, råvaretilgang og klima- og miljøkrav.» Ifølge prosjektbeskrivelsen skal prosjektet få fram fakta, der både grunnlagsdata og konklusjoner presenteres på en så kommuniserbar måte at det kan bidra til samfunnsdebatten om akvakultur generelt og på hvert av områdene nedenfor:

- a. bruk av de viktigste fôrråvarer i global akvakultur og utvikling etter år 2000.
- b. hvor stor andel av de viktigste fôrråvarene som går til akvakultur og kraftfôrbaserte landdyrproduksjoner.

- c. hvor forråvarene hentes fra i dag (leverandørnasjon) og hvor stor andel av råvarene til fôr som kommer fra fôrråvarer med miljøsertifisering.
- d. potensialet for leveranser av forråvarer framover.
- e. potensialet i økning eller reduksjon i produsert volum, og evt. økning i andelen fôrråvarer som er miljøsertifisert, vurderes.
- f. hva er potensialet i utviklingen av nye råvarer og nye råvarekilder.

Vi oppsummerer svarene på punktene a. – f. i kapittel 5: «Funn og hovedfunn»

Leveransene i prosjektet består av denne fagrapporten og dokumentasjon av samarbeidet med referansegruppa og FHF. I tillegg skal prosjektets arbeid og funn formidles. Det gjøres ved sluttkonferansen, formidling til myndigheter, organisasjoner og politiske miljøer, og artikler og tilrettelegging for medieomtale ifm med sluttkonferansen.

Vi ønsker at denne rapporten skal kunne bli brukt i undervisning og opplæring skoler og i aktive bransjemiljøer. Vi har derfor lagt vekt på å skrive enkel norsk, med minst mulig bruk av engelsk og «akademisk» språk. I noen tilfeller har vi også forsøkt å bidra til den norske fagterminologien på området.

2.2 Metodikk og gjennomføring

Datakilder

Denne rapporten bygger primært på data fra FAOs akvakulturstatistikk og tilhørende publikasjoner på akvakulturområdet. Den bruker også Fiskeridirektoratets norske statistikk på området og Det internasjonale kornrådets (IGCs) statistikk over korn og oljefrø i tillegg til OECD-FAO statistikk. Vi har via direkte kommunikasjon med IFFO (Den internasjonale organisasjonen for marine råvarer) fått tilgang til informasjon om fiskemel og olje, og via direkte kommunikasjon med fôrbedrifter fått tilgang til noen resepter og annen konkret informasjon, som i noen tilfeller er fortrolige og derfor blir anonymisert. Andre kilder framgår av kilde og referanseliste.

Metodevalg og gjennomføring

Det finnes god statistikk på akvakulturproduksjon, men fôrforbruk er i mange tilfeller dårlig dokumentert. Det er derfor nødvendig å basere seg på noen hypoteser for å anslå fôrforbruk og fôrsammensetning. Vi har valgt Albert G. J. Tacon's metode som er brukt i Tacon og Metian (2015). Vi har oppdatert deres studie fra 2015 med nye FAO-tall til og med 2019, og deretter brukt deres prognosemodell til å framskrive produksjon og fôrforbruk fram til 2030. Vi inndeler akvakultur i 13 kategorier etter grupper av produksjonsdyr.

Vår oppdatering, supplering og gjenskaping av Tacon og Metians studie danner utgangspunktet for beregning av fôrfaktorer og av medgått mengde fôr i ulike akvakulturproduksjoner. På basis av en kvalitativ og i en god del tilfeller kvantitativ beskrivelse av fôrproduksjon og -resepter (ref avsnittet over om datakilder), kan vi gjøre noen konkrete beregninger av fôrsammensetning. På nivå, klasser av næringsstoffer (protein, fett, karbohydrat etc) er det stort sett mulig å beskrive fôrinholdet. Når det gjelder medgått mengde av konkrete råvarer er det med vår metode, som ikke omfatter dokumentasjon av fôrprodusentenes faktiske råvareinnkjøp over tid, ikke mulig å gi nøyaktige kvantitative anslag. Grunnen til dette er at råvarene som brukes for å sikre det formulerte næringsinnholdet i stor grad er utskiftbare (substituerbare) og hele tida varierer med pris og tilgjengelighet i lokale og internasjonale markeder. Beskrivelsen av hvilke råvarer som brukes i de ulike produksjonene og hvor de kommer fra blir derfor kvalitativ, men med en beskrivelse av markedene for de viktigste fôrråvarene (soya, mais, hvete, raps, fiskemel- og olje).

Når det gjelder klimaavtrykk har vi valgt å la rapportene «Greenhouse gas emissions of Norwegian seafood products in 2017» (Winther, et al, 2020) som kom i 2020, legge premissene. Vi har latt rapporten «Bærekraftig fôr til norsk laks» (Almås, et al. 2020) danne utgangspunkt for vurdering av utvikling av nye fôrråvarer.

For bærekraft ellers har vi gjennomgått både marine fôrråvarer og landbruksråvarer og sett på bærekraftkriterier og sertifiseringsordninger, se kapittel 8.

Den faglige gjennomføringen av prosjektet har bestått av de over nevnte stegene med tilhørende databehandling og kvalitative studier. Konkret vil vi nevne at studiet av de kvantitative databasene og kvalitetssikring av nedlasting, dataformater og lesbarhet i Excel har vært arbeidskrevende. Det samme gjelder studiet av zoologisk systematikk, biologi og ernæring knyttet til de ulike artene og gruppene av produksjonsdyr som inngår i studien. Som det vil framgå er arbeidet med bærekraftkriterier og sertifisering av akvakulturfôr uoversiktlig og har kommet kort. Det har derfor vært krevende og involvert en god del detektivarbeid å kunne gi en dekkende beskrivelse.

Kapittel 3. Prosjektresultater, diskusjon og konklusjoner

- kvalitativ drøfting, relevans, gyldighet og presisjon

3.1 Begreper og definisjoner

FAO opererer med fem hovedgrupper av **akvakulturproduksjon**. Det er oppdrett av:

1. **fisk** (med ryggrad og finner)
2. **krepsdyr** (uten ryggrad, men med skall)
3. **muslinger** (bløtdyr med skjell)
4. **noen krypdyr og amfibier**
5. **alger og andre vannplanter**

I denne rapporten skriver vi stort sett om fisk og krepsdyr som utgjør det aller meste av fôra akvakultur. Når vi skal presisere dette kan vi skrive **akvakultur₂**. Når vi skal snakke om matproduksjon fra akvakultur er det ofte riktig å ta med oppdrett av muslinger i tillegg til de to førstnevnte. Da skriver vi **akvakultur₃** for presisjon. Noen få ganger oppgir FAO aggregerte tall inklusive kategori fire over, da presiserer vi med **akvakultur₄**. Forskjellen mellom akvakultur 3 og 4 er liten, ca 1%. Denne rapporten handler om animalsk akvakultur. Den omfatter ikke åkerbruk eller høsting i vann av alger, sjøgras eller andre vannplanter.

Hva er akvakultur

FAO har en stor database som dokumenterer verdens fiskerier og akvakultur (FAO, 2021). Denne databasen er en hovedkilde for denne rapporten og vi vil i så stor grad som mulig bruke FAOs data, begreper og definisjoner. FAO beskriver akvakultur som oppdrett av fisk, krepsdyr, muslinger og noen andre sjødyr. Og det kan være ulike oppdrettsformer i bruk, som kan omfatte alt fra vern fra predatorer, gjødsling av beite, fôring, avl, yngel- og smoltproduksjon og slakting til markedsføring og salg.

3.2 Hovedgrupper og arter i oppdrett

FAO omtaler følgende hovedgrupper i akvakultur: 1) fiskoppdrett (oppdrett av fisk med ryggrad og finner), 2) oppdrett av krepsdyr¹ (*crustacea*) og av 3) muslinger (*mollusca*)². Videre nevner FAO andre hovedgrupper 4) andre sjødyr (amfibier og krypdyr) som omfatter bla skilpadder og frosk som oppdrettes til mat i noen land og 5) sjøalger og andre vannplanter som har stor bruttotonnasje. Vi lar i denne sammenheng skilpadder, frosk, alger o.a. ligge. Vi skal konsentrere oss om fisk, krepsdyr og skjell til menneskemat. I 2019, som er det siste året vi har produksjonstall for, ble det produsert 56,3 mill tonn rund vekt i fiskoppdrett globalt, det ble produsert 10,5 mill tonn krepsdyr og 17,6 mill tonn skjell. Med vår definisjon av akvakultur₃ har vi en totalproduksjon på 84,4 mill tonn rund vekt.

Fiskoppdrett kan kategoriseres på mange måter. FAO-statistikken gjør det mulig å *dele inn geografisk* i enkelte land, verdensdeler og hav- /kystområder. Akvakultur kan også grupperes etter om den finner sted i hhv *ferskvann* (< 0,05 % saltinnhold), *brakkvann* (0,05% - 2,0% saltinnhold) eller *saltvann* (>2,0% saltinnhold). I denne rapporten slår vi brakkvann og ferskvann sammen til en gruppe. Verdenshavene ligger på mellom 3% og 4% saltholdighet. Eksempelvis er Nordsjøen ca 3,5% salt, Middelhavet ca 3,8%. Men f.eks Østersjøen er nede på ca 1,0 %.

Fisk og krepsdyr

FAO-statistikken omfatter totalt over 470 arter i akvakultur. I tillegg er det enkelte hybrider og ulike bestander som registreres statistisk. Dermed får vi over 600 ulike statistiske oppføringer av produksjonsdyr i oppdrett. Av de 600 statistiske oppføringene er det på artsnivå vel 370 fisk, ca. 65 krepsdyr og ca. 110 muslinger (FAO, 2020). I zoologisk systematikk er fisk «*pisces*», krepsdyr «*crustacea*», og bløtdyr «*mollusca*» (herunder muslinger) tre overordnede grupper. Hver art, «*species*», inngår i en slekt, «*genus*», som igjen inngår i en familie, «*familia*». Stort sett gjør FAO-statistikken det mulig å dele artene inn i slekter og familier. Eksempelvis er atlantehavslaks, «*Salmo salar*», medlem av slekta «*Salmo*» i likhet med ørret, «*Salmo trutta*». Røye, «*Salvelinus alpinus*», tilhører slekta «*Salvelinus*» som i likhet med de tre før nevnte tilhører familien laksefisker «*Salmonidae*». Stillehavslaksene tilhører slekta «*Onchorynchus*», regnbueørret «*Oncorhynchus mykiss*» er slik sett en stillehavslaks.

I praktisk næringsvirksomhet er variasjonen mindre og ca. 30 arter står for 90 % av produksjonsvolumet. De ulike slekter og familier av arter vil i vill tilstand ofte ha innbyrdes felles egenskaper når det kommer til ernæring. I oppdrett vil artenes

¹ Vi vil ikke bruke ordet skalldyr i denne teksten da det kan forveksles med skjell.

² Molluscs betyr egentlig bløtdyr, men siden det ikke finnes blekksprut og akkar i oppdrett er det i realiteten muslinger det er tale om.

ernæringskrav avvike fra vill tilstand. Som produksjonsdyr i akvakultur vil egenskaper bli modifisert etter avl og utvikling av nye fôrtyper. Fordi denne rapporten fokuserer på akvafôr og globale forhold vil vi i det følgende stort sett bruke en litt annen inndeling enn den rent biologiske. Vår inndeling ble utviklet av Tacon, Hasan og Metian i FAO ca. 2010. Den er lagt til grunn i Tacons senere publisering om temaet akvafôr (Tacon, Hasan & Metian, 2011; Tacon & Metian, 2015). Denne kategoriseringen er som følger:

Tabell 1: Kategorisering akvakultur₂

Ferskvannsfisk	
Kinesiske fôra karper	5 arter
Tilapia	11 arter
Maller	15 hovedarter +
Diadrom fisk	
Laks	3 hovedarter +
Ørret	2 hovedarter + ulike stammer ørret
Ål	3 hovedarter +
Melkefisk	1 art
Annen diadrom og ferskvannsfisk	17 hovedarter +
Saltvannsfisk	
Saltvannsfisk (marin)	18 hovedarter +
Krepsdyr	
Reker	9 hovedarter +
Ferskvannskrepsdyr andre	9 hovedarter +
Tilleggs kategorier	
Indiske karper	3 arter
Kinesiske ufôra karper	2 arter

Som vi skal komme tilbake til, dekker de ovennevnte kategoriene 96% av all krepsdyroppdrett, knappe 93 prosent av fiskoppdretten og vel 93 prosent dersom vi ser akvakultur₂ samlet, målt i rund vekt produsert i 2019.

Muslinger

Muslinger i oppdrett er stort sett ufôra filterspisere, dvs. at de ernærer seg ved å beite på mikronæringsstoffer i form av plankton og andre partikler, ved å filtrere vann. Men noen steder praktiseres det gjødsling av oppdrettsbiotop, med sikte på vekst av riktig planteplankton. Og for noen av høyverdiartene er det i ferd med å komme tilførsel gjennom «nærings-tonics», dvs. mikronæringsstoffer i form av plankton, vitaminer og mineraler i en tynn oppløsning i vann. I denne prosjektrapporten problematiserer vi ikke dette, og betrakter alt skjelloppdrett som ufôra. På tross av dette vil vi nevne det i denne rapporten fordi det hører med til et helhetsbilde av global oppdrett. Det har også relevans fordi Norskekysten må antas å være velegnet for skjelloppdrett selv om utviklingen kan sies å ha kommet kort. De vanligste muslingene (f. eks blåskjell) kan dessuten ha et potensiale som råvarer for fôr til fisk (f. eks laks).

Leseveiledning:

I det følgende går vi over i en konkret analyse av fôr, fôrbehov og fôreffektivitet som er studiens hovedformål. Vi vil bruke Tacon og Metians (2015) metode som bygger på å anslå faktorene produksjonsvolum (F for fisk), andel av dette volumet som produseres med moderne industrielt fôr (a for andel) og fôrfaktor (ϕ for fôrfaktor) i denne produksjonen.

Vi starter med å analysere produksjonsvolumet (F). Når vi har sett på andeler (a) og fôrfaktor (ϕ) går vi videre og analyserer og sammenligner fôreffektivitet og omsetning av næringsstoffer (energi og protein) i noen akvakultur- og landbruksproduksjoner.

Til slutt vil vi gjennomgå bærekraftskriterier og sertifiseringsordninger. Vi vil også se nærmere på bruk av villfisk og avskjær fra akvakultur og villfisk som element i sirkulærøkonomi.

3.3 Driftsformer og fôrforbruk i akvakultur

Tacon og Metians (2015) utgangspunkt er at det er oppdretteren [«the farmer»] som velger fôr og fôrstrategi. Valgene påvirkes av følgende faktorer:

- Oppdrettsartens næringsprofil i naturen (herbi-, omni- eller karnivor)
- Oppdrettsartens evne til å oppta næring direkte fra oppdrettsmiljøet
- Oppdrettsartens markedsverdi (kg-pris)
- Oppdrettssystemet (jorddammer, merder/innhegninger, gjennomstrømmingsanlegg eller teiner/bur)
- Individtetthet (n/m^2 eller n/m^3) i anlegg
- Tilgjengelighet (leveringsdyktig til riktig pris) av moderne industrielt fôr (MIF) for den aktuelle oppdrettsart

- Lokal tilgjengelighet av tradisjonelle ingredienser (herunder skrapfisk) til fôrproduksjon på oppdrettsbruket (tradisjonelt egenprodusert fôr = TEF)
- Oppdretterens finansielle resurser

I dette prosjektet «Nasjonal og global tilgang på fôrråvarer» opererer vi med tre fôringsnivåer:

- I) fullfôra oppdrett med moderne industrielt fôr (MIF),
- II) fullfôra og tilleggsfôra oppdrett med tradisjonelt egenprodusert fôr (TEF),
- III) ufôra oppdrett (dvs. beiting/filterbeiting).

Ideelt sett hadde det vært ønskelig å differensiere finere innenfor kategoriene II og III, men tilgjengelig statistikk og litteratur gjør det uoverkommelig.

Hva er fôr og hva er det ikke?

Definisjon på fôr: ***Fôr, eller husdyrfôr, er alt husdyra kan ete og drikke, og som tilfører dyra næringsstoffer, og som er høstet, bearbeidet og/eller gjort tilgjengelig for dyret av mennesker (oppdretter eller bonde).***

Vi har en rekke fôrbegreper: fullfôr, tilleggsfôr, grovfôr, kraftfôr. I denne rapporten bruker vi ofte «moderne industrielt fôr (MIF)» som betyr et fullfôr sammensatt etter en ernæringsfaglig kunnskapsbasert resept, og som oftest både pelletert og ekstrudert (ekstrudering betyr tilberedt ved varmebehandling, sammenpressing og «coating», noen ganger med lagvis struktur etc.).

Den næringstilførselen som ikke er høstet, bearbeidet og/eller gjort tilgjengelig for dyret av mennesker kalles beiting. I landbruket er det mange slags beiting: nomadisk beiting med sommerbeite, vinterbeite evt andre årstider. Videre har vi utmarksbeite og innmarksbeite, sistnevnte kan være udyrka, gjødsla, overflatedyrka eller fulldyrka. I akvakultur er det i skjelloppdrett oftest snakk om å plassere skjell i vann med passe strøm og godt innhold av planteplankton og andre mikronæringsstoffer, en slags utmarksbeite. I asiatisk tradisjonell fiskoppdrett er det ofte snakk om land-/jordbaserte dammer som inneholder naturlige mikroorganismer, insektlarver etc. i jord og vann. Det blir en slags innmarksbeite. Ofte gjødsles denne beitebiotopen, ofte tilleggsfôres fisken. Enkelte ganger bare rett før slakting, på samme måte som lam kan tilleggsfôres med kraftfôr på innmarksbeite før slakting.

Forretningsmessig modernisering og profesjonalisering

Det pågår en kontinuerlig utvikling innen alle typer akvakultur, men det er stor variasjon mellom den eksportorienterte høyverdiproduksjonen drevet med stort innslag av multinasjonale selskaper som vi kjenner fra bl.a. Norge på den ene side, og den hjemmemarkedsorienterte SMB-dominerte oppdretten vi finner i mange u-land. Utviklingstakten kan bl.a. avleses i overgangen fra fornivå III til fôrnivå IV.

Tacon og Metians vurdering er f. eks at 1) Kinesiske karper (fôra) i 37 % av tilfellene blir fôra på nivå I (m MIF), dvs. 63 % på nivå II. For åra 2012, 2015, 2020 og 2025 antas det at MIF-prosenten skal ligge på hhv 52, 55, 60 og 65. I vårt prosjekt som lager

prognose fram til 2030 har vi inter- og ekstrapolert de nevnte anslagene og anslår en MIF-prosent på 70 i 2030.

For andre arter som 2) tilapia er de tilsvarende prosenttallene 75 (2000), 87 (2012), 90 (2015), 95 (2020), 100 (2025) og 100 (2030). – For 3) maller starter anslaget på 72 (2000) og stiger jevnt til 80 (2015), 85 (2025) og 86 (2030). – For 4) laks og 5) ørret er det 100 % MIF alle år. [For øvrige kategorier, se senere avsnitt og tabeller bak for de enkelte kategorier].

Biologisk og driftsmessig utvikling

Det pågår en dynamisk utvikling innen mange oppdrettskategorier som omfatter avl, kunnskap om fisk og krepsdyrs fordøyelse og tilpasset fôrformulering som gir bedre fordøyelighet og næringsopptak. Utviklingstakten kan bl.a. avleses i utviklingen i form av redusert fôrfaktor (dvs. mengden tilført fôr som skal til for å produsere 1 kg tilvekst i rund vekt av respektive produksjonsart). For 4) laks og 5) ørret bruker Tacon og Metian fôrfaktor 1,3 for alle år. For 1) kinesiske karper (fôra) faller fôrfaktoren fra 2 i 2000 til 1,6 nå. For 2) tilapia faller den fra 1,9 i 2000 til 1,6 nå, for 3) maller faller den fra 1,8 i 2000 til 1,4 nå. For 10) reker faller fôrfaktoren fra 2 i 2000 til ca. 1,5 nå.

Vi vet at det pågår forsøk med radikalt ny teknologi inne mange produksjoner, f. eks store havmerder og landbaserte resirkuleringsanlegg (RAS) til salmonider, og slambasert oppdrett av tilapia. Eventuelle gjennombrudd med slike teknologiskift ligger utenfor denne studiens ramme.

3.4 Fôr, produksjon og forbruk

Metoden for å beregne produksjons-/forbruksvolum (V) av moderne kommersielt fôr (MKF) er å multiplisere produksjonsvolumet for fisk/krepsdyr (F), moderne fullfôrandel (a) og fôrfaktor (ϕ).

$$V = F \cdot a \cdot \phi$$

Med formelen over beregner vi fôrforbruket og den årlige utviklingen fra år 2000 til år 2019 på basis av FAOs produksjonsstatistikk (F) og Tacon og Metians anslag på hhv. Fullfôrandel (a) og fôrfaktor(ϕ). Vi skal komme tilbake til de konkrete resultatene, men nevner allerede nå at økningen av a i intervallet 0 til 1, og den kontinuerlige reduksjonen av ϕ motvirker hverandre. Dersom vi beregner en indeks med år 2000=100 ser vi at forbruket av MIF i perioden 2000 – 2030 øker en del mer enn oppdrettsproduksjonen innenfor hel- og delfôra kategorier (I + II). Det betyr at effekten av den forretningsmessige moderniseringen med overgang til MIF veier litt tyngre enn den biologiske framgangen knyttet til lavere fôrfaktor, avl og fôrutvikling. Den førstnevnte effekten vil etter hvert avta, når flere og flere produksjoner nærmer seg 100 % MIF. Mens den fôrvitenskapelige og biologiske framgangen med lavere ϕ kan fortsette mot 1, og i prinsippet lavere dersom det kan fremstilles tilstrekkelig energi- og næringstett fôr.

Vi vet at fôrfaktoren ved bruk av tradisjonelt egenprodusert fôr (TEF) normalt er en god del høyere. Sånn sett går summen av bruttovolumer av MIF og TEF nedover. Substitueringen av TEF med MIF innebærer i seg selv intensivering og effektivisering kommersielt. Men det minner oss på at det mht. biologisk og økologisk produksjonseffektivitet er litt irrelevant å diskutere fôrfaktorer. Det er fôrets næringsinnhold i form av proteiner, fett og energi etc. som er poenget. Lav fôrfaktor med et næringstett fôr kan være mindre ressurseffektivt enn høy fôrfaktor med et magrere fôr. Mer om dette senere.

3.5 Bærekraft

Den norske oppdrettsnæringa har tidvis fått kritikk for sine klimagassutslipp, avhengigheten av brasiliansk soya, utslipp og forurensing, lakselus osv. Alt dette knytter seg til debatten rundt den miljømessige bærekraften ved oppdrettsnæringas store vekst. For norsk laks er fôret den enkeltfaktoren i produksjonen som står for det største klimatiske fotavtrykket (Winther et al., 2020), og forbedring av fôreffektivitet, endring av sammensetning av fôret og full utnyttelse av biprodukter nevnes først i rekken av forslag til forbedring av klimaavtrykket fra norsk laksoppdrett.

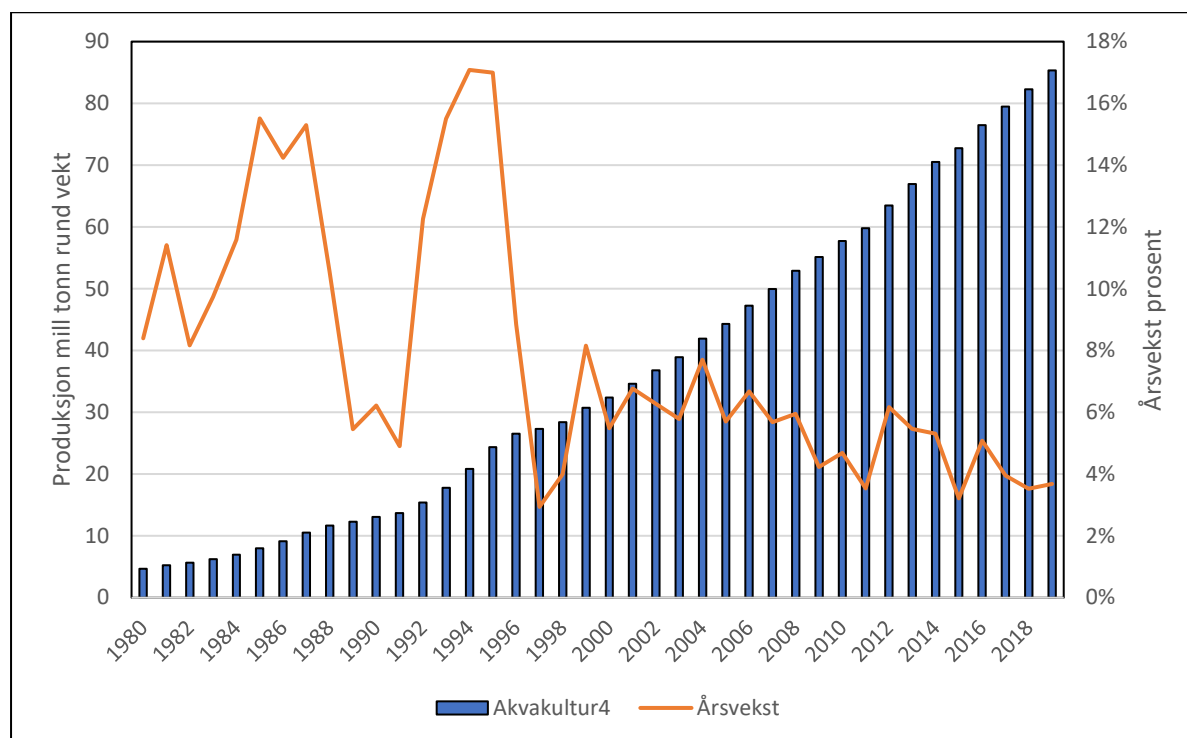
Når det gjelder ulike praksiser innen matproduksjon finnes det ulike oppfatninger om hvordan man oppnår mest mulig bærekraftig matproduksjon. Svært forenklet kan man si at det på den ene siden er mange som mener at bærekraftig intensivering sørger for effektiv ressursbruk og at teknologisk utvikling muliggjør høyere produksjon, og at dette derfor er den riktige løsningen, mens det på den andre siden er andre som mener at mer ekstensiv produksjon basert på lokale råvarer, der økologiske hensyn kommer i forsetet, er den riktige løsningen. Dette skillet kan defineres som to konkurrerende paradigmer innen matproduksjon. Marsden (2012) omtaler førstnevnte som bio-økonomi og sistnevnte for øko-økonomi. Denne debatten eksisterer også innen akvakultur, og er sterkt knyttet til fôr. Vi er klar over denne debatten, men berører den ikke direkte. Indirekte drøfter vi den ifm med ufôra oppdrett og oppdrett med tradisjonelt egenprodusert fôr (se avsnitt 5.12 og 5.13).

I kapittel 8 ser vi på hvordan det arbeides med bærekraft innenfor akvakultur, med fokus på sertifiseringsordninger og standarder og hva disse innebærer når det kommer til fôr. Utviklingen innenfor sertifisering av både fiskeri og akvakultur har vært stor, men sertifisering av akvakultur ligger litt bak, spesielt når det kommer til standarder innen jordbruksbaserte fôrråvarer. Det har blitt rettet en del kritikk mot sertifiseringsordningene generelt, blant annet mot at det er et uoversiktlig felt, at det er lite fleksibilitet, og at sertifiseringsordningene, slik de har vært innrettet, kan virke ekskluderende overfor utviklingsland.

Videre ser vi på overgangen fra bruk av hovedsakelig marine råvarer i oppdrettsfôret til en overvekt av jordbruksbaserte råvarer.

Kapittel 4. Akvakulturproduksjon, sammensetning og utvikling

Vi vil bruke produksjonstallene for 2019 hentet fra FAOs database Fishstat³. Global akvakulturproduksjon⁴ har vokst fra 4,7 mill. tonn i 1980 til 85,3 mill. tonn i 2019. Årsveksten var noen år på 80- og 90-tallet på over 15%. Det første tiåret av vårt århundre lå veksten på mellom seks og åtte prosent, og i det andre tiåret på mellom fire og seks prosent. De siste fire-fem åra fram til 2019 har veksten ligget på ca. fire prosent, se figur 1 nedenfor.

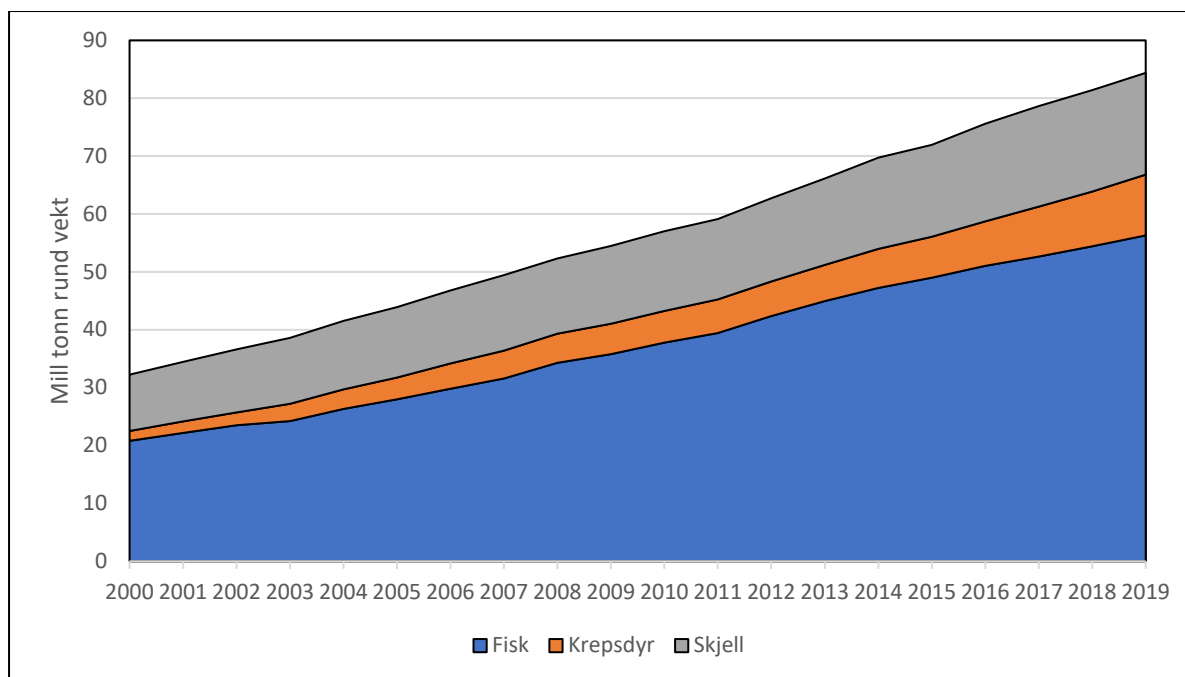


Figur 1: Global akvakulturproduksjon⁴ (1980 – 2019)

(Grunntabell, se vedlegg 14)

Fisk, krepsdyr og muslinger er de viktigste produksjonsdyra i akvakultur. Målt i rund vekt utgjør i 2019 (og 2000 i parentes): fisk 67 (65) prosent, krepsdyr 12 (5) prosent og muslinger 21 (30) prosent av den globale oppdrettsproduksjonen, se figur 2 nedenfor.

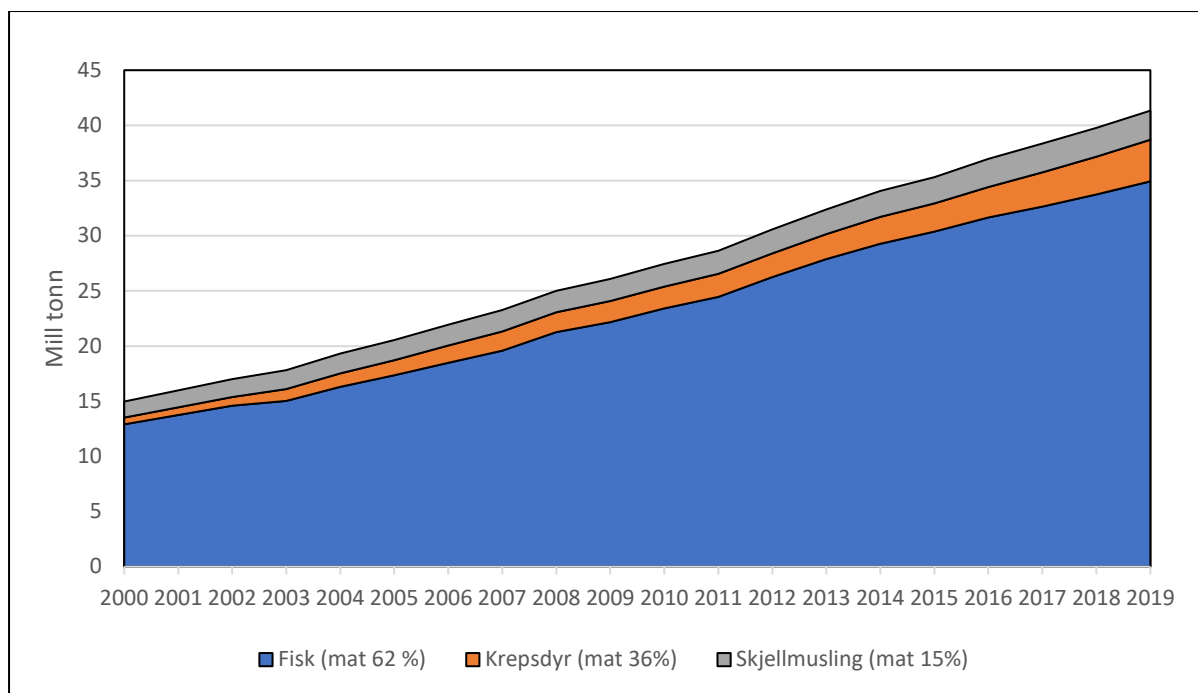
³ Tallene som presenteres nedenfor om akvakulturproduksjonen er hentet fra FAOs FishStatJ (versjon 4.01.0), et verktøy for fiskeri- og akvakulturstatistikk. Metode for bearbeiding av dataene er kort beskrevet i vedlegg 25. For mer informasjon besøk: <http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>



Figur 2: Global oppdrettsproduksjon av fisk, krepsdyr og musling (2000 – 2019), (Grunntabell, se vedlegg 13)

Rund vekt er utgangspunktet for FAOs akvakulturstatistikk. Det sier seg selv at den resulterende matproduksjonen er lavere, og at muslinger kan ha lav matandel når selve kalkskjellet er fjernet. De som er vant med å spise reker på den norske måten vet at det er en god del avfall etter en rekefest. Spiselig del av «rund vekt» varierer med en rekke faktorer og er ikke mulig å fastslå nøyaktig i form av ett tall. Vi problematiserer dette i avsnitt 6.4. Der ikke annet ser sagt, bruker vi i denne rapporten følgende gjennomsnittstall for spiselig del: fisk 62 %, krepsdyr 36 % og muslinger 15 %.

Målt på denne måten, som andel spiselig fiske-, reke- og muslingkjøtt står i 2019 (og i 2000 i parentes): fisk for 84 (86) %, krepsdyr 9 (4) % og muslinger 6 (10) %, se figur 3 nedenfor.



Figur 3: Global matproduksjon, spiselig del av fisk, krepsdyr og skjellmusling i oppdrett 2000-2019

(Grunntabell: se vedlegg 16)

Beregningene over reiser umiddelbart spørsmålet: - Hva med den ikke spiselige delen? Vi kommer tilbake til dette spørsmålet i 7.5. Men vi røper allerede her at «slakteavfall» fra oppdrettsfisk i økende grad går til produksjon av fiskemel og -olje og blir effektivt fôr og blir på den i sin tur til mat. I sirkulærøkonomien blir følgelig akvakultur, og særlig fiskoppdrett, mer effektiv enn tallene over isolert kan tyde på.

Ferskvann og saltvann, akvakultur og havbruk

I Norge er det en tendens til å bruke begrepene akvakultur og havbruk om hverandre. Det er ikke så rart siden nesten all norsk akvakultur er havbruk. Med havbruk vil vi i denne rapporten

Havbruk = akvakultur i saltvann

forstå akvakultur i marint miljø, dvs. oppdrett i saltvann. Akvakultur kan også finne sted i ferskvann eller brakkvann. Brakkvannsoppdrett er liten og utgjør i 2019 ca. 11% av all akvakultur₃. Samme år var ferskvannsoppdretten på ca. 61 % og havbruk/saltvannsoppdrett på ca. 28 % av totalen. Vi skiller i det følgende ikke på ferskvann og brakkvann. Det betyr at når vi skriver «ferskvann» og «ferskvannsoppdrett» så mener vi alt vann med en saltholdighet mindre enn 2%.

Akvakultur, fôr og økonomi

Dette prosjektet handler primært om fôr og fôrøkonomi. Vi analyserer ikke økonomisk lønnsomhet og avkastning i akvakultur pr sé. Men som Tacon og Metian påpeker er oppdrettsartens markedsverdi (kg-pris) en viktig premisse for oppdretternes i valg av

fôr. Produksjonens verdi er selvfølgelig avgjørende for hvilke kostnader produksjonen kan bære. I tabell 2 rangerer vi noen utvalgte fiskoppdrettsarter etter kg-verdi. Vi har her ikke tatt med muslinger eller krepsdyr, med unntak av reker (*Litopeus vannamei*) som er en av verdens største akvakulturproduksjoner. Vi vet at alle de fire laksefiskene nedenfor er på 100 % industrielt høyoktan-fôr. Produktverdien er slik at produksjonene tåler det økonomisk, men forutsetningen for bruk av avansert fôr ligger i allikevel først og fremst i artens fysiologi og ernæringsbiologi.

Tabell 2: Utvalgte produksjonsarter rangert etter verdi pr kg førstehåndsverdi i akvakultur, rund vekt, m tilhørende gjennomsnittlig årsproduksjon og årsverdi (mest verdifulle uthevet m fete typer).

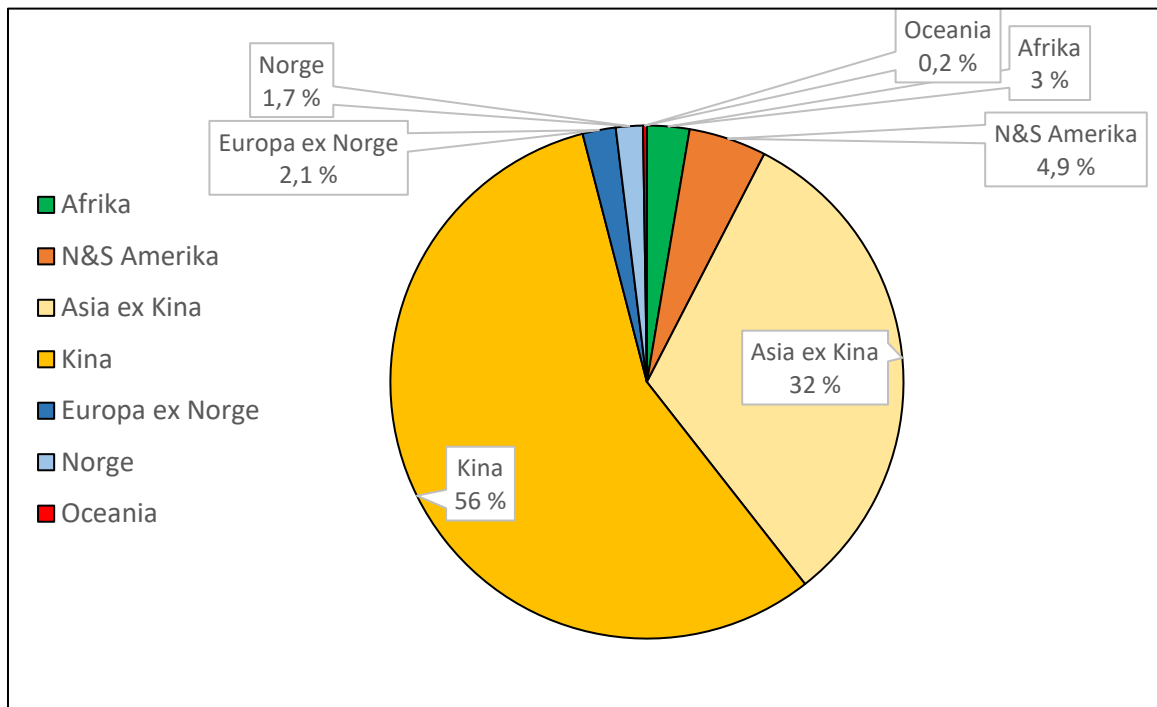
Snittverdier 2015-18	1.-håndsverdi NOK/kg	produksjon mrd tonn	årsverdi mrd NOK
Makrellstørje (f. stillehavet)	152	0,02	4
Kongelaks/Chinook	111	0,01	2
Kveite (jap./Paralichthys olivaceus)	97	0,04	4
Ål (jap.)	64	0,3	16
Atlanterhavslaks	53	2,4	124
Reker (Litopeus vannamei)	49	4,4	216
Coho/sølvslaks	49	0,2	7
Dorade/gullbrasme (Sparus aurata)	42	0,2	8
Regnbueørret	35	0,8	29
"Wuchang bream"/Yangtze-karpe	25	0,8	20
Graskarpe	19	5,5	103
Sølvkarpe	18	4,7	85
Karpe (vanlig - Cyprinus carpio)	17	4,0	69
Nil-tilapia	15	4,3	65
Mrigal	15	0,5	7
Roho labeo	14	1,9	27
Catla	14	2,6	37
Pangasius/Haimalle etc (Pangasius spp)	13	2,2	28
Melkefisk	13	1,2	15
Andre	6	42	240
Verden totalt	14	78	1 107

Kilde: FAO (2021), omregnet fra USD med Norges Banks årsgjennomsnittskurser.

Vi kan merke oss at vannameireker på årsbasis er den mest verdifulle arten i global oppdrett og atlanterhavslaks kommer som nummer to. Kina-karpene er hver for seg mindre, men som gruppe en god del større målt i årlig produksjonsverdi. Se også tabell 4, der en litt mer omfattende versjon av tabellen er rangert etter årsverdier.

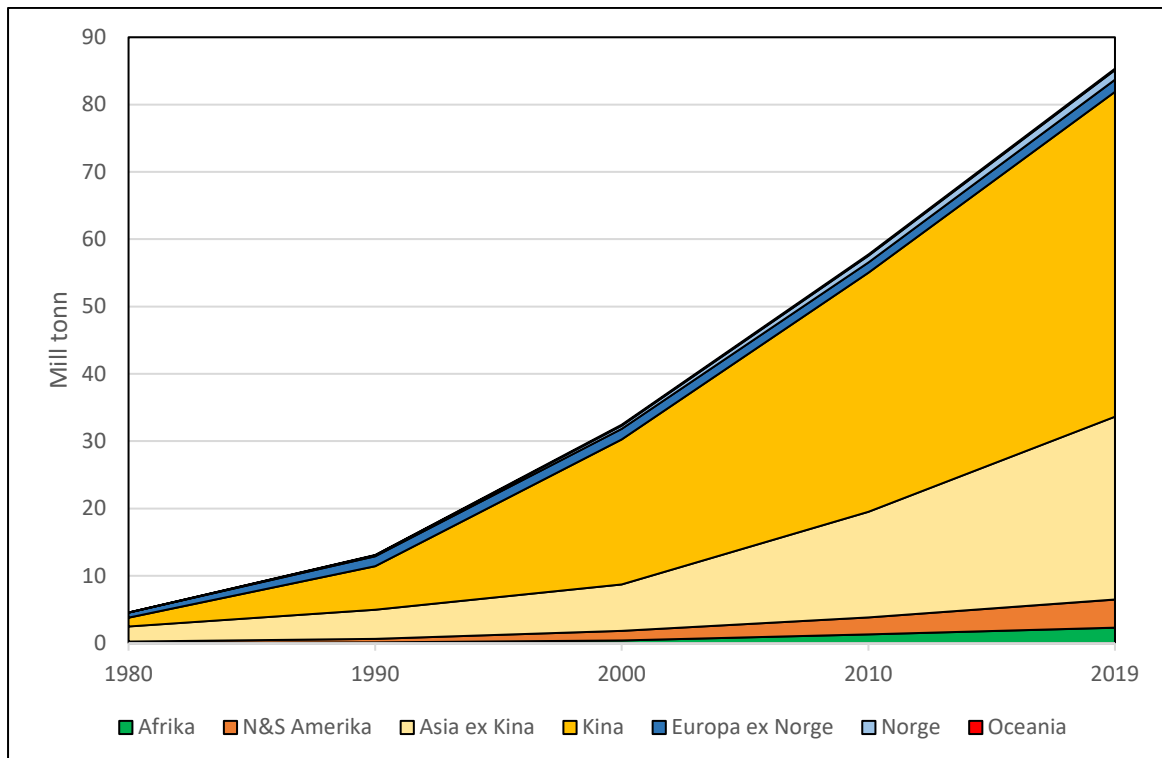
4.1 Andre land og regioners akvakultur

Akvakultur generelt har sitt tyngdepunkt i Asia og særlig Kina, det gjelder både havbruk og ferskvannsoppdrett. Dernest kommer Europa, men her er det saltvannsoppdrett som veier tyngst. Norge har økt sin andel både globalt og i Europa. Nord- og Sør-Amerikas akvakultur har tradisjonelt vært mindre enn i Europa, men i 2019 er Amerikas oppdrettsvolum størst med 4,9% mot Europas 3,8% av global produksjon.



Figur 4: Ulike lands andel av global akvakultur₃ (2019)

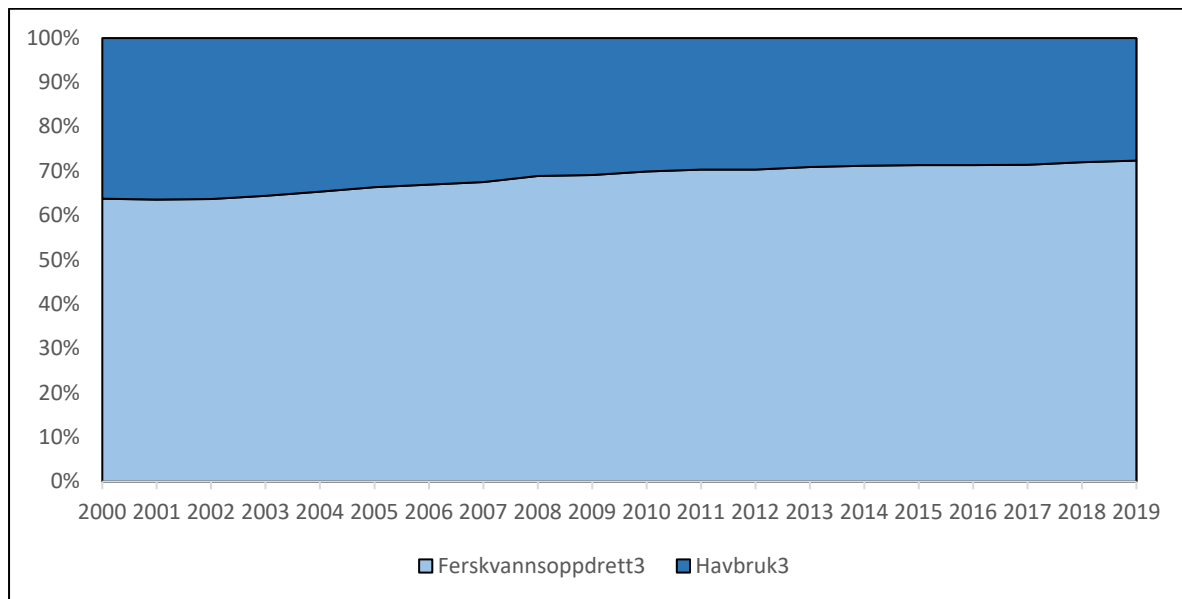
Kilde: FAO (2021), bearbeiding i prosjektet



Figur 5: Global akvakulturproduksjon₃ rund vekt (1980-2019)

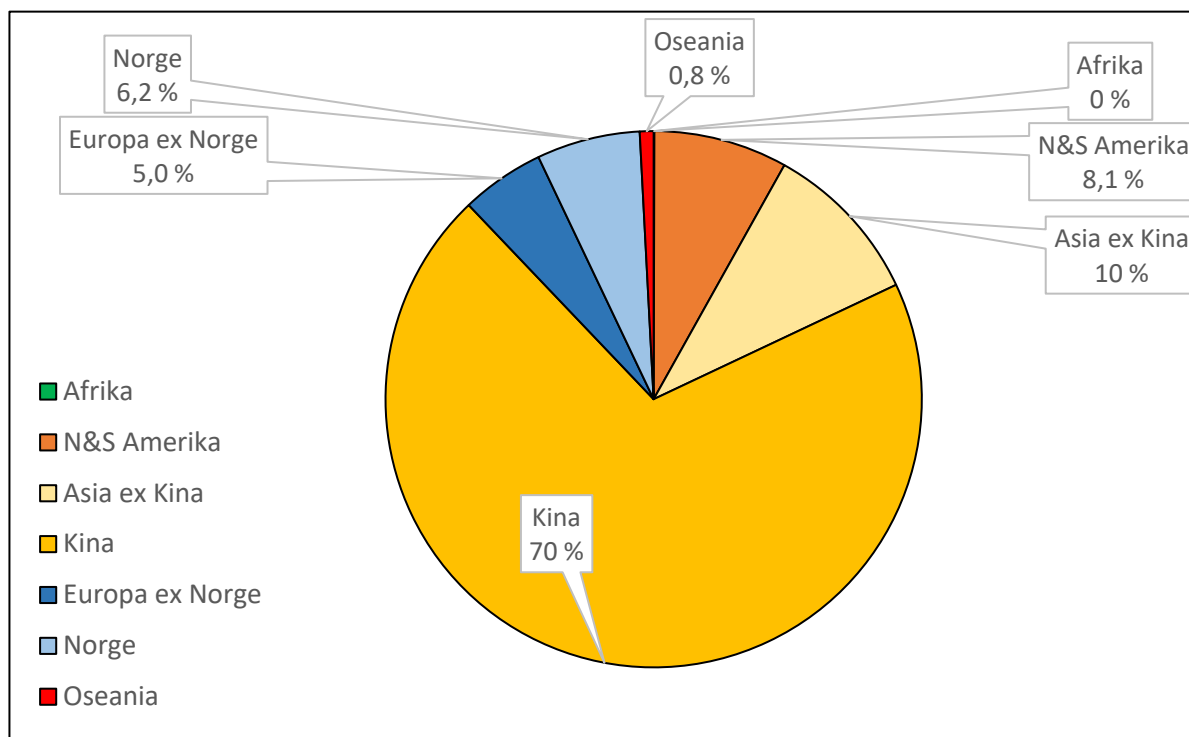
Kilde: FAO (2021), bearbeiding i prosjektet

I figur 6 nedenfor ser vi at havbruk, dvs saltvannsoppdrett, som andel av total akvakultur er svakt synkende pga. rask vekst i oppdrett av bl.a. tilapia, maller, karper og ferskvannsreker.



Figur 6: Saltvannsoppdrett som andel av akvakultur globalt (2000-2019)

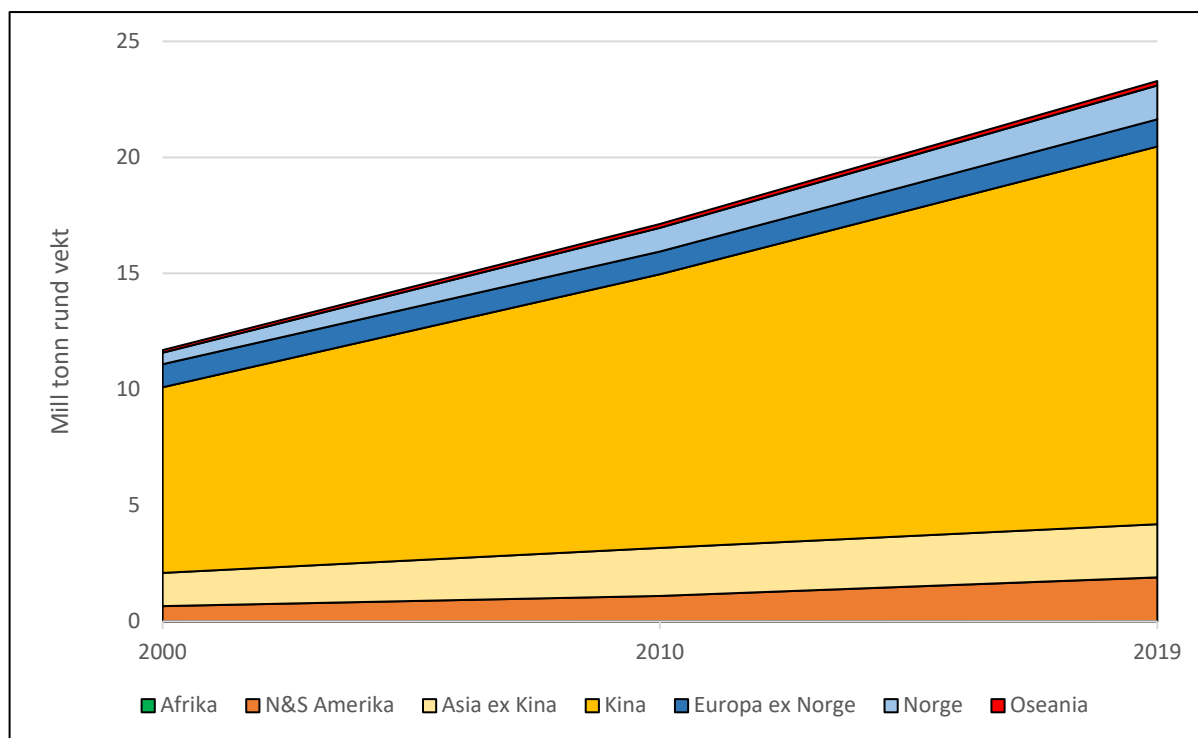
Kilde: FAO (2021), bearbeiding i prosjektet



Figur 7: Andeler av global saltvannsoppdrett rund vekt (2019)

Kilde: FAO (2021), bearbeiding i prosjektet

Vi ser i figur 7 at Norge er nest største oppdrettsnasjon, med 6,2 % av totalen når det kommer til saltvannsoppdrett, men samtidig at Kina med sine 70 % er helt dominerende. I figur 8 ser vi at Kina og Norge har vokst kraftig siden år 2000 og Europa utenom Norge har stagnert.



Figur 8: Saltvannsoppdrett₃ mill tonn rund vekt (2000-2019)

Kilde: FAO (2021), bearbeiding i prosjektet

I det ovenstående har vi prøvd å beskrive de betydelige ulikhetene i utviklingen av akvakultur i ulike land og verdensdeler. Det mest slående er den sterke veksten i akvakulturproduksjon₃ totalt og at den er ganske godt spredd på alle verdensdeler, selv om den ikke er helt jevnt fordelt. Vi ser av tabellen under at Europa eksklusive Norge har hatt lav vekst siden 1980 og en periode med absolutt nedgang etter århundreskiftet. Supertungvekteren Kina har relativt lav vekst i dette århundre etter svært sterk vekst i slutten av det forrige. Norge har tidligere hatt svært sterk vekst, men har noe lavere enn gjennomsnittlig vekst for verden, i det siste tiåret.

Tabell 3: Prosentvis vekst i akvakulturproduksjon₃ i ulike tiårsperioder, (siste periode 9 år) og regioner

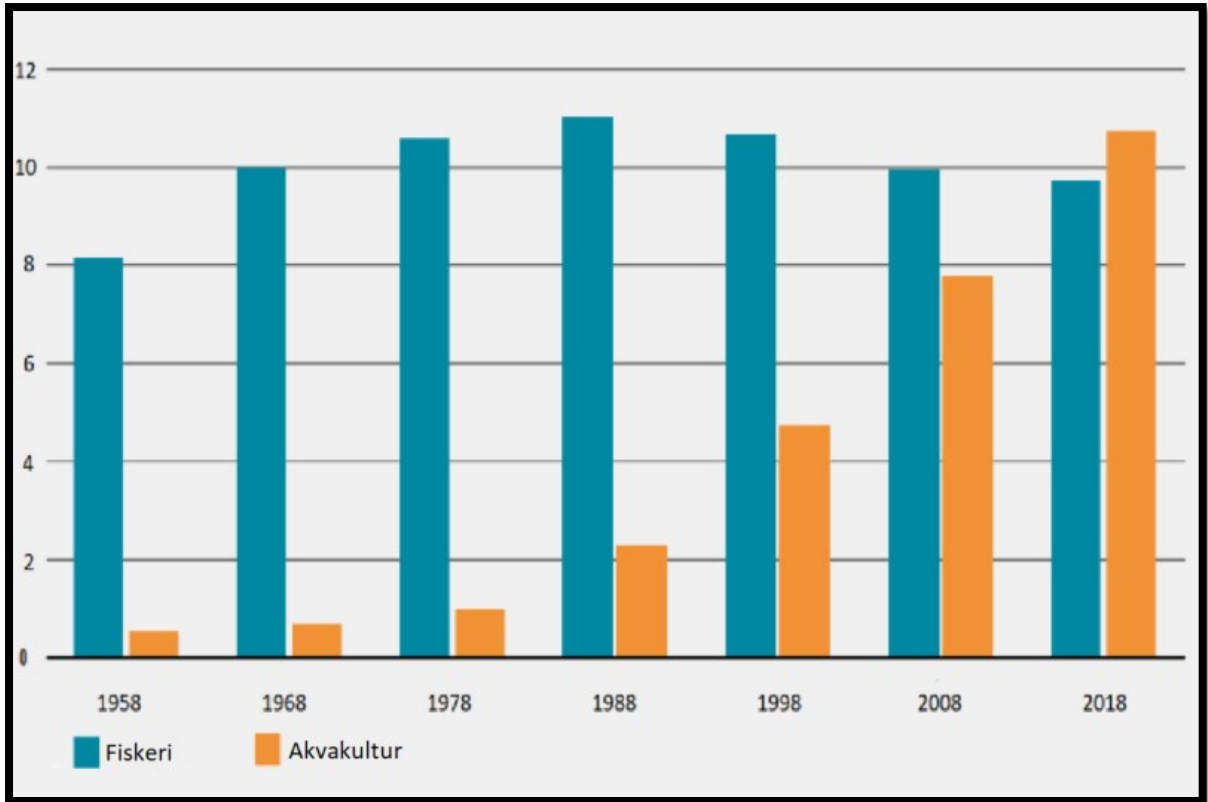
Vekst i periode, i %	1980 - 1990	1990 - 2000	2000 - 2010	2010 – 2019
Afrika	209 %	393 %	222 %	77 %
N&S Amerika	176 %	160 %	77 %	66 %
Asia ex Kina	93 %	60 %	128 %	73 %
Kina	393 %	231 %	65 %	36 %
Europa ex Norge	93 %	7 %	-4 %	19 %
Norge	1787 %	226 %	108 %	42 %
Oseania	244 %	189 %	55 %	11 %
Sum	188 %	148 %	78 %	48 %

[grønn farge > gjennomsnittlig vekst, gul farge < gjennomsnittlig vekst i perioden].

4.2 Akvakulturens rolle i verdens matproduksjon og ernæring

Akvakulturproduksjon har de siste 40 årene økt sin betydning i verdens matproduksjon og ernæring i takt med sin enorme vekst. Som vi ser av figur 9 nedenfor var kun omtrent 1 kg sjømat fra akvakultur per person tilgjengelig for humankonsum i 1978, mens i 2018 var i underkant av 11 kg sjømat per person tilgjengelig for humankonsum. Akvakultur har med dette oversteget fiskeri som den viktigste kilden til sjømat tilgjengelig til menneskemat på verdensbasis og sto i 2018 for 52 % av dette⁴. Fiskerisektorens bidrag til menneskemat har fra 1988 stagnert og til og med gått litt tilbake (FAO, 2020, s. 72). Men vi ser at summen av sjømat pr person fortsetter å stige. Sjømat utgjør 16 % av den animalske proteinproduksjonen som går til mennesker konsumerer og er primærkilden til omega 3-fettsyrer (Pradeepkiran, 2019).

⁴ Det er viktig å understreke at dette gjelder *sjømat tilgjengelig for humankonsum*. Dersom man tar utgangspunkt i spiselig del vil fiskeri fortsatt være hovedkilden for spist sjømat, pga. den store andelen muslinger og krepsdyr i oppdrett.



Figur 9: Relative bidrag fra akvakultur og fiskeri til tilgjengelig fisk for humankonsum på verdensbasis (Kg rund vekt/per person)

Kilde: FAO, 2020, s. 72

4.3 Oversikt over kvantum og verdi

Tabell 4 nedenfor er en litt mer omfattende versjon av tabell 2. Denne versjonen er rangert etter årsverdier til de ulike artene. Vi ser f.eks. at de fem øverste utgjør 54 % av totalverdien i global akvakultur og 27 % av volumet.

Tabell 4: Utvalgte produksjoner rangert etter årsverdi av produksjon globalt

Snittverdier 2015-18	1.-håndsverdi	produksjon	årsverdi	årsverdi
	NOK/kg	mrd tonn	mrd NOK	% av tot
Reker (Lv/"Whiteleg")	49	4,4	216	19,5 %
Atlanterhavslaks	53	2,4	124	11,2 %
Graskarpe	19	5,5	103	9,3 %
Sølvkarpe	18	4,7	85	7,6 %
Karpe (vanlig - <i>Cyprinus carpio</i>)	17	4,0	69	6,3 %
Nil-tilapia	15	4,3	65	5,9 %
Catla	14	2,6	37	3,3 %
Regnbueørret	35	0,8	29	2,6 %
Haimalle etc (<i>Pangasius spp</i>)	13	2,2	28	2,6 %
Roho labeo	14	1,9	27	2,4 %
"Wuchang bream"/Yangtze-karpe	25	0,8	20	1,8 %
Ål (jap.)	64	0,3	16	1,5 %
Melkefisk	13	1,2	15	1,4 %
Dorade/gullbrasme (<i>Sparus aurata</i>)	42	0,2	8	0,8 %
Coho/sølvslaks	49	0,2	7	0,7 %
Mrigal	15	0,5	7	0,6 %
Kveite (jap./ <i>Paralichthys olivaceus</i>)	97	0,0	4	0,4 %
Makrellstørje (f. stillehavet)	152	0,0	4	0,3 %
Kongelaks/Chinook	111	0,0	2	0,1 %
Andre	6	42	240	22 %
Verden totalt	14	78	1107	100 %

Kilde: FAO (2021), bearbeiding i prosjektet

4.4 Norsk akvakultur, fra 1957 til 2020

Tabell 5: Norsk produksjon av oppdrettsfisk i 2019 og 2020.

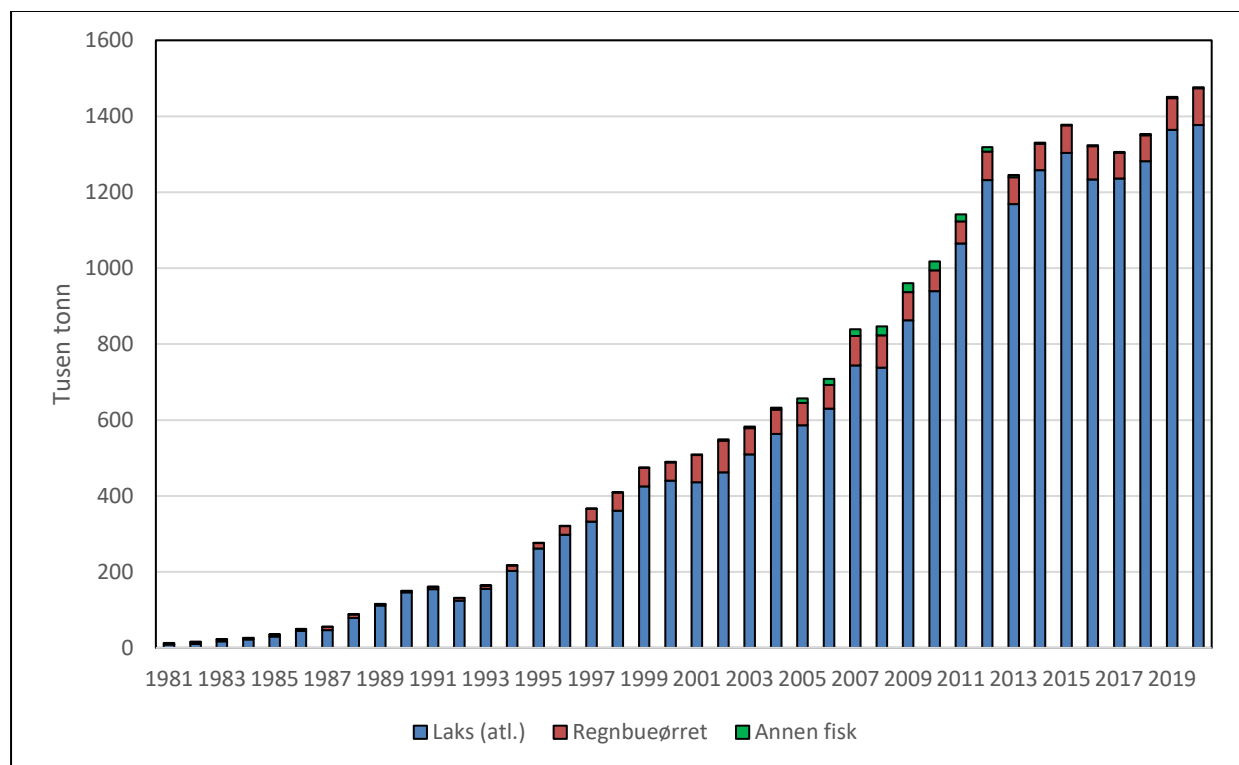
1000 tonn (rund vekt)	2019	2020
Laks (atl.)	1364	1377
Regnbueørret	83,3	96,6
Kveite	1,52	1,73
Torsk	0,90	0,15
Ishavsrøye	0,52	0,50
Sjøørret	0,20	0,13
Annen fisk	0,29	0,27
Sum	1451	1477

Kilde: (Fiskeridirektoratet, 2021)

Norsk akvakulturproduksjon er første gang registrert i FAO-statistikken i 1957 med 200 tonn regnbueørret. Tallene i tabell 5 nedenfor i figur 10-12 og tabell 2 og 3 er hentet fra Fiskeridirektoratet (2021). 1960 var et første «toppår» med 1900 tonn, men allerede i 1963 var regnbueørretproduksjonen nede i 100 tonn. Laks kommer opp i statistikken første gang i 1964 med ett tonn. Samlet norsk oppdrettsproduksjon passerte 2000 tonn i 1974 og 10.000 tonn i 1981, fram til da er laks og regnbueørret enerådende i norsk akvakultur. Først i 1982 kommer røye (handelsnavn ishavsørret) på oppdrettsstatistikken med sju tonn.

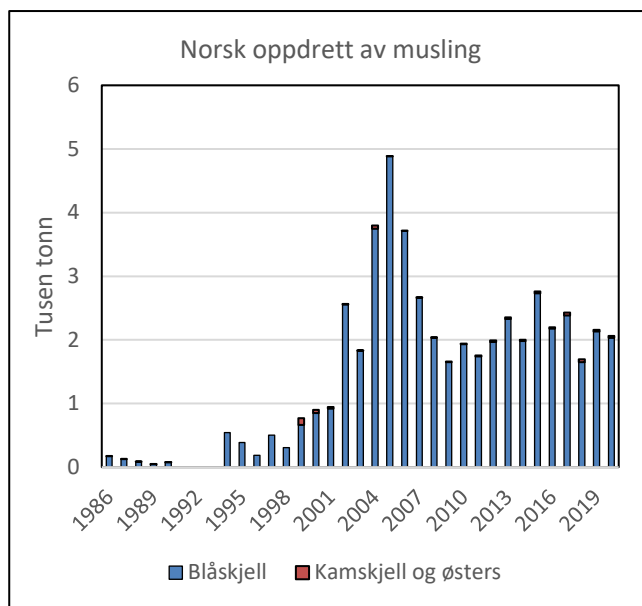
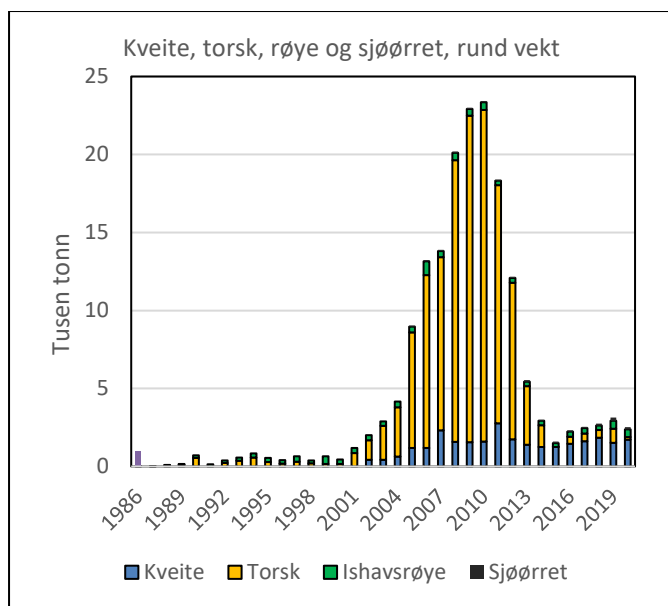
I 1986 kommer blåskjell på statistikken med 170 tonn og østers med 6 tonn. Neste år kommer torsk til. Marine krepsdyr (hummer) kommer til først i 2002. Samme år kommer den første oppdrettskveita på markedet.

Vi ser av statistikken (se fig 10 – 12 nedenfor) at norsk akvakultur langt på vei er en monokultur i laks, men at en viss produksjon av regnbueørret holder seg. Satsinga på torsk for ti-femten år siden mislyktes. Og muslingoppdrett tar ikke av, selv om et lite volum av blåskjell ser ut til å holde seg.



Figur 10: Norsk fiskoppdrettsproduksjon rund vekt (1981-2020)

Kilde: (Fiskeridirektoratet, 2021)



Figur 11: Annen norsk fiskoppdrett (1986-2020)

Figur 12: Norsk oppdrett av musling (1986-2020)

Kilde: (Fiskeridirektoratet, 2021)

Tabell 6: Norsk oppdrett av musling

1000 tonn (rund vekt)	2019	2020
Blåskjell	2,1	2,0
Kamskjell og østers	0,02	0,03

Norsk andel av verdens akvakulturproduksjon

Norsk akvakultur gjør seg gjeldende i verdenssammenheng med atlantehavslaks og regnbueørret. For atlantehavslaks har Norge, i perioden 2015 – 2019, produsert fra 52% til 55% av verdensproduksjonen målt i rund vekt. For regnbueørret ligger tilsvarende tall på fra 8% til 10%. Vi ser i tabell 7 nedenfor at tallene variere litt avhengig av om vi bruker norske tall for førstehandsverdi eller internasjonale tall som er gjennomsnittsverdier.

Tabell 7: Norsk andel av produksjonen i global akvakultur, verdi

Snittverdier 2015-18	1.-håndsverdi NOK/kg	produksjon mrd tonn	årsverdi mrd NOK	årsverdi % av tot
Atlanterhavslaks Norge	53	1,266	66,5	6,0 %
Regnbueørret Norge	35	0,074	2,6	0,2 %
Norge totalt	52	1,339	69,1	6,2 %

Kilde: FAO (2021), med globale snittpriser i NOK

Snittverdier 2016-18	1.-håndsverdi NOK/kg	produksjon mrd tonn	årsverdi mrd NOK	årsverdi % av tot
Atlanterhavslaks Norge	50	1,245	61,9	5,6 %
Regnbueørret Norge	44	0,074	2,6	0,2 %
Norge totalt	52	1,319	64,5	5,8 %

Kilde: Fiskeridirektoratet (2020), norske priser

Kapittel 5. Fôring av fisk og krepsdyr i oppdrett

Som nevnt er vår valgte metode for å beregne produksjons-/forbruksvolum (V) av moderne kommersielt fôr (MIF) å multiplisere produksjonsvolumet for fisk/krepsdyr (F), moderne fullfôr-andel (a) og fôrfaktor (ϕ).

$$V = F \cdot a \cdot \phi$$

Nedenfor går vi gjennom de tretten kategoriene fisk og krepsdyr fra avsnitt 3.2. I tillegg til å gjengi og drøfte de tre faktorene i formelen over beskriver vi biologien i kategorien, og bruke den arten som har størst produksjonsvolum som eksempel.

Når vi skal vurdere hva som er stort og lite kan vi ha atlantehavslaks som målestokk. Totalvolumet i 2019 er 2,6 mill tonn, hvorav vel halvparten, 1,4 mill tonn, produseres i Norge.

5.1 Kinesiske fôra karper

Kinesiske fôra karper er den av de 11 kategorier hos Tacon og Metian (2015) med størst produksjonsvolum, 14,3 mill tonn produsert i 2019. Kategorien har hatt en gjennomsnittlig årsvekst på 3,7 % i perioden 2000 til 2019. Graskarpe (*Ctenopharyngodon idellus*) er den største arten med 5,7 mill tonn alene i nevnte år. 5,5 mill tonn, dvs nesten alt, produseres i Kina.

Graskarpene er ferskvannsfisk og, som navnet sier, planteetere (herbivore) i likhet med mange andre karper, med et innslag av omnivor (altetende) fortæring av partikler i nedbryting og mikroorganismer. Vi kommer tilbake til sammensettingen av karpefôr og -ernæring under avsnittene om India-karper og ufôra karper. Men det er klart at karpeoppdrett inntil nylig har hatt lav industrialiseringsgrad.

Tacon og Metian (2015) anslår at 37 % av kategoriens produksjon brukte moderne industrielt fôr i 2000, mens prognosen for 2019 lå på 59 % og for 2025 på 65 %. Vi har ekstrapolert dette og har prognose på 70 % i 2030. Mht til fôrfaktor var anslaget for 2000 en faktor på 2, som faller gradvis til 1,6 i 2025. Vi har framskrevet dette til 1,5 i 2030. Se vedlegg 1 for mer detaljer.

5.2 Tilapia

Tilapia er ferskvannsfisk og «munnrugere» i ciklide-familien. Den viktigste arten i akvakultur er Nil-tilapia (*Oreochromis niloticus*) som stammer fra Nil-vassdraget med bl.a. Victoriasjøen. Det ble produsert 6,2 mill tonn tilapia i oppdrett i 2019. Det meste av dette var Nil-tilapia med 4,6 mill tonn. Av dette ble 1,2 mill tonn produsert i Kina og Indonesia hver seg, og 1,1 mill tonn i Egypt. Tilapia-kategorien har hatt en gjennomsnittlig årlig vekst på 9,1 % fra 2000 til 2019 og er mer enn femdoblet i den nevnte perioden. Den høye veksten har sammenheng med rask industrialisering av produksjonen.

Tacon og Metian (2015) anslår at 75 % av kategoriens produksjon brukte moderne industrielt fôr i 2000, mens prognosen for 2019 lå på 94 % og for 2025 på 100 %. Mht til fôrfaktor var anslaget for 2000 en faktor på 1,9, som faller gradvis til 1,6 i 2025. Vi har framskrevet dette til 1,5 i 2030. Se vedlegg 2 for mer detaljer.

5.3 Maller

Mallefisker er en artsrik orden ferskvannsfisker, der ekte maller er en av flere familier. De fleste artene hører hjemme i Asia. De fleste av mallene har føletråder («værhår») rundt munnen og kalles kattefisk («catfish») på engelsk av den grunn.

Den viktigste arten i oppdrett er *Pangasionodon hypopthalmus*, kjent i Norge som pangasius eller haimalle. Dette er en av flere maller som hører hjemme i Mekongvassdraget og noen nabovassdrag. Totalproduksjonen av denne arten er 2,7 mill tonn hvorav 1,6 mill tonn kommer fra Vietnam.

Maller i oppdrett sto totalt for en produksjon på 6,3 mill tonn i 2019. Det har vært gjennomsnittlig årlig vekst 13,9 % og nærmere *12-dobling* i perioden fra 2000. Det har vært relativ høy industrialisering på fôrsiden, og oppsiktsvekkende bedring i fôrfaktor.

Tacon og Metian (2015) anslår at 72 % av kategoriens produksjon brukte moderne industrielt fôr i 2000, mens prognosen for 2019 lå på 82 % og for 2025 på 85 %. Mht til fôrfaktor var anslaget for 2000 en faktor på 1,8, som faller gradvis til 1,3 i 2018. Se vedlegg 3 for mer detaljer.

5.4 Laks

Vi følger som sagt Tacon og Metians (2015) kategorisering og deler laksefiskene i to, ørret og laks, selv om det er et filologisk og ikke biologisk eller økonomisk begrunnet skille.

Laks er diadrom fisk som i vill tilstand klekkes og lever i ferskvann som ung, og tilbringer vekstfasen i saltvann. I oppdrett er det på samme måte og yngel og smolt produseres i ferskvann. Laksen er karnivor og krever et energitett fôr med mye proteiner og fett. I vill tilstand lever den som yngel og smolt av evertebrater (insekter, krepsdyr etc), og i vekstfasen i hovedsak av fisk.

Lakse kategorien består av atlantehavslaks (*Salmo salar*) og noen stillehavslakser, hvorav coho-laks (*Oncorhynchus kisutch*) er den viktigste.

Kategoriens totalproduksjon er 2,9 mill tonn i 2019, hvorav 2,6 mill tonn er atlantehavslaks. 1,4 mill tonn av atlantehavslaksen produseres i Norge. Kategoriens gjennomsnittlige årsvekst fra 2000 til 2019 er 5,59 % og det har vært nesten en tredobling i perioden.

Det er høy industrialisering på fôrsiden med 100 % bruk av moderne industrielt fôr i hele perioden og fôrfaktoren har ligget stabilt på 1,3. 1,3 er en lav fôrfaktor og framtrer som noe nær en slags «bestenotering» i vårt materiale. En kunne få inntrykk av at

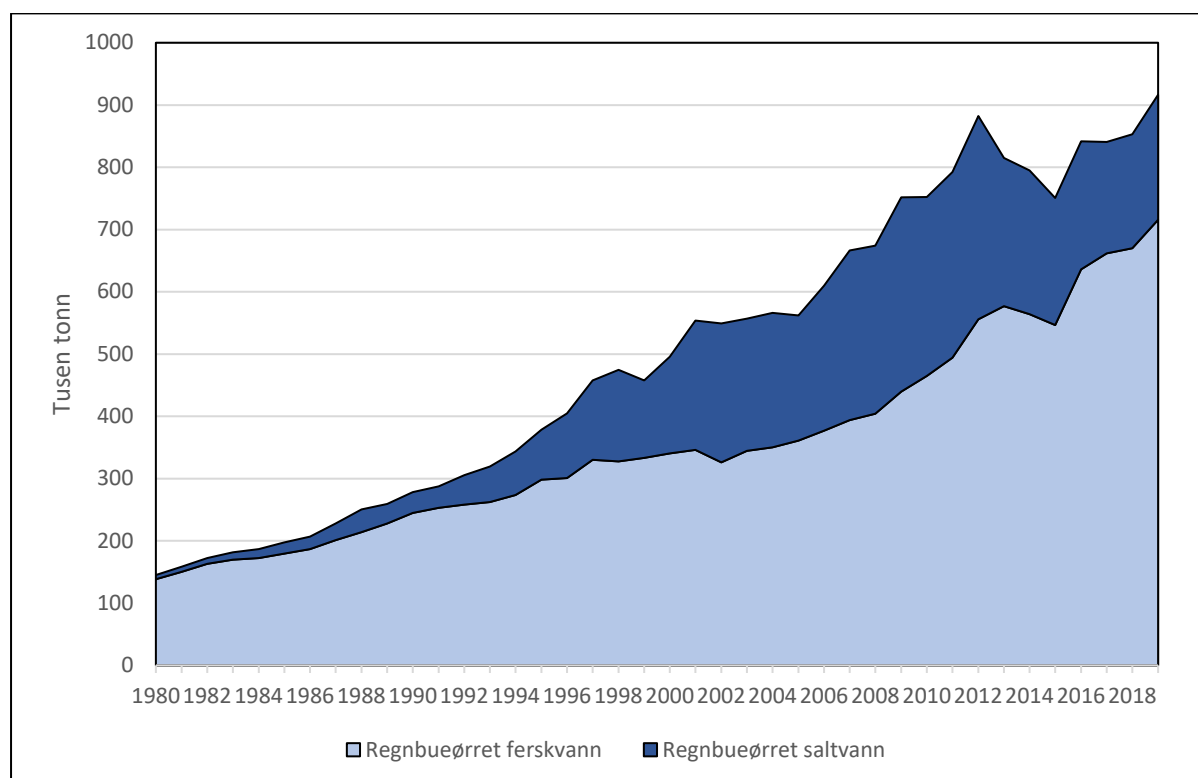
laksoppdrett er ferdig industrialisert med dagens teknologi. Dvs at effekten fra mer moderne fôr og optimalisert fôring i oppdrettsleddet er uttømt og at videre vekst må komme i form av økt skala. Det finnes imidlertid lavere fôrfaktor i akvakultur og vi problematiserer fôrfaktorbegrepet senere i rapporten. Eksempelvis vil reduksjon av dødelighet kunne redusere fôrfaktoren ytterligere. I noen tropiske produksjoner ser vi eksempler på fôrfaktor på 1 i vekstfôr og 0,8 i startfôr for yngel. Se også vedlegg 4 for mer detaljer.

5.5 Ørret

Ørretkategorien omfatter regnbueørret (*Onchoryncus mykiss*) som biologisk er en stillehavslaks og vanlig ørret (*Salmo trutta*). Sistnevnte finnes i FAO-statistikken utskilt i ulike leveformer som bekkørret, sjøørret etc, men i praksis er det regnbueørret vi snakker om. Kategoriens totalproduksjon i 2019 er på 940 tusen tonn, hvorav 917 tusen tonn (98 %) er regnbueørret.

Regnbueørreten kom tidligere i oppdrett enn laks og har hatt en lengre, men flatere vekst. Gjennomsnittøkningen fra 2000 til 2019 er på 3,2 % årlig som tilsvarer en knapp dobling i perioden.

78 % av regnbueørretproduksjonen foregår i ferskvann, og de største produsentene er Iran og Tyrkia med hhv 206 og 123 tusen tonn. Det er i ferskvannsproduksjonen det er vekst. Vi ser av tallene at saltvannsproduksjonen hadde sitt toppår i 2012 og har siden falt både i absolutte tall og relativt.



Figur 13: Regnbueørret, global oppdrettsproduksjon (1980-2019)

Kilde: FAO, 2020

Tacon og Metian (2015) anslår at fôrbruken i denne kategorien er likt med laksen, dvs. 100 % bruk av moderne industrielt fôr i hele perioden og fôrfaktor på 1,3 i perioden. Se vedlegg 5A for mer detaljer.

5.6 Ål

Ål, som er den av kategoriene her som hadde minst volum, hadde en oppdrettsproduksjon på 272 tusen tonn i 2019. Japansk ål står for 266 tusen tonn, hvorav 234 tusen tonn produseres i Kina. Dette er ferskvannsoppdrett og ål er en diadrom art. Kategorien har økt med gjennomsnittlig 1,4 % årlig og samlet med 28 % i perioden 2000 til 2019.

Tacon og Metian (2015) anslår at 92 % av kategoriens produksjon brukte moderne industrielt fôr i 2000, mens prognosen for 2019 lå på 98 % og for 2025 på 100 %. Mht til fôrfaktor var anslaget for 2000 en faktor på 1,8, som faller gradvis til 1,5 i 2013 og holder uendret deretter. Se vedlegg 6 for mer detaljer.

5.7 Melkefisk

De tre foregående avsnittene handler om diadrom fisk som i naturen gyter og lever sine første år i ferskvann for deretter å gå ut i havet for å gjøre seg feit. Med melkefisken er det omvendt. Navnet kommer av at når den gyter «på likt», farger den havet slik at det ser ut som melk. Denne arten har blitt en av de store i global fiskoppdrett, med 1,54 mill tonn i 2019. Produksjonen har økt med gjennomsnittlig 6,5 % årlig og har vel så tredoblet seg i perioden 2000 til 2019. Indonesia er største produsent med 986 tusen tonn i 2019.

Tacon og Metian (2015) anslår at 34 % av kategoriens produksjon brukte moderne industrielt fôr i 2000, mens prognosen for 2019 lå på 54 % og for 2025 på 60 %. Vi ekstrapolerer til 65% i 2030. Mht til fôrfaktor var anslaget for 2000 en faktor på 2,0, som faller gradvis til 1,7 i 2019 med prognose på 1,5 i 2025. Vi ekstrapolerer til 1,4 i 2030. Når det gjelder melkefisk har vi fraveket prognosemodellen som baserer seg på årsvekst lik aritmetisk gjennomsnitt av de fire siste år. Melkefisk har hatt ekstrem vekst de siste par år og vi setter et tak på 9 % for årlig vekst i vår prognose. Se vedlegg 7 for mer detaljer.

5.8 Annen diadrom fisk og ferskvannsfisk

Dette er en samlekategori med 17 hovedarter og en del mindre. Det som i FAO-statistikken dekker slangehodefisk (*Channa* og *Parachanna spp*) har tradisjonelt vært den største oppføringen til denne kategorien. I 2019 smatt imidlertid lakseabbor (*Micropterus salmoides*) forbi slangehodene.

Samlet hadde denne gruppen 2,5 mill tonn i oppdrettsproduksjon i 2019. I perioden fra 2004 var det en gjennomsnittlig årsvekst på 7,2 % og nesten en tredobling. I 2019 sto slangehodefisk for 473 tusen tonn (19,1 % av kategorien), det aller meste

produsert i Kina, og lakseabbor for 480 tusen tonn (19,4 % av kategorien), så godt som alt fra Kina.

Tacon og Metian (2015) anslår at 10 % av kategoriens produksjon brukte moderne industrielt fôr i 2000, mens prognosen for 2019 lå på 48 % og for 2025 på 60 %. I vår prognose holder vi på 60 % til 2030. Mht til fôrfaktor var anslaget for 2000 en faktor på 2,0, som faller gradvis til 1,7 i 2019 med prognose på 1,5 i 2025. Vi ekstrapolerer til 1,4 i 2030. Se vedlegg 8 for mer detaljer.

5.9 Saltvannsfisk

Dette er igjen en samlekategori. Denne har 18 hovedarter og noen av mindre betydning. Samlet hadde denne kategorien 3,2 mill tonn i oppdrettsproduksjon i 2019. I perioden fra 2000 var det en gjennomsnittlig årsvekst på 6,4 % og godt og vel en tredobling. Havabbor (*Dicentrarchus labrax*) og dorade [gullbrasme] (*Sparus aurata*) er de to største enkeltartene i denne kategorien. Havabbor sto i 2019 for 263 tusen tonn og gullbrasme for 259 tusen tonn, hhv 8,2 % og 8,1 % av kategorien.

Tacon og Metian (2015) anslår at 60 % av kategoriens produksjon brukte moderne industrielt fôr i 2000, mens prognosen for 2019 lå på 84 % og for 2025 på 90 %. Vi ekstrapolerer til 95 % til 2030. Mht til fôrfaktor var anslaget for 2000 en faktor på 2,0, som faller gradvis til 1,6 i 2019 med prognose på 1,5 i 2025. Vi holder på 1,5 i 2030. Se vedlegg 9 for mer detaljer.

5.10 Krepsdyr - reker

Samlet hadde denne kategorien 6,6 mill tonn i oppdrettsproduksjon i 2019. I perioden fra 2000 var det en gjennomsnittlig årsvekst på 9,7 % og nesten en seksdobling. Den største arten i kategorien er hvitfot- eller vannameireke (*Litopenaeus vannamei*) med 5,4 mill tonn, dvs 83 % av kategorien. Denne reka er ei varmtvannsreke som stammer fra Karibia og lever på grunt vann, i sjø eller elveutløp. Mye av oppdrettsproduksjonen foregår i brakkvann i tilknytning til elveutløp, men en god del også i ferskvannsanlegg på land. Kina sto i 2019 for 1815 tusen tonn, dvs 1/3 av produksjonen av denne reka. India sto for 724 tusen tonn, dvs 13 %, Indonesia for 697 tusen tonn (13 %), Ecuador for 680 tusen tonn (12 %) og Vietnam for 577 tusen tonn (11 %). Norsk dagligvarehandel kaller denne ganske store reka misvisende for «scampi» når den kommer i frysedisken. Scampi (pl.)/scampo (sg.) er egentlig det italienske navnet på sjøkreps (*Nephrops norvegicus*).

Tacon og Metian (2015) anslår at 77 % av kategoriens produksjon brukte moderne industrielt fôr i 2000, mens prognosen for 2019 lå på 87 % og for 2025 på 90 %. Vi ekstrapolerer til 93 % i 2030. Mht til fôrfaktor var anslaget for 2000 en faktor på 2,0, som faller gradvis til 1,6 i 2019 med prognose på 1,5 i 2025. Vi holder på 1,5 i 2030. Se vedlegg 10 for mer detaljer.

5.11 Krepssdyr - andre

Samlet hadde denne kategorien 3,5 mill tonn i oppdrettsproduksjon i 2019. I perioden fra 2000 var det en gjennomsnittlig årsvekst på 11,6 % og en åttedobling i volum.

Den største arten i kategorien er Louisianakreps eller rød sumpkreps (*Procambarus clarkii*) med en oppdrettsproduksjon på 2,2 mill tonn i 2019, dvs 62 % av kategorien.

Louisianakrepsen er, som navnet kan røpe, en tradisjonell hovedingrediens i statens kreolske og akkadiske matkultur. I USA startet oppdrett av denne krepsen for fullt på 70-tallet og landet var lenge enerådende. Fra 2003 har også Kina produsert arten og gitt den en kraftig vekst. I 2019 står kina for 2090 tusen tonn og USA for 72,3 tusen tonn, hhv 96,7 % og 3,3 % av produksjonen.

Tacon og Metian (2015) anslår at 40 % av kategoriens produksjon brukte moderne industrielt fôr i 2000, mens prognosen for 2019 lå på 59 % og for 2025 på 65 %. Vi ekstrapolerer til 70 % i 2030. Mht til fôrfaktor var anslaget for 2000 en faktor på 2,4, som faller gradvis til 1,8. Se vedlegg 11 for mer detaljer.

Tilleggs kategorier

De foregående elleve kategoriene, to med krepssdyr og ni med fisk i oppdrett, som er behandlet i Tacon og Metian (2015) utgjør 95,7 % og 67,6 % hhv av globalt krepssdyroppdrett og fiskoppdrett i 2019. Vi har ambisjoner om å skissere et totalbilde av global akvakultur og fôrproduksjon og forbruk og vil gå nærmere inn på fisk og supplere med en beskrivelse av Indiakarper og ufôra kinesiske karper. Da når vi 92,53 % av global fiskoppdrett i 2019. Vi opererer da nedenfor med tre tilleggs kategorier: Indiakarper, kinesiske ufôra karper og en restkategori.

5.12 Indiakarper

Samlet hadde denne kategorien 5,8 mill tonn i oppdrettsproduksjon i 2019. I perioden fra 2000 var det en gjennomsnittlig årsvekst på 7,8 % og en tredobling i volum. Den største arten i kategorien er Catla (*Catla catla*) med 3,3 mill tonn i 2019, dvs 57 % av kategorien. India står for 3,1 mill, eller 93 % av dette.

Nest størst i kategorien er Rohu (*Labeo rohita*) med 2,0 mill tonn, dvs 34 % av kategorien. Av dette står India for 63 %, Myanmar for 18 % og Bangladesh for 15 %. Mrigal er den tredje i kategorien med 524 tusen tonn i 2019, med India og Bangladesh som relativt jevnstore hovedprodusentland.

Vi henter opplysninger om oppdrett og fôr til Rohu og Catla fra [FAO AFFRIS - Aquaculture Feed and Fertilizer Resources Information System] (FAO, udatert). For Rohu besto så sent som 2006 mer enn 90 % av fôret av tradisjonelt egenprodusert fôr (TEF) som inneholder 50/50 riskli og oljekaker fra jordnøttoljeproduksjon, begge biprodukter fra annen hovedproduksjon. Denne blandingen inneholder 24 % protein, 9 % fett, 45-48 % fordøyelig karbohydrat og 9-10 % aske (sum 87 – 91 %). Det som omtales som optimalt industrielt fôr kan være noe høyere i protein, lavere i fett, en

god del lavere i karbohydrater og noe høyere i fiber. Industrielt fôr er gjerne også tilsatt «premix»⁵ av lysin og methionin (essensielle aminosyrer), vitaminer og mineraler. For Catla består vekstfasefôr av 30 % protein og 7 – 9 % fett.

De to hovedartene i denne kategorien er sammenlignbare mht til fôr. I India er det langt inn på 2000-tallet vanlig å bruke tradisjonelt fôr som egenproduseres av oppdretter. Industrielt fôr fra formøller er fortsatt for dyrt for mange som driver tradisjonelt og ekstensivt. Men fôrindustriene er i vekst og de fleste av de multinasjonale fôrselskapene er etablert i India.

Vi har i prosjektet anslått at 6 % av kategoriens produksjon brukte moderne industrielt fôr i 2000, og stipulert at det i 2019 lå på 15 % og 20 % i 2030. Vi regner med en fôrfaktor på 2. Se vedlegg 12 for mer detaljer.

Dette er forsiktige anslag på medgått industrielt fôr, ut fra det vi har dekning for i kildene som er angitt fram til etter 2010. Det kan være at industrialiseringen har gått noe raskere enn det vi anslår, det siste ti-året. Vi ser at lite av produksjonen fôres med moderne industrielt fôr. Det vil være svært interessant, ikke minst ut fra et bærekraftsynpunkt, å kunne gå i dybden på det tradisjonelle fôret og se på hva slags effektivitet og fôrfaktor det kan gi. Mye av det tradisjonelle fôret i Asia kommer fra biprodukter fra matproduksjon, som i seg selv er gunstig i bærekraftsammenheng. Det faller imidlertid utenfor rammen av denne rapporten.

Karpeoppdrett er mer komplisert å beskrive enn annen oppdrett når det kommer til fôr. Det er liten andel av fôret som er industrielt forarbeidet, det er mange lokale varianter av det tradisjonelle egenproduserte fôret og det er dessuten knyttet omfattende gjødslingsprogrammer til oppdrettsvirksomheten. Gjødslinga har som oppgave å skape både oppblomstring av planter/organismer som er næring for fisken, i tillegg har gjødsla (naturgjødsla) egen næringsverdi.

Vi kommer tilbake til gjødsling i neste avsnitt om ufôra fiskoppdrett.

5.13 Kinesiske ufôra karper

I tillegg til å analysere global akvakulturs forbruk av fôr, er det et viktig mål for denne rapporten å sette de ulike delene av global akvakultur i perspektiv og gi en samlet oversikt. Derfor gir vi også litt plass til ufôra fiskoppdrett, som handler om sølvkarpe og storhodekarpe (to arter i slekta *Hypophthalmichthys* hhv spp *molitrix* og *nobilis*). Kategorien hadde en produksjon på 8,2 mill tonn i 2019, det utgjorde vel 13 % av samlet akvakultur₂ samme år. Årlig vekst har ligget på mellom 3 og 4 % siden år 2000.

⁵ Med premix menes et fôrtilskudd av mikronæringsstoffer, typisk vitaminer og mineraler som trengs i små mengder, men som ikke er til stede i fôrets hovedingredienser.

Artene opptrer både som monokultur og i polykultur. Som monokultur er de helt ufôra i vekstfasen, men som nyklekte larver tilleggsfôres de til en viss grad med gras. Selv om den er ufôra i vekstfasen, tilsettes dammene gjødsele for å stimulere veksten av planteplankton som er hovednæringskilde i den beitebaserte ernæringa.

De ufôra artene opptrer ofte i polykultur og er da sammen med arter som ellers kan være fôra i monokultur. Polykultur kan omfatte ulike karper, men også tilapia. Polykultur er interessant bl.a. fordi det er en tradisjonsrik måte å skape symbiotiske biotoper på som gir mangeartet produksjon. Polykulturen er dessuten fleksibel mht til fôring. Den kan drives nesten uten fôr, eller bare med tilsetning av gras. Men den kan også variere på lave fôringsgrader dersom det er billige lokalt tilgjengelige overskuddsfôringredienser (se figur 14).

Kinesisk polykultur. Ulike fiskeslag (m ulik ernæring) oppdrettes i sammen med høy øko-logisk synergieffekt:



- a) graskarpe (makroplanter),
- b) wuchang-brasme (makroplanter),
- c) sølvkarpe (phytoplankton),
- d) storhodekarpe (phyto- og zooplankton),
- e) tilapia spp. (finpartikkler, inkl plankton),
- f) svartkarpe (musling og snegl),
- g) vanlig karpe (bunndyr, dødt org materiale, gjødsele)
- h) slamkarpe (s. molitorella) s.s. g)

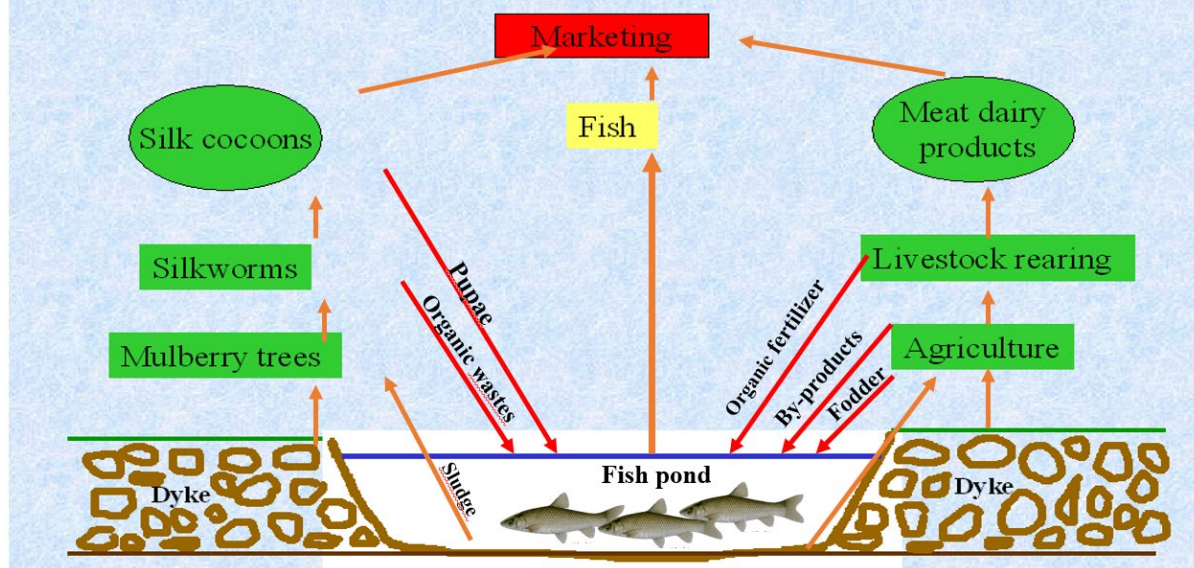
Vanlig også i andre asiatiske land, bl.a. India

Figur 14: Kinesisk polykultur. Ulike fiskeslag (med ulik ernæring) oppdrettes sammen med høy økologisk synergieffekt

Kilde: FAO (1983)

I figur 15 ser vi også en illustrasjon av gjensidig utnyttelse av biprodukter i hhv akvakultur og landbruk, her representert ved silkeproduksjon.

The success of Chinese polycultures is based on the integration of fish culture with agriculture and livestock farming



Figur 15: Kinesisk polykultur basert på integrert akvakultur, åkerbruk og husdyrhold

Kilde: FAO (1983)

Illustrasjonen over viser fiskoppdrett i kombinasjon med silke-, kjøtt- og melkeproduksjon. Biprodukter fra de ulike produksjonene blir innsatsfaktor i de andre.

Vertikalt landbruk, «bioponics» og «aquaponics»

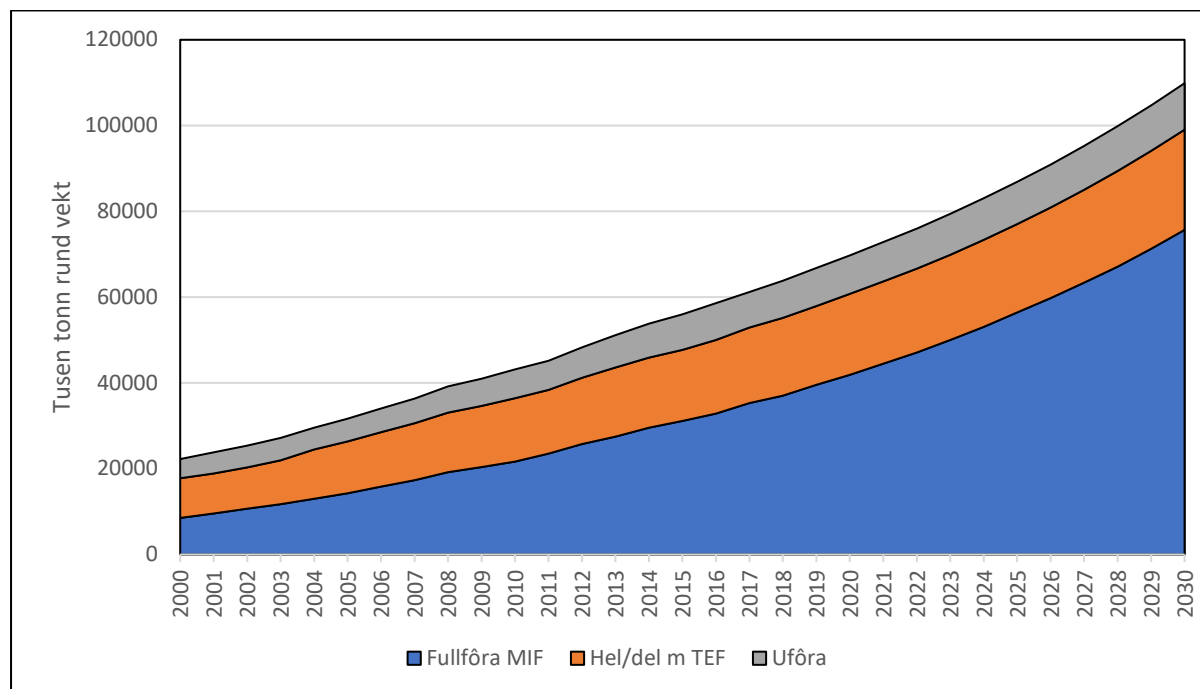
Vertikalt landbruk, bioponi, akvaponi og ernæring for fisk i «bioflock» (næringspartikkelskyer i vann, ofte i tiknytning til næringsrikt slam) er moderne driftsteknologier som er under utvikling og delvis i bruk eksperimentelt og kommersielt. Dette dreier seg om sirkulærøkonomiske prinsipper som ligner mye på den tradisjonelle kinesiske og asiatiske ufôra-teknologien som beskrives over. Poenget er å holde næringsstoffene i sirkulasjon i (mer eller mindre) lukkede biologiske kretsløp. Slik sett har det også en del til felles med RAS (Resirkulerende Akvakultur System) i landbasert saltvannsoppdrett, der gjenvinning av næringsstoffer er en del av poenget.

5.14 Restkategori

Når vi har summert de 13 foregående kategoriene får vi en rest i forhold til FAOs totale tall for produksjon. Denne resten har i de siste 12 årene ligget på 7 prosent. Den blir lavere etter hvert som statistikksystemet og landenes innrapportering blir mer og mer presis. I våre beregninger av fôrforbruk lar vi den gjennomsnittlige sammensetningen av fôr til de 13 kategoriene vi har inne i modellen, og som utgjør 93 prosent, også gjelde for de resterende 7 prosent.

5.15 Samlet fôroversikt, global akvakultur

Tallgrunnlaget over gir oss mulighet til å beregne utviklingen av volumet i de ulike drifts- og fôringsystemene i akvakultur₂ (dvs. fisk og krepsdyr). Siden vi mangler nødvendige tall og definisjoner for å skille II a) fullfôra oppdrett med TEF og II b) tilleggsfôra og/eller gjødsla oppdrett (ref. kap. 3.3) slår vi disse sammen til en kategori. Nedenfor opererer vi da med de tre kategoriene: I) fullfôra med MIF (moderne industrielt fôr), II) full- og tilleggsfôra med TEF (tradisjonelt egenprodusert fôr) og III) ufôra oppdrett. Se figur og tabell nedenfor:



Figur 16: Beregnet produksjon av fisk og krepsdyr (rund vekt) med ulike fôringsregimer, hhv. MIF, TEF og ufôra

Tabell 8: Produksjon og andel av fisk og krepsdyr i ulike drifts- og fôringsystemer (rund vekt)

	Fullfôra m MIF		Full-/tilleggsfôra m TEF		Ufôra		Totalt
	1000 tonn	%	1000 tonn	%	1000 tonn	%	1000 tonn
2000	8528	38 %	9250	42 %	4479	20 %	22257
2010	21663	50 %	14768	34 %	6710	16 %	43142
2019	39565	59 %	18375	28 %	8853	13 %	66793
2030 progn.	75679	69 %	23373	21 %	10827	10 %	109879

MIF = Moderne industrielt fôr

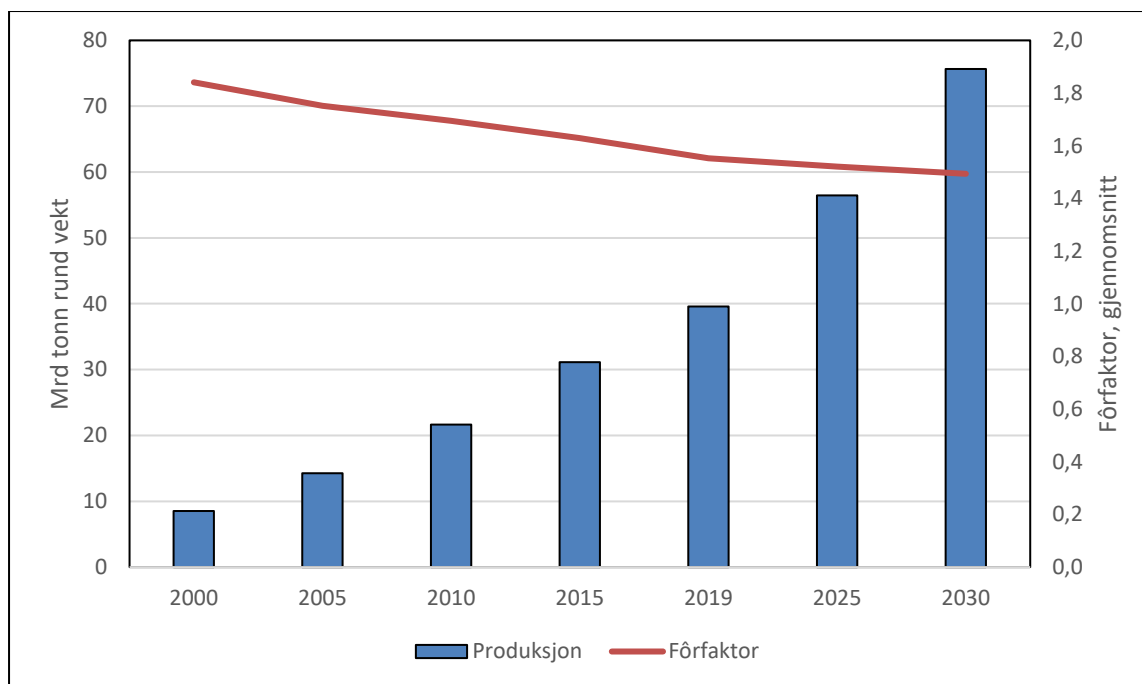
TEF = Tradisjonelt egenprodusert fôr

Vi ser over at fullfôra akvakultur₂ med moderne industrielt fôr vokser sterkt og er nærmere femdoblet i volum fra 2000 til 2019. Andelen av global produksjon har økt fra knapt 40 % til knapt 60 % i samme tidsrom. Både «ufôra akvakultur₂» og «full- eller tilleggsfôra akvakultur₂ med tradisjonelt egenprodusert fôr (TEF)» vokser og doubler seg i perioden 2000 til 2019. Men andelen av global produksjon synker fra 20 % til 13 % for ufôra fiskoppdrett og fra 42 % til 28 % for kategorien full- og tilleggsfôra med TEF.

Fôrfaktor

Vårt tallmateriale gjør det mulig å beregne utviklingen av gjennomsnittlig fôrfaktor i den delen av global akvakultur₂ som er fullfôra med MIF.

I tabellen og figuren nedenfor ser vi at fôrfaktoren har gått ned fra 1,84 til 1,55 i perioden 2000 til 2019, og at vår modell predikerer at den går ned under 1,5 i neste tiår.



Figur 17: Fullfôra akvakulturproduksjon av fisk og krepsdyr med moderne industrielt fôr og fôrfaktor, veid gjennomsnitt (2000-2030)

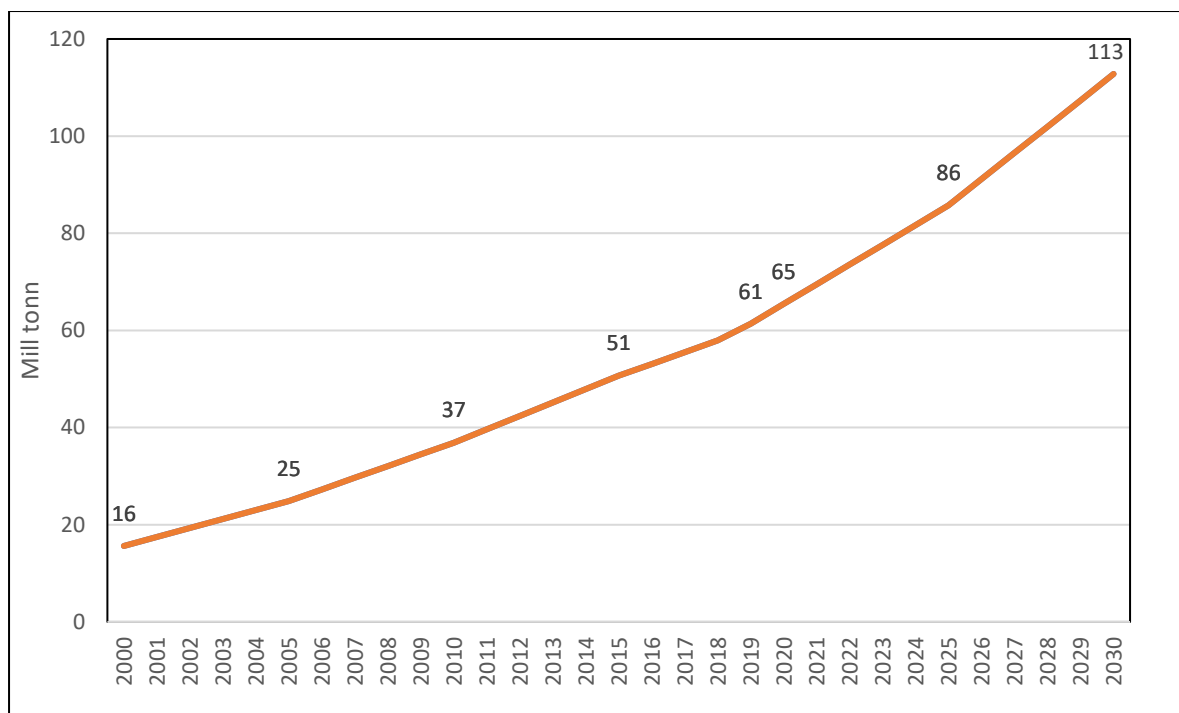
Tabell 9: Fullfôra produksjon av fisk og krepsdyr (mrd tonn) med industrielt fôr og fôrfaktor (2000-2030)

År	2000	2005	2010	2015	2019	2025	2030
Fullfôra MIF produksjon	8,5	14,2	21,7	31,1	39,6	56,4	75,7
Veid snitt fôrfaktor	1,84	1,75	1,70	1,63	1,55	1,52	1,49

2025 og 2030 prognose

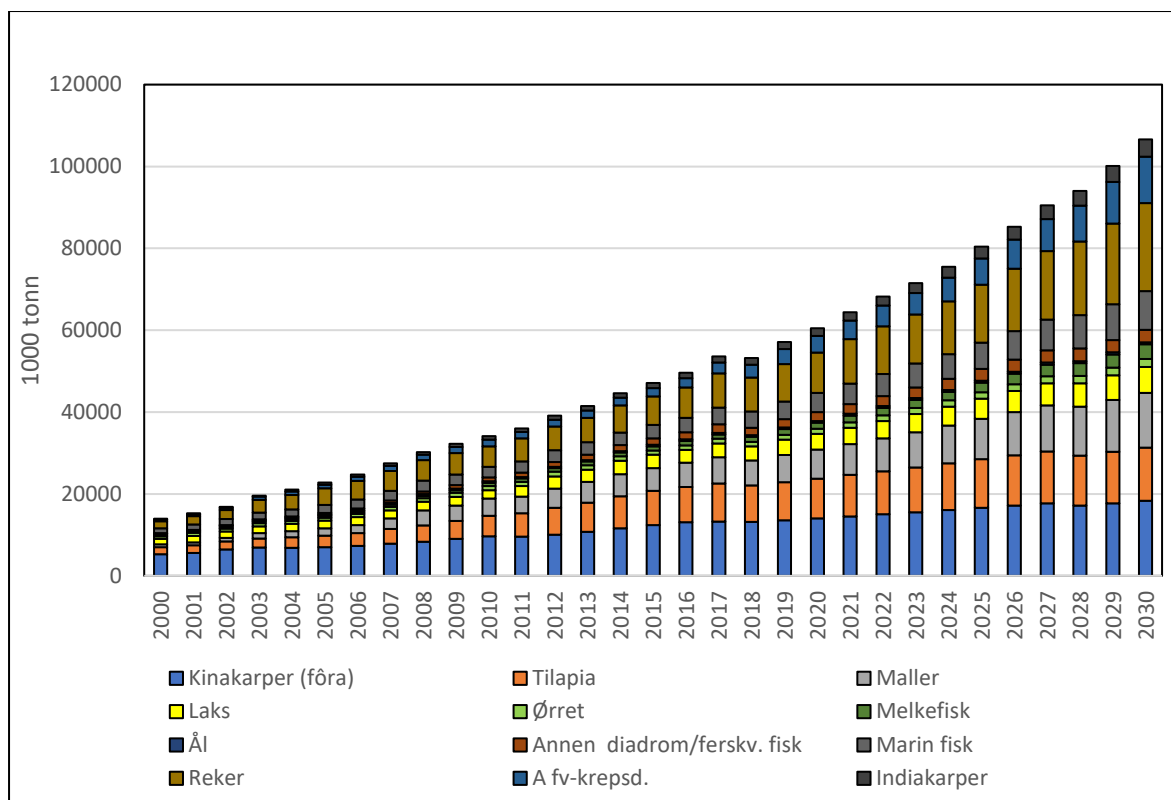
Hvor mye fôr går med, og hvem eter fôret

Vi ser i figuren nedenfor (Fig. 18) at fôrforbruket i industrialisert akvakultursektor øker og at forbruket av MIF var 16 mill tonn i år 2000, det ligger på 61 mill tonn i 2019 og vil øke til 113 mill tonn i 2030 iht til prognosen.

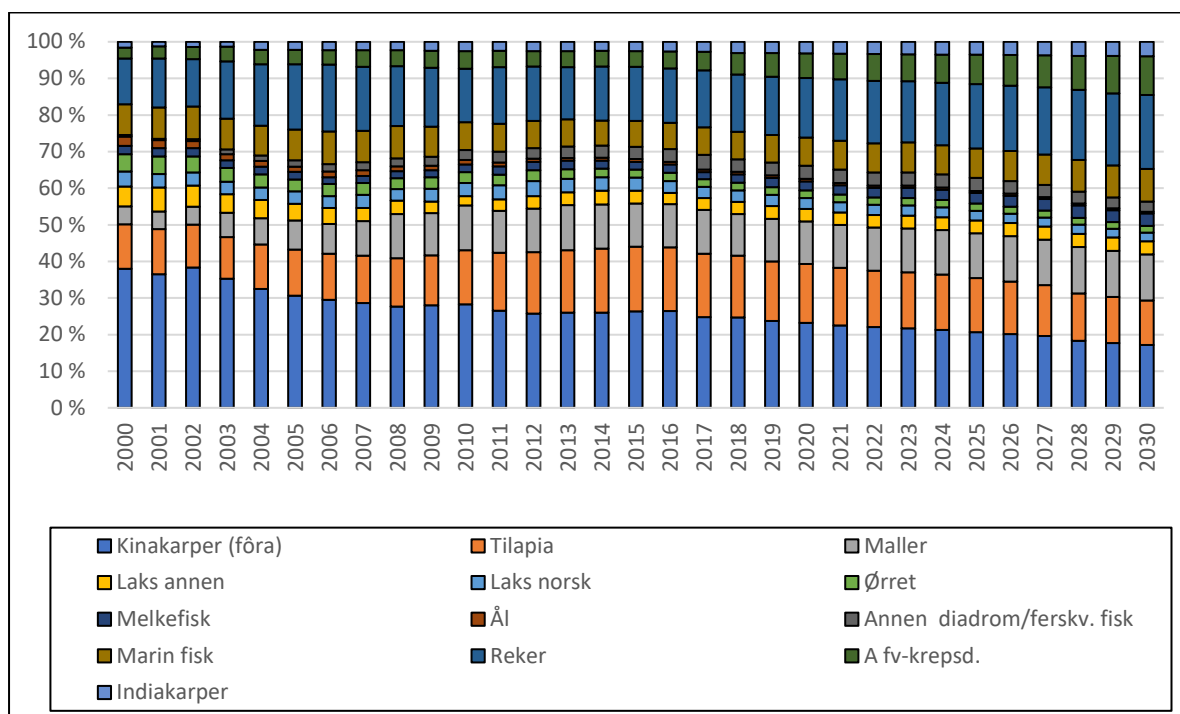


Figur 18: Medgått moderne industrielt fôr (MIF) i fôra oppdrett av fisk og krepsdyr basert på FAO-statistikk tom 2019 og Tacon og Metians metode for prognose fram til 2030

I figurene 19 og 20 nedenfor ser vi det globale forbruket fordelt på ulike kategorier av fisk og skalldyr, hhv etter vekt og prosent av det globale volumet. Vi kan notere at norsk laks eter 3,1 % av globalt moderne industrielt akvafôr i 2019. Andelen var 4,1 % i 2000 og blir 2,3 % i 2030, etter prognosene. Årsaken til denne nedgangen ligger i at det er andre produksjoner som vokser raskere en norsk laks, og mange av produksjonene har «etterslep» i industrialiseringsprosessen og overgang til fullfôring med MIF.



Figur 19: Medgått moderne industrielt fôr (ref. tab. 18) fordelt på kategorier produksjonsdyr i fôra akvakultur₂, 1000 tonn.



Figur 20: Medgått moderne industrielt fôr i prosentandel av totalt beregnet fôrforbruk globalt. Laksekategorien er delt i norsk og annen laks.

Som vi ser av figur 20 går andelen fôr til norsk laks ned på tross av den store veksten i volum. Årsaken til dette er at andre oppdrettsarter vokser enda mer. Dette kommer av at industrialiseringa i norsk laksoppdrett allerede har kommet langt. Mye av potensialet i effektivisering av fôringa er allerede utnyttet og derfor er veksten lavere enn gjennomsnittet i verdens akvakultur, som fortsatt er i intensiveringsfasen.

Kapittel 6. Næringsinnhold i fôr og fisk

6.1 Næringsinnhold i fôr

I denne rapporten går vi ikke i dybden på næringsinnhold i fôr, men har som mål å gi en oversikt over hovedtrekk i ressursomsetningen i global kraftfôrbasert kjøttproduksjon og akvakultur. Vi regner at fôret består av fire kategorier næringsstoffer: protein (egenproduserte og essensielle aminosyrer), fett (lipider), karbohydrater og mikronæringsstoffer (vitaminer, mineraler etc.). Samlet gir disse næringsstoffene energi (brutto og fordøyelig). Vi kvantifiserer og sammenligner innsatsen av protein og energi i de ulike produksjonene og sammenligner i forhold til humanernæring. For at det ikke skal bli for omfattende, nøyer vi oss med noen viktige og lett tilgjengelige oppdrettsarter innen fisk og krepsdyr pluss kylling og gris.

Tabell 10: Næringsinnhold i kraftfôr/moderne industrielt fôr (vekstfôr)

Fôr og næringsinnhold - for produksjonsdyr:		Kraftfôr / Moderne industrielt fôr til							
		Laks (atl.)	Dorade/ havabbor	Reker (WL)	Tilapia (N)	Karpe (R&C)	Malle (Afr)	Gris	Kylling
Total energi	MJ/Kg	25,2	18,5	13,6	14,05	14	19		
Fordøybar energi	MJ/Kg	22,4	16,5	12	12,4	12	16	13,6	13,4
Protein	%	35 %	45 %	35 %	32 %	32 %	45 %	15 %	21 %
Fett	%	39 %	16 %	7 %	6 %	6 %	14 %		
Karbohydrater	%	9 %	9 %	15 %	24 %	25 %	18 %		
Rest	%	17 %	30 %	43 %	38 %	37 %	23 %		

Kilder: Næringslivskilder se tekstboks på neste side. Kylling og gris: National Research Council, hhv 1979 og 1994

Kilder og tall for næring i fôr og fisk

Fire bedrifter er representert i referansegruppa for prosjektet, i tillegg har vi hatt dialog med et antall bedrifter utenfor gruppa. Vi har lovt bedriftene å holde konkrete opplysninger fortrolige, og ikke publisere med mindre det kan gjøres på en anonymisert måte.

På denne måten har vi fått opplysninger både om noen typiske resepter som angir hvilke råvarer som (i konkrete tilfeller) er brukt til å tilfredsstille en konkret fôrformulering (fôrformulering = gitt næringsinnhold til konkret akvakulturproduksjon). Det er viktig å notere at resept og fôrformulering er forskjellige ting. En fôrformulering kan i prinsippet tilfredsstilles med uendelig mange ulike råvarekombinasjoner, dvs resepter. Dette er ikke vanskelig. Det er det samme som å si at du kan få tilfredsstilt et bestemt næringsbehov med mange slags dietter/kosthold.

Eksempelvis har vi fra bedrift(er) fått opplyst at næringsinnholdet i laksefôr gjennomsnittlig inneholder 25,2 MJ/kg energi brutto som leverer 22,4 MJ/kg netto fordøyelig energi til laks. Innholdet av protein, fett og karbohydrater i % av fôret er hhv 35, 39 og 9. For laksefôr kan vi kontrollere opplysningene fra vår(e) kilder med å sammenlikne med Nofima-rapporten fra 2019 (Aas, et. al., 2019) der det i tabell 3, s 15, står at norsk laksefôr i 2016 hadde 23,7 MJ/kg i energi, og for protein, fett og karbohydrater i % av fôret hadde hhv 35,6, 33,5 og 11. Det er mao godt sammenfall og vi velger å stole på vår(e) næringslivskilde(r), se tabell 10 over. Når det gjelder næringsinnhold i det ferdige produktet/produksjonsdyret (rått råstoff etter slakting, se rapportens avsnitt 6.4.) har vi brukt det amerikanske landbruksdepartementets (USDAs) matdatasentral (FoodData Central), forkortet USDA/FDC som kilde. Se vedleggene 17 og 18 som er basert på slike data.

Det må understrekes at når det står Fiskeridirektoratet C og Nofima i kolonneoverskriftene i vedlegg 17 og 18 betyr ikke det at ernæringsdata er hentet derfra. Det betyr bare at vi har hentet eksempler på anslag for «spiselig del» derfra. Nofima har brukt 65 % spiselig del i sine lakserapporter, mens Fiskeridirektoratets offisielle omregningstall for ulike beskjeringsgrader ved filetering varierer fra 55,8 prosent ved «C-trim» til 63,3 prosent ved «A-trim». I vår rapport har vi valgt å bruke 62 prosent som standard. Vi problematiserer denne vurderingen i rapportens avsnitt 6.4.

Vi ser i tabell 10 at energitettheten i moderne industrielt fôr varierer sterkt mellom ulike produksjonsdyr, i vårt utvalg fra over 22 MJ/kg for laks, til ca. 12 MJ/kg for store grupper ferskvannsfisk. Laksen og saltvannsfiskene dorade og havabbor kan ikke nyttiggjøre seg karbohydrater til å produsere energi og fett slik grisen er spesialist på. Laksen og saltvannsfiskene må ha fett i fôret for å produsere fett i kjøttet. De store ferskvannsproduksjonsdyra, maller, karper, tilapia og til en viss grad ferskvannsreker kan utnytte karbohydrater i fôr.

Vi ser i nevnte tabell over at en stor og varierende post er «rest». Denne resten skjuler jevnt over et par prosent aske, en prosent eller to med mikronæringsstoffer, gjerne i form av en tilsatt «premix». Det overskytende er i stor grad vann. Vanlig lav vannholdighet i moderne industrielt fôr ligger på rundt 10-12 % (ref. standard lagervare korn 13 %). Men moderne laksefôr skal være ekstra tørket for å få plass til det høye fettinnholdet som kreves. Laksefôret inneholder derfor lite vann. Nofima -

rapporten (Aas, et al. 2019) regner at det er 93,4 % tørrstoff i fôr til norsk laks i 2016. Det betyr at laksefôret inneholder 6,6 % vann. I så fall inneholder det vel 10 % mikronæringsstoffer og aske. Dersom vi legger til grunn Skrettings tall (ref. figur 19) på ca 2 % mikronæringsstoffer sitter vi igjen med vel 8 % aske.

Tabell 11: Næringsinnhold i fôr til laks, næringslivskilde, se tekstboks over.

Næringsinnhold i fôr til laks (anslag, se tekst)		
Total energi	MJ/Kg	25,2
Fordøybar energi	MJ/Kg	22,4
Protein		35 %
Fett		39 %
Karbohydrater		9 %
Mikronæringsstoffer premix		2 %
Aske		8 %
Vann		7 %

På den annen side brukes det i en del av Asias ferskvannsoppdrett mer vannholdig fôr. Kumar (u.d.) deler inn kategoriene tørrfôr og såkalt «semi-moist» som over og under 12 % vann (tørrfôr 4 % – 12 % og såkalt «semi-moist» 12 %– 35 %).

6.2 Fôromsetning

Fôring av husdyr (i prinsippet all ernæring av levende dyr og mennesker) gir energi, byggesteiner og katalysatorer til livsfunksjoner; som fordøyelse, åndedrett og sirkulasjon, bevegelse, vedlikehold av kroppstemperatur (hos varmblodige), forplantning (særlig hos hunndyr) og oppfostring (ammung, og evt. mating, gjeting, forsvar av avkom etc.). Det som er igjen av energi og næringsstoffer (etter det nevnte) blir tilgjengelig for oppbygging av kropp, hvor muskelmasse (og evt. noe innmat) blir til spiselig mat for mennesker. Det er en forholdsvis liten del av totalen. I ville økosystemer slår dette ut i at 90 % av energien går tapt mellom trofiske nivåer, dvs. når et høyere nivå beiter på et lavere nivå i næringskjeden (Store Norske Leksikon, 2019).

I kunnskapsbasert oppdrett av husdyr, det være seg i agri- eller akvakultur, kan tapet være lavere. Helt ned mot 70 %, skal vi se.

6.3 Energi- og proteintetthet i fôr, ulikheter mellom landdyr og fisk

Vi ser i tabell 10 at energi- og proteintetthet i standard moderne industrielt fôr varierer. Laks får det mest energitette fôret, dorade/havabbor ligger lavere mens gris og kylling ligger lavere enn det igjen. Mht. til proteininnhold er det dorade og havabbor som får det tetteste fôret.

Økonomisk fôrfaktor er et viktig mål på fôreffektivitet og overordnet effektivitet i all fôra husdyroppdrett. En endring i fôrfaktor sammenfatter endringer i 1) selve fôrets

fordøyelighet og egnethet ellers, 2) dyrets utnyttelsesevne som kan variere med avl 3) evt. sløsing med fôret i oppdrett og 4) dødelighet i populasjonen av oppdrettsdyr etc. Men sammenligning av fôrfaktor gir bare mening innenfor samme oppdrettsart og -teknologi. Å sammenligne fôreffektivitet ifm humanernæring i f.eks. oppdrett av gris og oppdrett av havabbor på basis av fôrfaktor blir meningsløst, dersom vi ikke tar fôrets innhold i betraktning. For vi vet at gris har en fôrfaktor på ca. 3 og havabbor på ca. 2, og samtidig vet at sistnevntes fôr har tre ganger så høy proteintetthet som førstnevnte. Se oversikten i tabell 12 nedenfor.

Tabell 12: Energi- og proteintetthet i fôr, samme kilder som i tabell 10 over

		Laks	Dorade/ havabbor	Gris	Kylling
Fordøybar energi	MJ/Kg	22,4	16,5	13,61	13,38
Protein	%	35 %	45 %	15 %	21 %
Fordøybar energi	Indeks - gris = 100 %	165 %	121 %	100 %	98 %
Protein	Indeks - gris = 100 %	233 %	300 %	100 %	140 %

Vi skal gå nærmere inn på dette lenger ned, kapittel 6.7.

6.4 Produksjonsdyr, levendevekt, slaktevekt og spiselig del

Slakting består i prinsippet i:

- 1) blodtapping, stikking/bløgging av det avlivede dyret
- 2) deretter åpne dyret, ta ut innvoller, ta ut spiselig innmat, legge en forseglet fordøyelseskanaal til side som risikoavfall og evt. gjenvinning av tarm til pølse, løype til ysting etc.
- 3) for landdyr, og i noen tilfeller for fisk og kylling, skal dyret flås
- 4) for fisk og krepsdyr kan hode beholdes på eller fjernes, for krepsdyr da samtidig med pilling. For fisk kuttes spord. For landdyr fjernes hode (råvare til smalahove og hodesylte gjenvinnes evt.). For landdyr kuttes også klauver/labber/hale.

Når det levende oppdrettsdyret kommer til slakteri, snakker vi om *rund vekt* eller *levende vekt*. Når det over nevnte (1 – 4) er fjernet fra det avlivede dyret snakker vi om *slaktevekt*.

Etter at slakting er gjennomført er det *partering* og *skjæring* (evt. filetering) som er neste steg i prosessen før dyret blir salgbar mat til mennesker.

For kylling er det hos oss fortsatt et visst forbrukermarked for hele og halve kyllingslakt, men da mer og mer i form av ferdig grillet fugl i tilknytning til ferskvaredisk i butikk. I vestlige land er det mer og mer flådd og renskåret såkalt brystfilet som etterspørres. Lår og vinger blir overskuddsvare med lave priser. Skinn og fett går nå til gjenvinning, sammen med fjær og beingrind. I mange utviklingsland og

mellominntektsland vet vi det er annerledes, med både hele slakt og levende dyr som forbrukervare.

For gris og andre landdyr er utviklingen tilsvarende. For en generasjon siden var svinekoteletter søndagsmat, nå selges det samme kjøttet i stadig stigende grad bein- og hinnefritt i form av svinefilet, og er blitt hverdagsmat. For storfe er det biff i form av fileter, evt. entrecôte eller til nød mørbrad som teller. En stadig større del av dyret blir deig eller er uselgelig (lever, nyrer etc.) og blir eksportert til fattigere land med intakt mattradisjon eller det går til gjenvinning til fôr.

For fisk er utviklingen tilsvarende. Mens det for en generasjon siden var vanlig å kjøpe hel fisk og tilberede fiskemåltidet på eget kjøkken, er det nå mindre og mindre aktuelt i den vestlige verden, også i land hvor det er vanlig å spise mye fisk.

Mer og mer av fisken, eksempelvis både laks og torsk, selges som renskåret skinn- og beinfri filet, eller ryggfilet/-loin.

Etter skjæring (og evt. fratrekking av bein) kan vi snakke om spiselig del av dyret. Det finnes gode empiriske og offisielle tall for forholdet mellom levendevekt, slaktevekt og spiselig del for de viktigste artene.

Det norske fiskeridirektoratet (2018) oppgir i følgende konverteringstall fra slaktedel til rund fisk. I. Fersk kjølt laks sløyd er 83 % (= 1/1,2) av rund vekt. Hvis den i tillegg er uten hode er det 71 % (= 1/1,4). Når laksen er omgjort til renskåret skinn- og beinfri filet er produktet satt til fra 63 % til 56 % (= 1/1,579 [a-trim] – 1,791 [c-trim]) av rund vekt. Disse tallene er oppgitt av direktoratet til FAO, som sammenstiller dem med tall som er i bruk av andre lands fiskerimyndigheter, og som kan variere noe.

OECD-land og gjenvinning av biprodukter

I vestlige høyinntektsland er det som nevnt en tendens til at bare de mer attraktive delene av dyret spises direkte, og at det blir stor andel biprodukter/slakterester. Disse landene har til gjengjeld høy eller økende industrialisering av slakting og restråstoff etter slakting blir i høy eller økende grad gjenvunnet. En stor del av dette råstoffet som ikke går direkte til mat blir til protein- og/eller mineralrikt fôrmel.

I laksoppdrettsnæringa som stort sett er industrialisert og finner sted i relativt rike land gjenvinnes nesten alt. I et økologisk bærekraftperspektiv er sentralisert slakting bra, siden det gjør det mulig med effektiv oppsamling av biomasse i form av innmat, hode, spord, finner og avskjær. Avskjær og andre rester fra fiskeindustri står i dag for ca. 27 % av verdens produksjon av fiskemel (mer om dette i kapittel 7.5). Når det gjelder laksen, så resirkuleres lakseoljen til laksefôr, men veterinærreglene gjør at laksemel må gå til fôr til andre arter.

Det er et viktig sirkulærøkonomisk framskritt at biproduktene fra slakting av fisk og landdyr gjenvinnes til mel og fett. Men som innsatsfaktor til fôr i en ny runde i næringskjeden vil i beste fall mer enn 50 % av næringsverdien gå tapt, i verste fall opp mot 90 %.

Utviklingsland

I utviklingsland med lavere inntektsnivå er det hel sløyd fisk som vanligvis omsettes til forbruker (noen ganger også levende, eller bare bløgget fisk) og hele fisken brukes i supper eller gryteretter. Afrikamalle (*Clarias gariepinus*) er et godt eksempel. Total produksjon 2019 var på 235 tusen tonn hvorav 67 % i Nigeria hvor oppdrett startet i 2001. Den har hatt jevn vekst siden. Hvis vi går ut fra at bare innmat etter sløyning og for øvrig bare bein, hodeskalle og gjeller blir til overs er vi fort opp mot en «spiselig del» på 90% (= 1/1,1).

Indiakarper (Rohu mfl) med produksjon på 5,8 mill tonn i 2019 spises bl.a. i India, Pakistan, Bangladesh og Myanmar. Denne fisken omsettes og brukes i stor grad på samme måte som afrikamallen i lokale markeder. Men store fine fisker blir i økende grad iset og sendt til et nasjonalt og mer betalingsdyktig marked i storbyene. Da går det i retning av vestlig bruk og «svinn» uten gjenvinningssystemer.

6.5 Næringsinnhold i fisk til humanernæring

I tabell 13 gjengir vi næringsinnholdet i rå fisk (sløyd). Vi begrenser oss i denne sammenhengen til å kvantifisere protein og fett i prosent. Det er ikke karbohydrater i fisk. Så dersom man summerer protein og fett og legger til ca. en prosent aske så er det resterende vann. Oppdrettsfisk er jevnt over feitere enn sine ville artsfrender og har dermed også lavere vanninnhold. Eksempelvis har atlantehavslaks fra oppdrett 20,4 % protein, 13,4 % fett, 1,13 % aske og 64,9 % vann (sum 99,8%, resten er mikronæringsstoffer og feilmargin). For den ville laksen er tallene hhv 19,6 %, 6,34 %, 2,54 % og 68,5 % (sum 97,0 %). Torsk som er en supermager fisk har til sammenligning 17,8 % protein, 0,67 % fett, 1,16 % aske og 81,2 % vann (sum 100,8 %, over nevnte tall fra USDA/FDC, 2019).

Tabell 13: Humanernæring (protein og fett) i fra fôra arter i oppdrett, innhold i rå spiselig vare

Humanernæring (protein og fett) ved fôrede arter i akvakultur							
engelsk	latin	norsk	global prod i mill tonn		Protein %	Fett %	Kilde
			2018	2019			
Laks og feitfisk (f>6,5 %)							
Eel - European	Anguilla anguilla	ål	0,01		23,2 %	14,7 %	USDA/FDC
Atlantic salmon	Salmo salar	atlantisk laks	2,44	2,62	20,4 %	13,4 %	USDA/FDC
Atlantic salmon	Salmo salar	atlantisk laks	2,44	2,62	18,4 %	12,0 %	Nofima
Halibut, Atlantic	Hippoglossus hippogl.	kveite	0,00		16,2 %	10,4 %	Nofima
Halibut, Bastard - Fl	Paralichthys olivaceus	japansk flyndre/kveite	0,04		16,2 %	10,4 %	sso
Pompano, Golden [Trachinotus carolinus		0,00		18,5 %	9,5 %	USDA/FDC
Pompano (i Kina)	Trachinotus spp		0,13		18,5 %	9,5 %	sso
Salmon, Pacific (5)	Oncorhyncus, ex mykiss	stillehavslaks (bl.a. Coho)	0,18		21,3 %	7,7 %	USDA/FDC
Karper - Kina-karper fôra			14,2	14,3	22,9 %	7,2 %	fitbit.com
Karper - Kina-karper ufôra			8,06	8,24	22,9 %	7,2 %	sso
Karper - India-karper fôra			5,65	5,80	22,9 %	7,2 %	sso
Arctic Charr	Salvenius alpinus	ishavsørøye/røye	0,01		16,1 %	7,1 %	Nofima
Milkfish	Chanos chanos	melkefisk	1,33	1,54	20,5 %	6,7 %	USDA/FDC
Rainbow trout	Oncorhyncus mykiss	regnuebørret	0,85	0,92	19,9 %	6,2 %	USDA/FDC
Mager og halvmager kvitfisk (f<6,5 %)							
Channel catfish	Ictalurus punctatus	kanalmalle	0,39	0,45	15,2 %	5,9 %	USDA/FDC
Catfish, all spp		maller, alle inkl pangasius	5,77	6,26	17,9 %	5,4 %	USDA/FDC (Pgs)
Red Drum	Sciaenops ocellatus		0,07		17,5 %	4,9 %	USDA/FDC
Tuna (T orientalis)P	Thunnus orientalis	makrellstørje	0,03		23,3 %	4,9 %	USDA/FDC
Tuna (T tunnus) Atl	Thynnus tunnus	makrellstørje	0,01		23,3 %	4,9 %	USDA/FDC
Meagre (Croaker)	Argyrosomus regius		0,08		17,8 %	3,2 %	USDA/FDC
Gilt-head Sea Brean	Sparus aurata	dorade/gullbrasme	0,23		18,9 %	2,7 %	USDA/FDC
Turbot	Scophthalmus maximus	piggvar	0,06		15,9 %	2,4 %	Nofima
Sea Bass	Dicentrarchus labrax	havabbor (eur)	0,24		18,4 %	2,0 %	USDA/FDC
Barramundi (= Giant	Lates calcarifer	barramundi	0,09		20,4 %	1,8 %	USDA/FDC
Tilapia nei	Oreochromis spp	tilapia annen	1,03		20,1 %	1,7 %	USDA/FDC
Tilapia, Nil-	Oreochromis niloticus	Nil-tilapia	4,53	4,59	20,1 %	1,7 %	USDA/FDC
Snapper, Spotted R	Lutjanus guttatus		0,00		20,5 %	1,3 %	USDA/FDC
Pike perch	Sander lucioperca	gjørs	0,10		19,1 %	1,2 %	matoppskrift.no
Cod	Gadus morua	torsk	0,00		17,8 %	0,7 %	USDA/FDC
White fish	Coregonus lavaretus	sik	0,00		20,9 %	0,6 %	matoppskrift.no
Sole, Senegal	Solea senegalensis	sjøtunge	0,00		14,8 %	0,5 %	sso
Sole, Common	Solea solea	sjøtunge	0,00		14,8 %	0,5 %	Nofima
Krepsdyr							
Shrimp, Whiteleg	Litopenaeus vannamei	hvit stillehavsreke [Scamp	4,97	5,45	20,1 %	0,5 %	USDA/FDC
Prawn Tiger 3spp	Penaeus mondon + 2 spj	tigerreker	0,79		14,8 %	1,0 %	USDA/FDC
Crayfish (Crawfish)	Procambarus clarkii	kreps/louisianakreps	1,71	2,16	17,4 %	0,8 %	USDA/FDC

Kilder: laks, kveite, piggvar, ishavsørøye; sjøtunge: Nofima (2008); de fleste andre andre fisk og krepsdyr USDA/FDC (udatert); sik og gjørs: Matoppskrift (udatert). Alle på basis av spiselig del. USDA (2020, s. 12): «portions are provided in grams for edible material without refuse (i.e., the edible portion of the food), such as an apple without the core or stem or a chicken leg without the bone.”

6.6 Gris og kylling. Sammenligning av akvakultur og husdyrproduksjon på land

Som vi har sett hos Tacon og Metian og i vår replikering og oppdatering av deres modell, går akvakultur raskt i retning av mer intensiv og industrialisert drift, ikke minst når det gjelder fôr og fôring. Store oppdrettsarter som laks, regnbueørret, dorade og havabbor er allerede oppe på 100% fôring med moderne industrielt fullfôr på global basis. Tilapia er i ferd med å nå 100%. Maller, reker og gruppen saltvannsfisk i oppdrett er kommet over 80%. Vi skal nedenfor sammenligne akvakulturproduksjon med produksjon av svinekjøtt og kylling som også er nær 100 % fullfôra med moderne industrielt fullfôr/kraftfôr.

Kraftfôrbasert husdyrproduksjon på land

Ifølge Agricultural Outlook 2021 – 2030 (OECD/FAO, 2021b) er global produksjon av kjøtt og fisk/krepsdyr fra hhv akvakultur og villfangst i 2019 på hhv 486 mrd, 67 mrd og 73 mrd tonn. Til sammen er det 626 mrd tonn levende vekt kjøtt, krepsdyr og fisk. Slaktevekt er på 448 mrd tonn og butikkvekt/spiselig del er på 350 mrd tonn.

Av animalsk matproduksjon har vi da utelatt egg, melk, ost og andre meierivarer og muslinger fra akvakultur.

For å sette tallene enda mer i perspektiv kan vi notere at World Bank (udatert) oppgir verdens folketall til 7673 millioner i 2019. Det gir 45,6 kg inntak av kjøtt og fisk pr capita på årsbasis i 2019. Det tilsvarer 58,3 kg slaktevekt og 81,4 kg rund/levende vekt. Se tabell 14 nedenfor.

Tabell 14: Global produksjon målt i levende vekt, slaktevekt og spiselig del og prosent av totalproduksjon av kjøtt og fisk.

Produksjon av dyre- og fiskekjøtt 2019					
- Tallene for kjøtt er OECD/FAOs estimerte årssnitt for 2018-2020, fisk FAOs statistikk					
i kt = 1000 tonn	Levendevekt	Slaktevekt	Butikk/sp del	% levende	% spiselig
Storfe (s)	100867	70607	49425	16,10 %	14,10 %
Svin (s)	166071	112928	88084	26,50 %	25,10 %
Fjærfe (s)	194968	130629	114953	31,20 %	32,80 %
Sau (s)	23675	15862	13959	3,80 %	4,00 %
Kjøtt	485582	330027	266421	77,60 %	76,00 %
Kinakarper (f)	14346	11907	8895	2,30 %	2,50 %
Tilapia	6188	5136	3837	1,00 %	1,10 %
Maller	6264	5199	3884	1,00 %	1,10 %
Laks	2869	2381	1779	0,50 %	0,50 %
Ørret (rbø)	940	780	583	0,20 %	0,20 %
Melkefisk	1537	1276	953	0,20 %	0,30 %
Ål	272	226	169	0,00 %	0,00 %
A. diadrom fisk	2470	2050	1531	0,40 %	0,40 %
Marin fisk	3194	2843	1853	0,50 %	0,50 %
Reker	6555	6555	2360	1,00 %	0,70 %
A. krepsdyr	3475	3475	1251	0,60 %	0,40 %
Indiakarper	5803	4816	3598	0,90 %	1,00 %
Kinakarper (uf)	8238	6838	5108	1,30 %	1,50 %
A. fiskoppdrett	4640	3851	2877	0,70 %	0,80 %
Akvakultur2	66791	57333	38675	10,70 %	11,00 %
Villfisk til mat	73253	60800	45417	11,70 %	13,00 %
Sum kjøtt og fisk	625626	448160	350513	100,00 %	100,00 %

Kilde: prosjekttall

Kilde: OECD/FAO (i.a. tab C.4)

Animalsk mat som er utelatt: egg, melk, ost, smør og andre meierivarer og muslinger. Vi følger OECD-FAOs systematikk for kjøtt og regner bare de fire store: Storfe, svin, fjærfe/kylling og sau/lam. Konverteringsfaktorer, hhv rund vekt til slaktevekt og slaktevekt til spiselig del/butikkvekt fra OECD-FAO (kjøtt) og prosjekt tall (fisk/krepsdyr). Se avsnitt 6.4. for sammenheng mellom levendevekt, slaktevekt og spiselig del. Kilder: FAO, 2020; OECD-FAO, 2021. Bearbeidet i prosjektet.

Vi skal nedenfor se nærmere på gris og kylling som utgjør hhv ca en firedel og en tredel av total global produksjon av kjøtt og fisk. Svinekjøtt og kylling produseres i likhet med eksempelvis laks med industrielle metoder, kontinuerlig produksjon og fullfôring med kraftfôr/moderne industrielt fôr. Og de tre er på mange måter sammenlignbare.

Gris

Norsk gris har en slaktevekt på ca 80 kg, som tilsvarer en levendevekt på ca 120 kg. Når det gjelder fôring av gris har vi brukt data fra National Research Council i USA (1979). Vi ser av tallene (se Vedlegg 18 for detaljene) at fôrfaktoren er lav i begynnelsen av avlsperioden og stiger etter hvert. I tabell 15 nedenfor ser vi at den norske grisen på hhv 80/120 kg får en fôrfaktor på ca 3 over ca 190 dagers vekstperiode. Hadde vi slaktet etter 165 dager hadde vi fått 100 kg levendevekt, og en noe lavere fôrfaktor på ca 2,9. Dersom vi hadde slaktet etter ca 115 dager, ville vi hatt levendevekt på 60 kg og fôrfaktor helt ned i ca 2,4. I land med tradisjon for kvalitetsproduksjon til f.eks spekeskinke slaktes det enda mye større gris, selv om fôrfaktoren stiger ytterligere. Dette synliggjør at fôrøkonomi ikke betyr alt. Det er et samspill mellom verdi på kjøttet, fôrøkonomi og slaktekostnader. Om vi ser bort fra pattegris, stiger verdien på kjøttet med større dyr, og slaktekostnadene pr kg går ned, mens fôrøkonomien blir dårligere. For norsk gris balanserer dette på 120 kg levendevekt/80 kg slaktevekt.

Tabell 15: Fôrøkonomi gris

Levendevekt til slakt i kg		60 kg	100 kg	120 kg
Vektøkning pr dag	kg	0,51	0,60	0,62
Antall dager		117	167	192
Fordøybar energi/kg fôr	MJ	14,234	14,219	14,216
Proteinprosent fôr		16,4 %	14,8 %	14,9 %
Fôrmengde	kg	142,4	292,4	367,4
Herav protein	kg	22,6	42,1	50,5
Fôrmengde/kg levende vekt		2,37	2,92	3,06

Kilde: (National Research Council, 1979), beregning i prosjektet

Kylling

Vi går ikke detaljert inn i fôringsforløpet for kylling. Men noterer at fugl vokser raskere enn pattedyr og fisk. Norsk kylling kan være slakteklar med ca 1 kg slaktevekt etter ca 30 dager eller den kan fôres til ca 4 kg etter vel 80 dager. For enkelthets skyld bruker

vi en standard fôrfaktor på 2, som bl.a. brukes av Aas et al. (2019) i «Resource utilization of Norwegian salmon farming 2016».

6.7 Fôreffektivitet mht energi og protein i ulike produksjoner

I vedlegg 17 finnes en oversikt over noen utvalgte produksjoner mht. energi og protein medgått i fôr og videreført som humanernæring i ferdig produkt.

Vi ser som ventet, ut fra grunnleggende økologiske næringskjedeprinsipper, at det er betydelig tap av næringsstoffer i forbindelse med med animalsk produksjon. Tabellene 11 og 12 nedenfor viser hhv beregnet energitap og beregnet proteintap.

Tabell 16: Energitap i ulike animalske produksjoner

Energitap		
Malle (Afr/suppe/gryte)	1	77 %
Karpe (India/suppe/gryte)	2	80 %
Laks (Nofima)	3	83 %
Laks (62)	4	84 %
Karpe	5	85 %
Gris	6	86 %
Laks (F. dir C)	7	86 %
Tilapia (N)	8	88 %
Kylling	9	90 %
Dorade	10	92 %
Havabbor	11	94 %
Reker (WL)	12	94 %

Kilde: Fortrolig informasjon fra fôrprodusenter; USDA/FDC (udatert), beregning i prosjektet (se vedlegg 17 og tekstboks i avsnitt 6.1)

Tabell 17: Proteintap i ulike animalske produksjoner

Proteintap		
Malle (Afr/suppe/gryte)	1	60 %
Karpe (India/suppe/gryte)	2	62 %
Gris	3	65 %
Karpe	4	73 %
Laks (Nofima)	5	74 %
Laks (62)	6	75 %
Kylling	7	76 %
Tilapia (N)	8	77 %
Laks (F. dir. filet C)	9	78 %
Dorade	10	88 %
Havabbor	11	90 %
Reker (WL)	12	91 %

Kilde: Fortrolig informasjon fra fôrprodusenter, USDA/FDC (udatert), beregning i prosjektet (se vedlegg 17 og tekstboks i avsnitt 6.1)

Vi kommer til at det i ernæringsøkonomisk forstand er små forskjeller i fôreffektivitet i de ulike produksjonene nevnt i tabell 16 og 17. Men når det gjelder videreføring av protein fra fôr til humanernæring er gris og u-landsproduksjon av maller og karper noe mer fôreffektive enn gjennomsnittet i de utvalgte produksjonene. Dorade, havabbor og reker er noe mindre fôreffektive mht protein enn gjennomsnittet. Når det gjelder oppdrett av atlantehavslaks er dette en gjennomsnittlig effektiv produksjon på linje med kylling. Vi ser at laks varierer noe med forutsetningene om spiselig del, dvs hvor hardt den fileteres og renskjæres.

Kapittel 7. Råvarer og tilgang på råvarer til akvafôr

7.1 Fôrproduksjon

Vi siterte Tacon og Metian (2015) i avsnitt 1.1 der de beskriver at oppdretternes fôrvalg er avhengig av en rekke biologiske og driftstekniske faktorer, men også

- tilgjengelighet av moderne industrielt fôr (MIF) for den aktuelle oppdrettsart, og
- lokal tilgjengelighet av tradisjonelle ingredienser til fôrproduksjon på oppdrettsbruket (tradisjonelt egenprodusert fôr = TEF)

Etter hvert som moderne industrielt fôr blir mer og mer dominerende blir det fôrindustrien som velger råstoff til fôret ut fra tilgjengelighet og pris.

Fôrindustrien understreker den dynamiske naturen råvareutvelgelsen har. Et best mulig fullfôr for fisk, krepsdyr, kylling, gris og andre dyr skal ha en viss sammensetting (formulering) av protein/aminosyrer, fettsyrer, karbohydrater, fiber og mikronæringsstoffer. Den optimale sammensetningen av fôret kan oppnås med mange ulike kombinasjoner av råvarer.

På dette prosjektets startkonferanse viste Skrettings Trygve Berg Lea nedenstående tabell for å illustrere poenget om at råvarene kan være gjensidig substituerbare i de ulike hovedgruppene protein, fett etc.

Inclusion of different nutrients in Skretting feed

This table gives an overview of the ingredients included in Skretting feeds, together with averaged inclusion percentages.

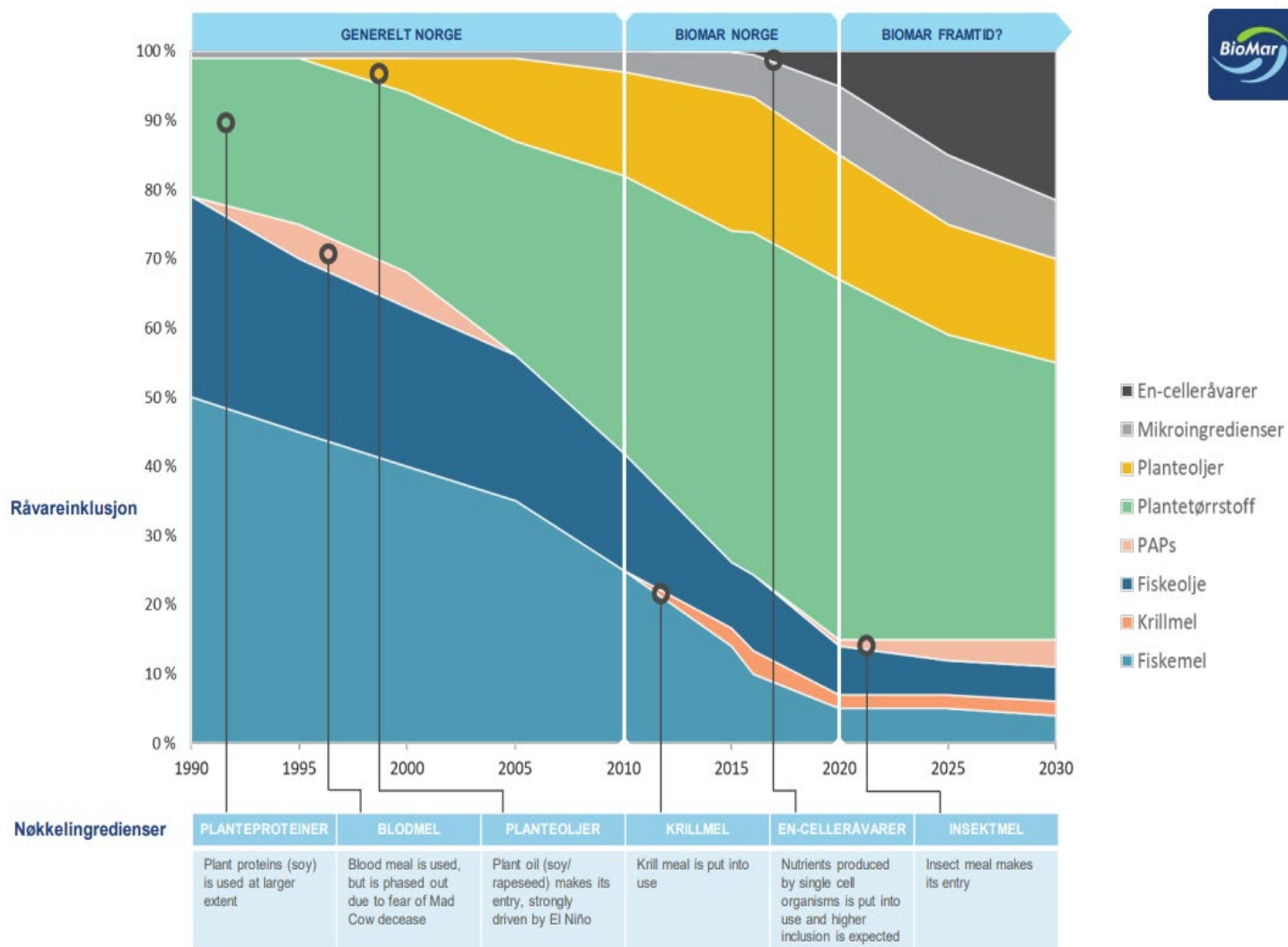


	Primary raw material	Ingredient group	Typical examples	average % inclusion in feed				Average Skretting
				Salmon	Seabass & sea bream	Shrimp ²	Tilapia	
Protein	Wild capture and farmed fish and crustaceans	marine proteins	fishmeal crustacean meal	10.2	20.0	14.8	1.5	12.1
	By-products from farmed land animals	land animal proteins ¹	poultry oil	13.6	15.2	5.7	6.3	16.1
	Agricultural crops	vegetable proteins	wheat gluten corn gluten soybean meal soy protein concentrate rapeseed meal sunflower meal lupin faba	33.6	30.0	36.8	39.8	31.7
Fat	Wild capture and farmed fish and crustaceans	fish oil	fish oil	10.8	8.2	1.3	0.3	6.1
	Agricultural crops	vegetable oils	rapeseed oil soybean oil carnelina oil	17.4	4.1	2.1	0.2	9.4
	By-products from farmed land animals	land animal oils ¹	poultry oil	1.5	1.9	0.1	0.0	1.6
Carbo- hydrates	Agricultural crops	starch raw materials	wheat	10.7	14.4	35.1	47.5	17.5
Micro- nutrients	Micronutrients	vitamins minerals pigments	vitamin premixes mineral premixes pigments	2.2	6.2	4.1	4.4	5.5

¹ Use of land animal by-products will depend upon market acceptance and legislation
² Level of starch raw materials will be different in extruded and pelleted feed

Figur 19: Råvarer, Skretting

På den samme konferansen viste Biomars Vidar Gundersen at bruken av fôringredienser er dynamisk over tid. I dette bildet ser vi at blodmel er faset ut som ingrediens for en god del år siden, at krillmel er en ingrediens som ble aktuell etter 2010 og at insektmel nylig er kommet inn som en ingrediens det er knyttet muligheter/forhåpninger til.



Figur 20: Fôringredienser over tid Biomar

7.2 Konkrete fôrresepter, industriell oppdrett

Vi skal nedenfor se på fire konkrete fôrresepter som er eller nylig har vært i bruk til fire ulike oppdrettsarter: Tilapia og reker som er blant de største oppdrettsartene, og laks og havabbor/dorade som er middelsstore produksjoner, i volum. Vi skal se på nærings sammensetningen i fôret og hvordan dette varierer.

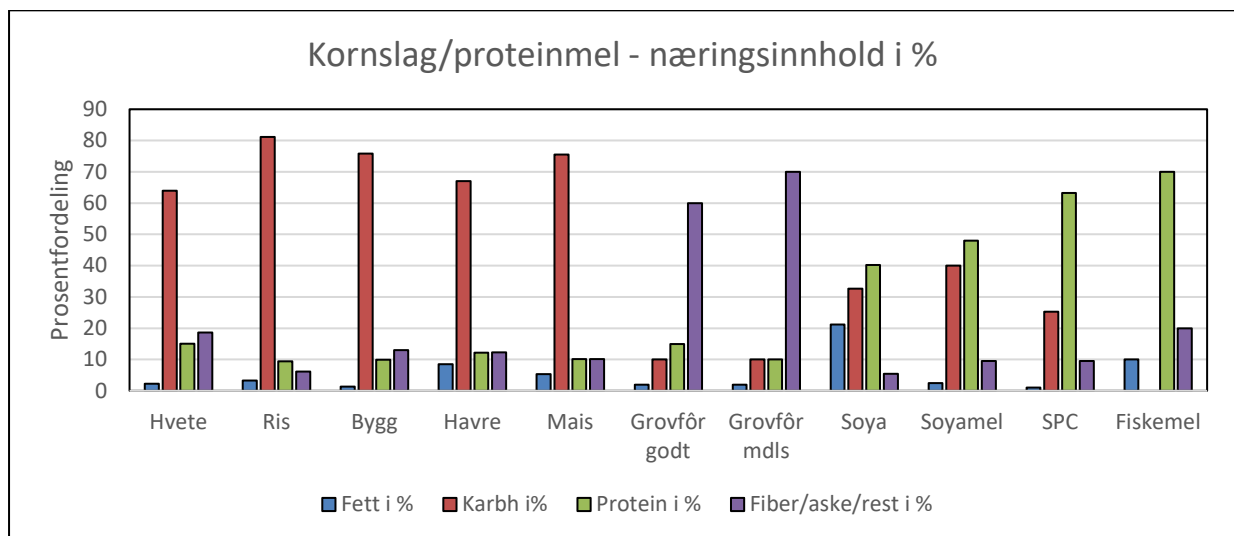
Fargekoder fôringredienser
Protein fra fisk
Fett fra fisk
Protein fra landdyr
Vegetabilsk protein
Vegetabilsk fett
Karbohydrat og bindemiddel
Premiks/mikroingredienser

Tabell 18: Konkrete eksempler på fôrresepter til fullfôra moderne oppdrett. Fordeling i prosent på ingrediens.

Typiske fôrresepter	Tilapia, Kina	Havabbor/dorade, EU	Reker (Lv) Ecuador	Laks Norge (16)
Fiskemel (helt)	6	18	5	11,7
Fiskemel (avskjær)		2	5	2,8
Fiskeolje (hel)		8		7,8
Fiskeolje (avskjær)		2		2,6
Proteinmel (fra landdyr)	5	2		
Soyaprotein	35	10	50	
Soyaproteinkonsentrat (SPC)				19,0
Hvete	30	13	30	8,9
Hvetegluten				9,0
Solsikkeprotein		14		0,5
Solsikkemel				1,1
Vegetabilsk protein, annen				2,3
Linolje				0,3
Maisprotein	20	10		
Maisgluten				3,6
Guar-protein		5		
Rapsmel		2		
Raps- og kamelinaolje				19,8
Erter		5		
Erteproteinkonsentrat				1,3
Favabønner				3,4
Ertestivelse				0,8
Riskli			5	
Soyaolje		5	3	
Karbohydrat, annen				1,0
Premiks/mikroingredienser	4	4	2	4
Kontrollsum	100	100	100	99,9

Kilde: Privat kommunikasjon fra fôrprodusenter. For laks brukes gjennomsnittstallene for norsk oppdrett i 2016 som framgår av Aas et al., (2019).

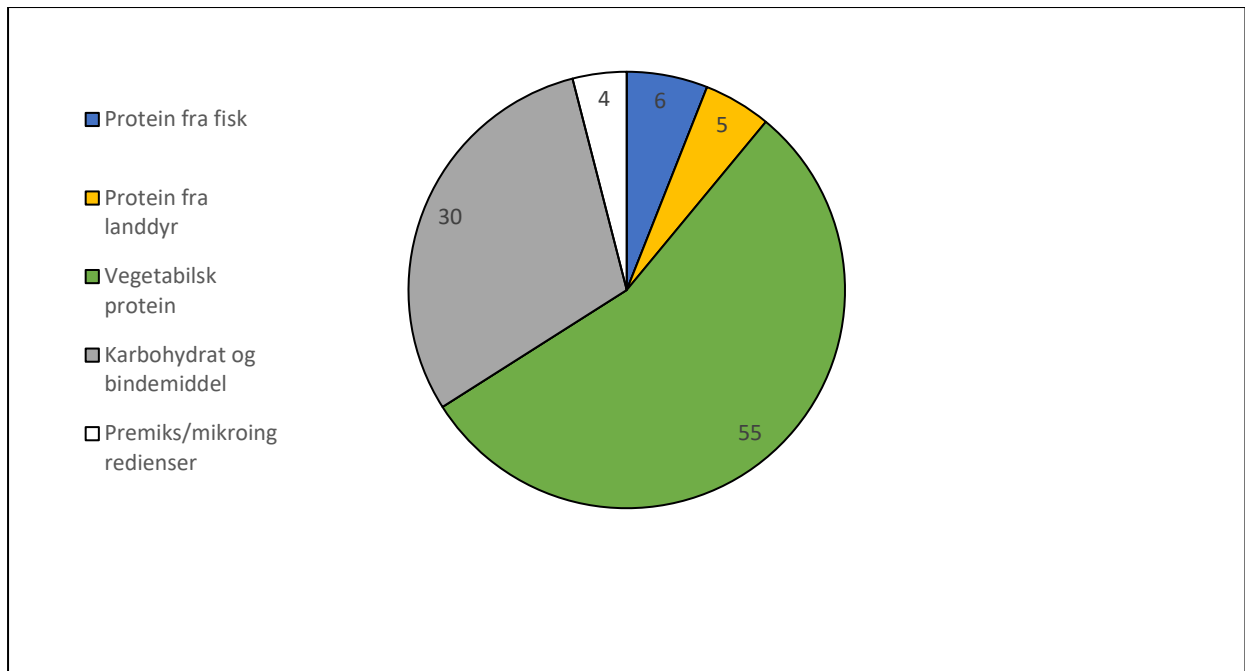
Vi har brukt fargekoder for å gruppere fôrråvaregruppene protein fra fisk, fett fra fisk, proteinmel fra landdyr, vegetabilsk protein, vegetabilsk fett, karbohydrater og bindemiddel og premiks/mikroingredienser hhv. For å unngå feiltolkninger presiserer vi her at fettråvarer inneholder andre ting i tillegg til fett og at proteinråvarer inneholder annet i tillegg til protein osv. Alle råvarene inneholder en andel vann, og alle inneholder aske (dvs uorganiske rester som ikke kan fordøyes/forbrennes i reaksjon med oksygen), proteinråvarene mest. Det er altså ikke nettotall for næringsstoffer vi operer med i tabell 18 over. I figur 21 nedenfor ser vi eksempler på typisk fordeling i noen utvalgte fôrråstoff som er tilgjengelige i Norge.



Figur 21: Typisk fordeling av fett, karbohydrat, protein og aske (tørrstoffbasis) av fôrråvarer.

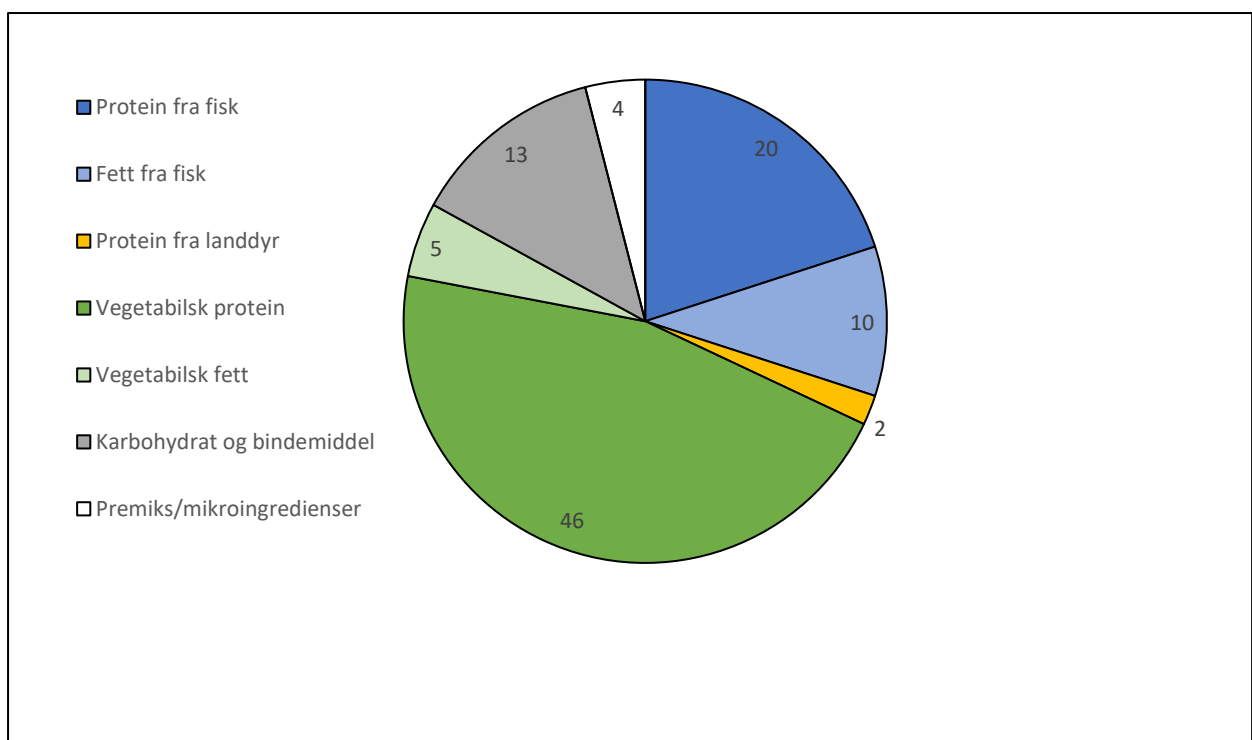
Kilde: Eidem, 2017.

Det er også forskjell på brutto innhold og fordøyelig innhold av et næringsstoff. Eksempelvis kan laks, i motsetning til reker (Lv), tilapia, karper m.fl., ikke nyttiggjøre seg karbohydrater som næring. Når karbohydrater forekommer i laksefôr, kommer det av andre egenskaper (bl.a. tekstur/bindemiddel).



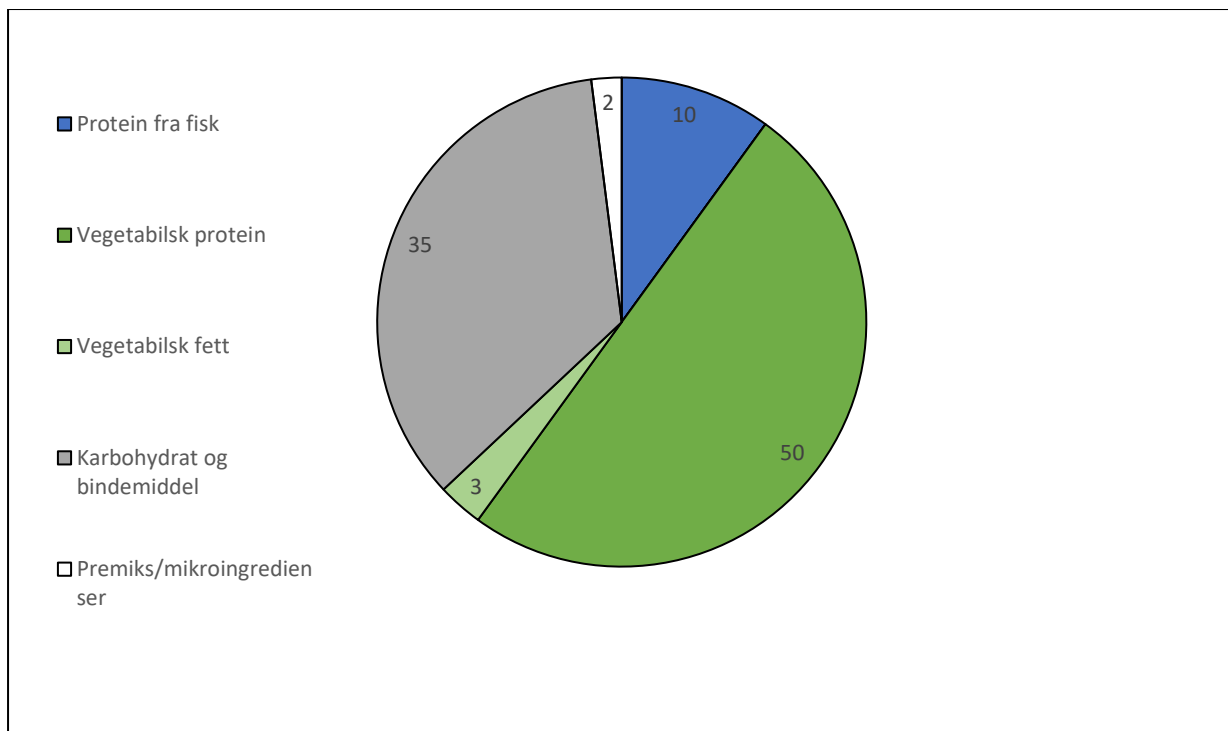
Figur 22: Fôringredienser tilapia i fullfôr til kinesisk oppdrett, råvarer etter vekt i %, fra tabell 18.

Kilde: Privat kommunikasjon med fôrprodusenter.



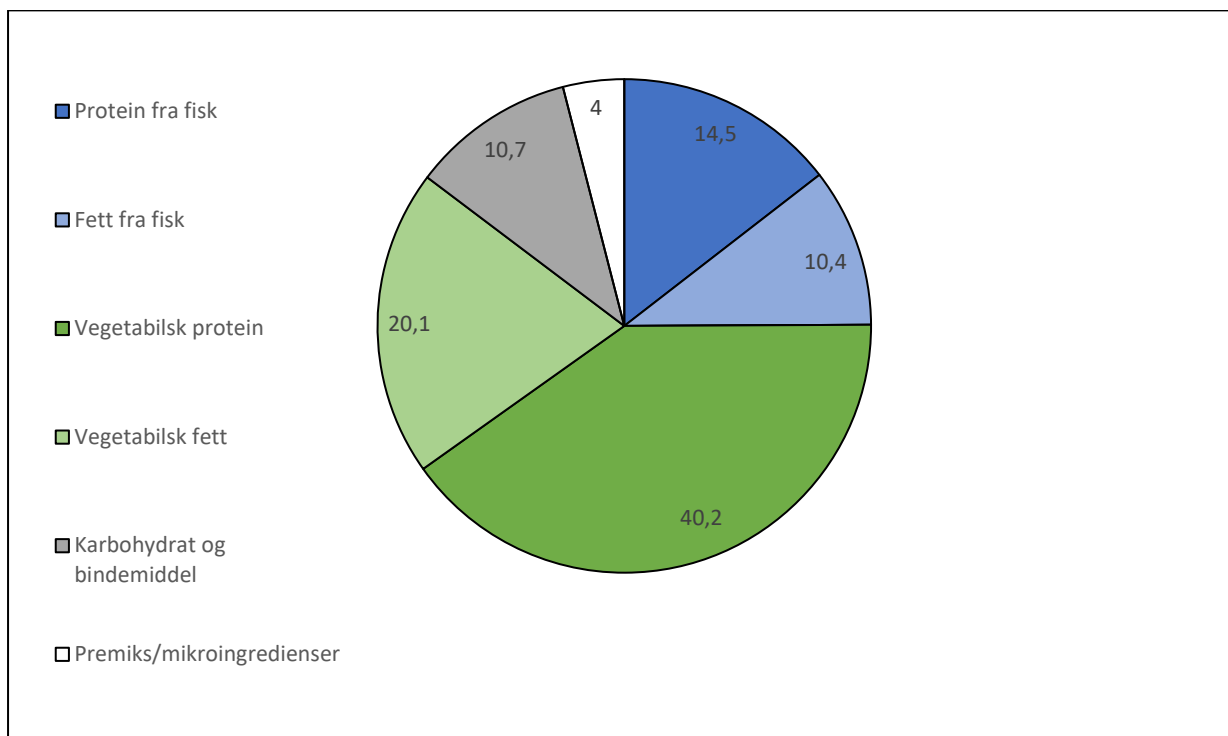
Figur 23: Havabbor/dorade, fullfôr til europeisk oppdrett, råvarer etter vekt i %, fra tabell 18.

Kilde: Privat kommunikasjon med fôrprodusenter.



Figur 24: Reker (Lv) fullfôr til oppdrett i Equador, råvarer etter vekt i %, fra tabell 18.

Kilde: Privat kommunikasjon med fôrprodusenter.



Figur 25: Laks fullfôr i norsk oppdrett, råvarer etter vekt i %, fra tabell 18.

Kilde: Privat kommunikasjon med fôrprodusenter.

7.3 Konkret fôrresept, tradisjonell oppdrett

I avsnittet over viser vi sammensetning av fôr til fullfôra moderne industriell oppdrett. Nedenfor ser vi på oppdrett av indisk karpe. Vi viser her til avsnitt 5.12. for en beskrivelse av artene Catla og Rohu og driftsformene som er i bruk. Som vi nevner i 5.12 består det tradisjonelle karpefôret (TEF 1) i India av like deler riskli og oljekakemel.

Riskli inneholder ca 13 prosent protein og 51 prosent karbohydrat hvorav det meste er stivelse. (Nb. Karper kan fordøye stivelse).

Det tradisjonelle oljekakemelet som er lettest og billigst tilgjengelig i India er fra jordnøttoljekake. Men mel fra tørket ekstraksjons-/pressrester etter rapsolje, sennepsolje, bomullsolje og solsikkeolje kan forekomme, avhengig av tilgjengelighet.

Med utviklingen av modernisert tradisjonsfôr (TEF 2) kommer tilskudd av noe premiks av aminosyrer, vitaminer og andre mikronæringsstoffer til. Noe fiskemel og kjøttbeinmel kan også komme til anvendelse.

Det er også utviklet moderne ekstrudert fôr med flytende pellets og optimalisert resept (MIF). Våre informanter bekrefter at det tradisjonelle riskli/oljekakemel-fôret (TEF 1) er dominerende i Catla/Rohu-oppdrett.

Fôrfaktoren endrer seg radikalt med de tre fôrnivåene fra 3 – 1,4, se tabell nedenfor.

Tabell 19: Fôrfaktor indisk karpe

Foringsnivå Catla/Rohu	Fôrfaktor
TEF 1	3,0 – 2,7
TEF 2	1,8 – 1,7
MIF	1,6 – 1,4

7.4 Oversikt over råvarer i bruk

Råvarer i bruk

Det er et lite hundretall råvarer i bruk til fôr i de produksjonene vi ser på i denne rapporten. Tabellen på neste side gir en oversikt. X-en i de ulike kolonnene merker av hvilke produksjonsdyr som får de ulike ingrediensene, totalt 17 for kylling, 13 for gris, 28 for laks og mellom 17 og 21 for de etterfølgende artene.

Tabell 20: Råvarer til fôr til fisk, reker, kylling og gris

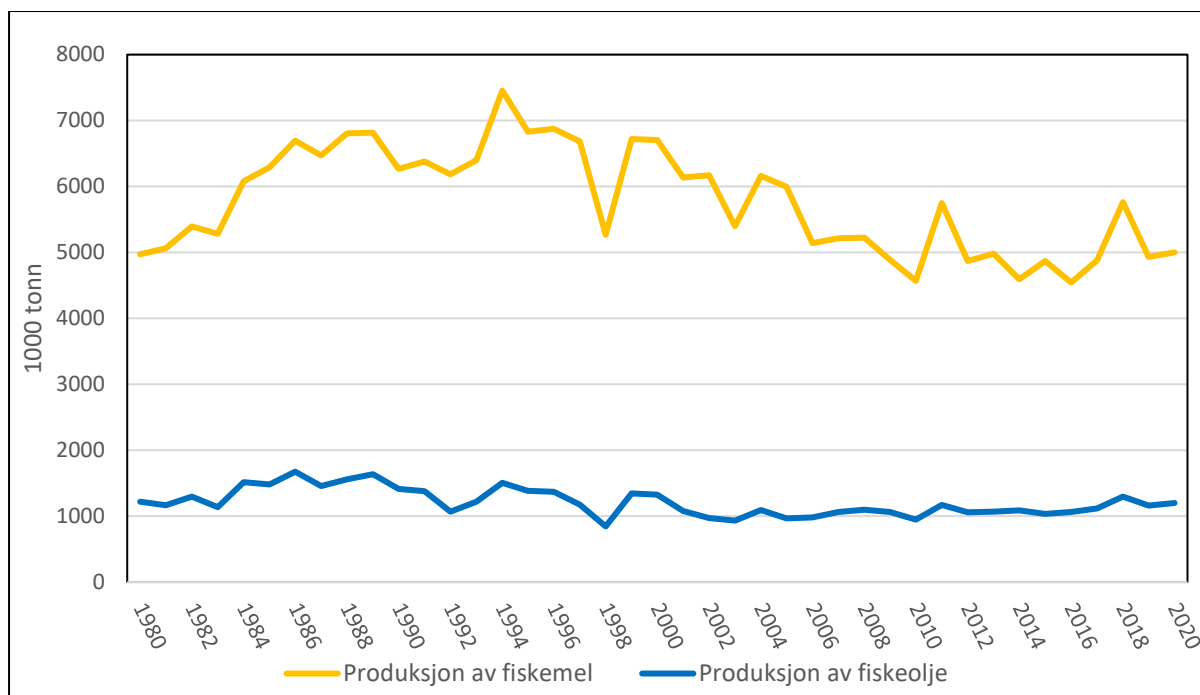
Fôrråvarer til:	Kylling norsk	Gris norsk	Laks norsk	Havabbor & dorade	Reker <i>L. vanam.</i>	Tilapia Kina	India- karper
Aminosyre- og mikropremiks	x	x	x	x			
Animalsk fett	x	x					
Avfettet riskli							x
Bommullsrøke							x
Bygg		x					
Erteproteinkonsentrat			x				
Erter	x	x					
Ertestivelse			x				
Favabønner			x	x	x	x	
Fiskemel - protein fra avskjær			x	x	x	x	
Fiskemel - prot. fra pelagisk fisk			x	x	x	x	
Fiskemel (I)							x
Fiskeolje - fra avskjær			x	x	x	x	
Fiskeolje - fra pelagisk fisk			x	x	x	x	
Fjærfemel (biprodukt)			x	x	x	x	
Fjærmel							
Guarmel				x			
Havre	x	x					
Hvete	x		x				
Hvetegluten			x	x	x	x	
Hvetekli (kruska)	x						x
Hvetemel (I)							x
Insektmel (svart soldatflue)			x				
Kalksteinmel	x	x					
Kamelinaolje (Ω3)			x	x	x	x	
Kjøtt(bein)mel (I)							x
Krepsdyrmel			x				
Krillmel			x				
Linolje			x				
Lupin			x	x	x	x	
Maisgluten			x	x	x	x	
Maisgrits	x	x					
Maismel							x
Makroalger tørka							x
Melasse, sukkerrør		x					
Mikronæringsstoffer (premix)			x	x	x	x	
Monokalsiumfosfat	x	x					
Morbærmøllpuppemel							x
Morbærmøllpupper (silke)							x
Natrioubikarbonat	x						
Oljekake jordnøtter							x
Palmeolje			x				
Proteinhydrolysat (fra fisk e.a.)			x				
Raps ekspeller	x	x					
Rapsfrø	x						
Rapskake							x
Rapsmel			x	x	x	x	
Rapsolje			x	x	x	x	
Rekemel							x
Riskli							x
Rispolitur							x
Rughvete	x	x					
Salt (NaCl)	x	x					
Sennepsfrøkake							x
Shorea kake (S. robusta)							x
Slakteriavfall (I)							x
Solsikkecake							x
Solsikkemel			x	x	x	x	
Soya proteinkonsentrat			x	x	x	x	
Soyabønner							
Soyamel	x	x	x	x	x	x	x
Soyaolje			x	x	x	x	
Syre	x						
Tapioka			x				x
Vegetabilsk fett	x						
Vegetabilsk protein, annen			x				

Kilde: Aas, et al., 2019; FAO, udatert; personlig kontakt med fôrbedriftene

7.5 Fôrråstoff fra akvakultur og fiskeri

Som vi har vært inne på har råvarene som har gått til fiskefôr gjennomgått en dreining, særlig i saltvannsoppdrett, fra at det globalt har bestått hovedsakelig av marine proteiner og marine oljer til at større og større andel av fôret som brukes i akvakultur er jordbruksbasert. Samtidig har andelen fôra arter i verdens akvakultur økt fra i underkant av 20 millioner tonn i 2000 til nesten 60 millioner tonn i 2018 (FAO, 2020). Dette påvirker ressursbruk, landbasert matproduksjon, landkonvertering og er en svært viktig utvikling innenfor akvakulturfôr. Fry et al. (2016) beskriver hvordan en økende befolkning og økt etterspørsel etter protein, stagnerende tilbud av fiskemel og fiskeolje, samt en sterkt voksende akvakultursektor, har ført til at jordbruk og akvakultur har blitt tett knyttet sammen. Skiftet fra overvekt av marine til plantebaserte ingredienser innebærer at kapasiteten for akvakulturproduksjon har økt betraktelig, men samtidig har det også ført til at omega 3-innholdet i en del sjømatprodukter har blitt redusert og at vannforbruk, utslipp fra gjødsling og sprøyting har blitt en del av akvakulturproduksjonens miljøavtrykk.

Selv om dette skiftet har hatt positive konsekvenser med tanke på å avlaste ikke-bærekraftig fangst av marine ressurser, har det fått en del økologiske konsekvenser for landbruksområdene som de landbaserte råstoffene hentes fra (Hansen, 2019). Fokuset på å sikre en bærekraftig høsting av marine ressurser har blant annet ført til ulike initiativer med det som hensikt. En del av dette har blitt tatt av overnasjonale organer som FAO, som gjennom sin Code of Conduct har jobbet for implementering av reguleringer og institusjonelle rammeverk for fiskerier og akvakultur. En annen utvikling er økningen i sertifiseringsordninger og standarder for ansvarlig fiske, som vi beskriver i kapittel 8. Samtidig er det verdt å merke seg at andelen fiskebestander som er overfisket økte fra 10 prosent til ca 34 prosent fra 1974 til 2017 (FAO, 2020). Fôrfisk/industrifisk er og forblir en knapp ressurs og det har blitt lagt mye ressurser ned i utvikling og prosessering av alternative fôrkilder som kan erstatte egenskapene til de marine råvarene. Som vi ser av figur 26 nedenfor har produksjonen av marine råvarer ligget relativt stabilt de siste 40 årene. Det er lite rom for en vesentlig økning i årene som kommer (Almås et al, 2020; Troell et al., 2014).



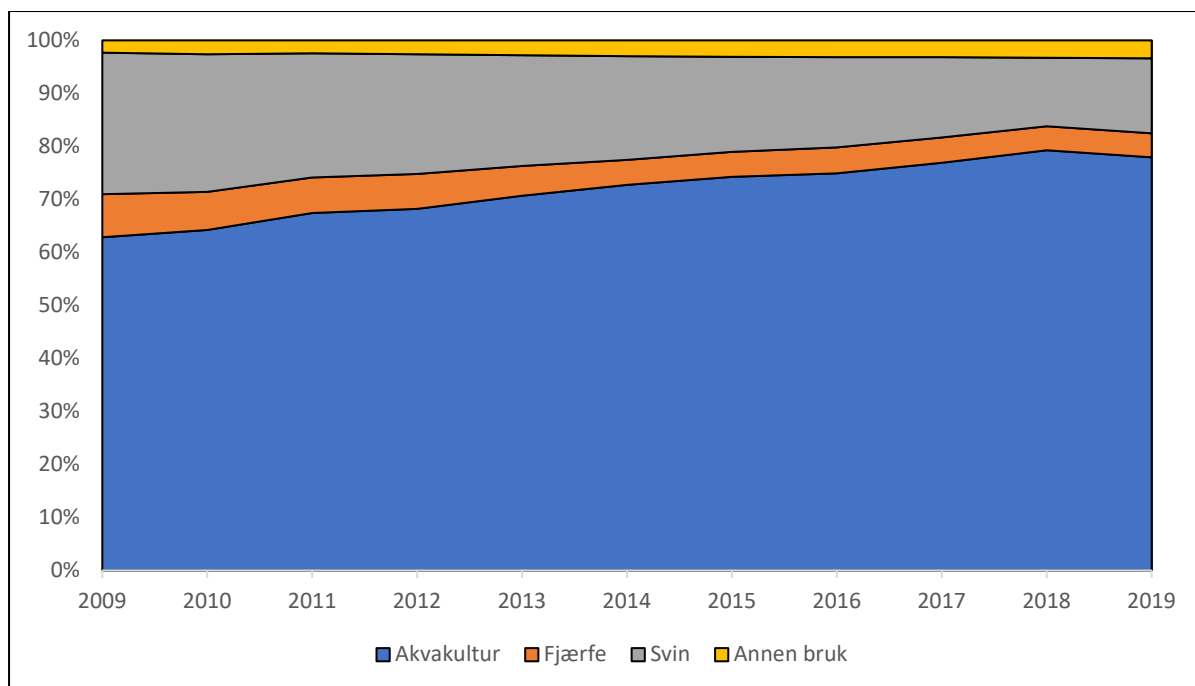
Figur 26: Produksjon av fiskemel og -olje 1980-2020.

(IFFO, personlig kommunikasjon, 07.05.2021)

Som vi kan se av figuren ovenfor har produksjonen av fiskemel- og olje gått litt ned fra midten av 1990-tallet og frem til i dag. De siste 10-15 årene har marine fôrråvarer økt i verdi slik at prisdifferansen mellom fiskemel og soyamel, og mellom fiskeolje og soyaolje har blitt vesentlig større (FAO, 2020, s. 88-89).

Anvendelse av marine fôrråvarer

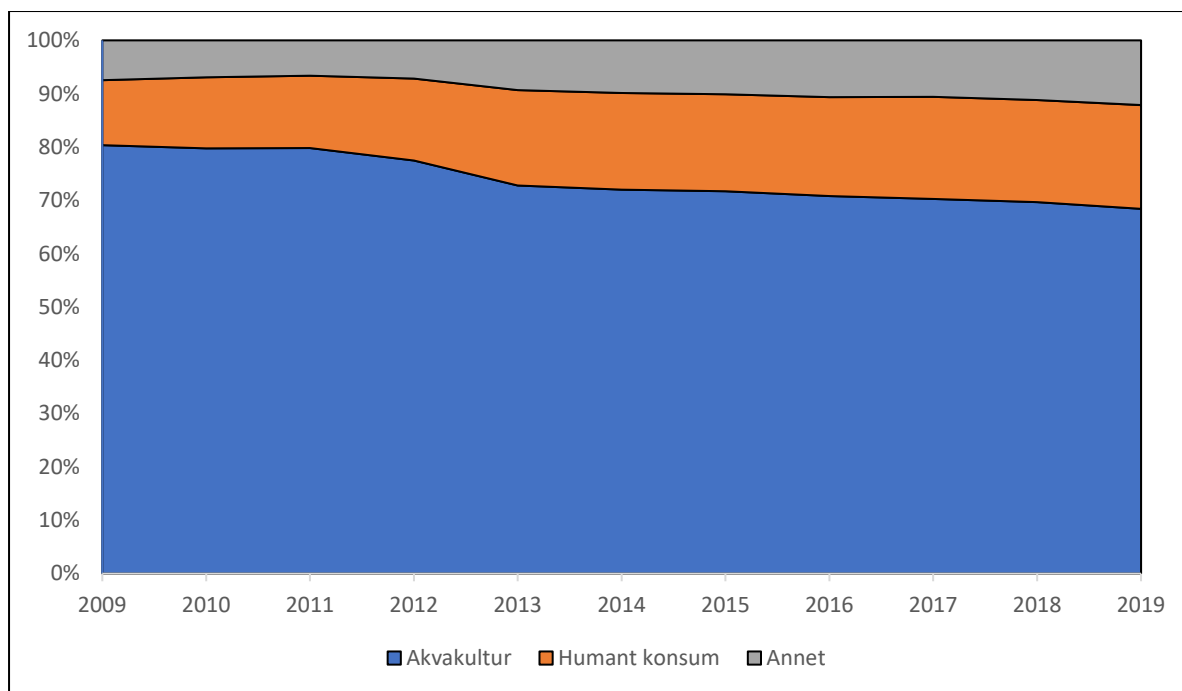
I figur 27 ser vi at globalt har akvakultur økt sin andel av forbruk av fiskemel, særlig på bekostning av fjærfe og svinproduksjon. Akvakultur brukte i 2019 i underkant av 80 prosent av produsert fiskemel. Økt andel kommer ikke av at fiskemel utgjør en større andel av fôret, men at økningen i fôra akvakultur har vært så stor. Eksempelvis har andelen marine proteiner (i hovedsak fiskemel) i fôret til norsk laks gått ned fra 65,4 prosent i 1990 til 14,5 prosent i 2016 (Aas, et al., 2019), mens altså volumet har gått opp fordi lakseproduksjonen har økt.



Figur 27: Andel av global fiskemelbruk i ulike produksjoner (2009-2019)

Kilde: IFFO, personlig kommunikasjon, 07.05.2021

Når det gjelder bruk av fiskeolje har akvakultur sin andel av den produserte mengden globalt blitt noe redusert, mens andelen til direkte menneskelig forbruk har økt den siste tiårsperioden. Mer av fiskeoljen går til humant konsum (19,5 prosent i 2019) som kosttilskudd o.l. (se figur 28). I norsk sammenheng ble ca. 13 prosent av fiskeoljen anvendt til humant konsum i 2020 (Myhre et. al., 2021).



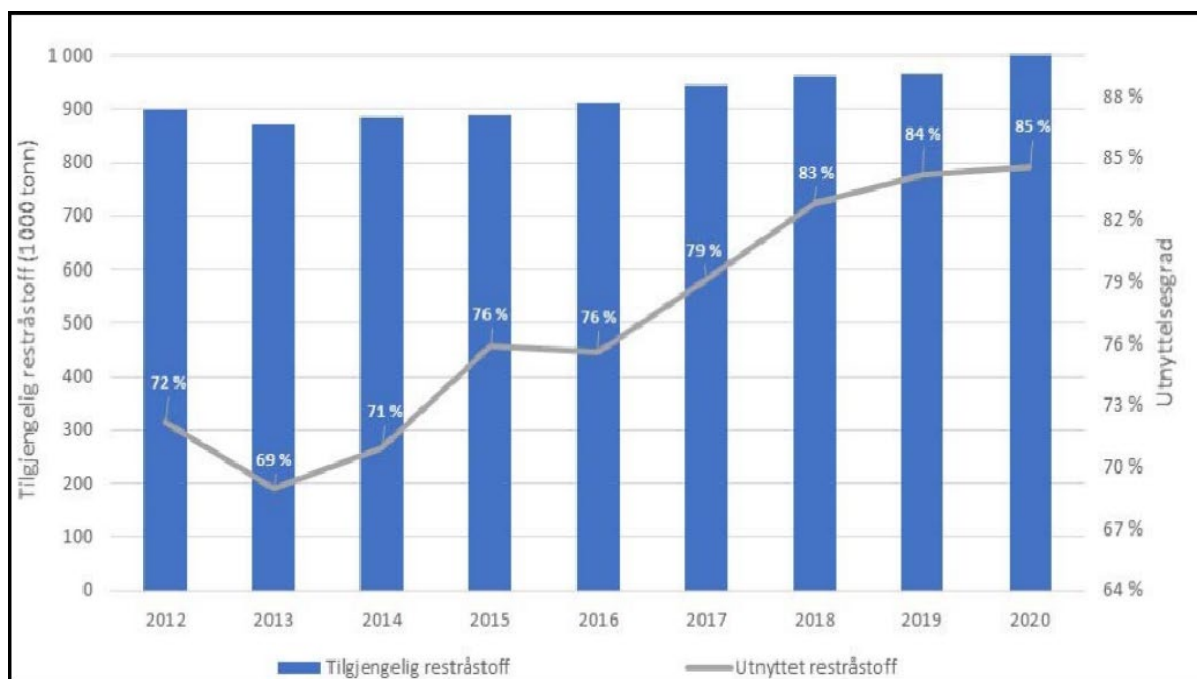
Figur 28: Andel av global fiskeoljebruk i ulike produksjoner

(IFFO, personlig kommunikasjon, 07.05.2021)

Andelen fiskeolje brukt i norsk laksefôr har gått fra 24 prosent i 1990 til 10,4 prosent i 2016. Til sammen utgjorde marine fôr råvarer på 1990-tallet 90 prosent av det norske laksefôret, mens dagens andel utgjør rundt 25 prosent (Aas, et al., 2019).

I bærekraftsammenheng er utnyttelsen av fangst og produksjon viktig. Mengden marint restråstoff fra fiskeri og oppdrett og utnyttelsen av dette er derfor interessant. Myhre et al. (2021) har beskrevet og analysert tilgjengelighet og bruk av det marine restråstoffet i Norge i 2020. Havbruksnæringa i Norge (i hovedsak laks og regnbueørret) produserer årlig 478.000 tonn restråstoff, som utgjør 30 prosent av den totale mengden marint restråstoff produsert årlig i norsk sjømatnæring. Av dette blir 93 % utnyttet. I hvitfisknæringa (torsk, hyse, sei, blåkkeite, lange osv.) blir 58 prosent av restråstoffet utnyttet, mens av pelagisk fisk (sild, makrell, kolmule, lodde osv.) utnyttes alt av råstoffet som går til mel og olje. 750.000 tonn pelagisk fisk gikk direkte til fiskemel og fiskeolje i Norge. Totalt blir 85 prosent av det marine råstoffet/restråstoffet anvendt. Oppdrettsnæringa sto for utnyttelsen av over halvparten av dette råstoffet. Nesten 70 prosent av det tilgjengelige restråstoffet gikk til produksjon av fôr til fisk, husdyr, kjæledyr og pelsdyr, 18 prosent gikk til produksjon av biogass, mens 13 prosent gikk til humant konsum. Av de 861.000 tonn tilgjengelig restråstoff ble 22 prosent brukt til produksjon av fiskefôr.

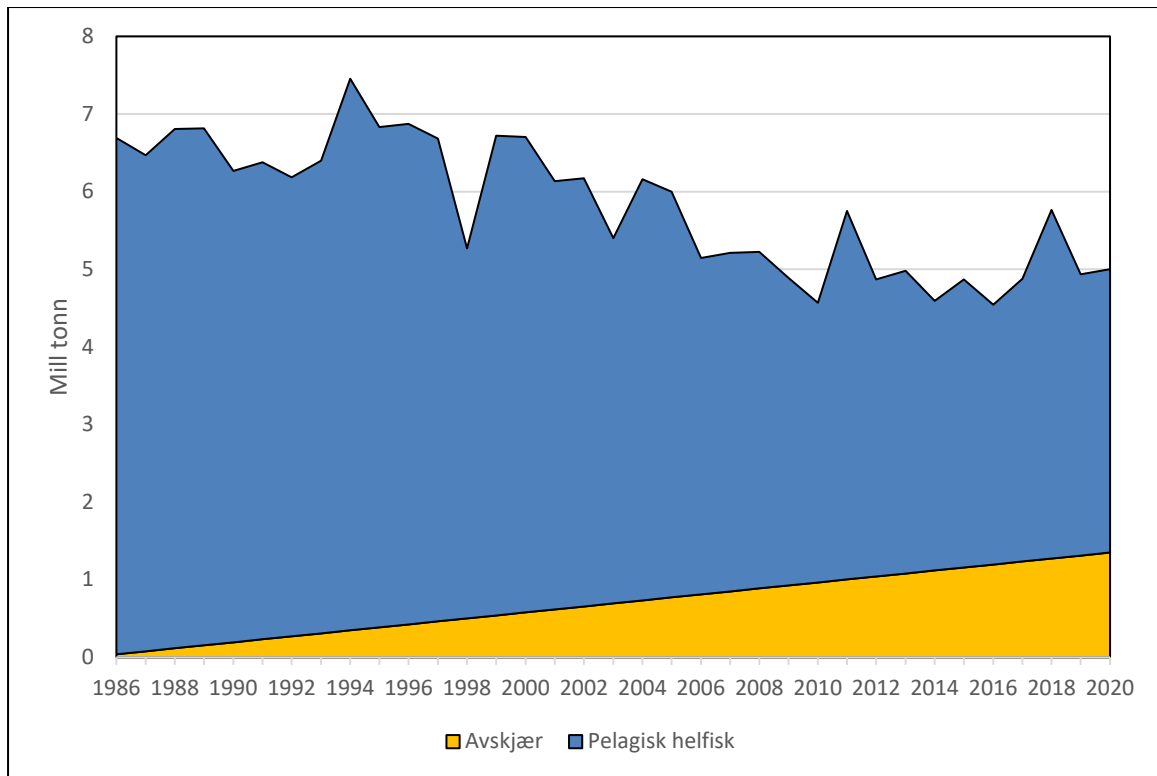
Figur 29 nedenfor hvordan utnyttelsen av restråstoff fra den norske sjømatnæringa har økt de siste årene. Ifølge Myhre et al. (2021) er det først og fremst hvitfisksektoren som har forbedret sin utnyttelsesgrad, og at dette driver andelen oppover.



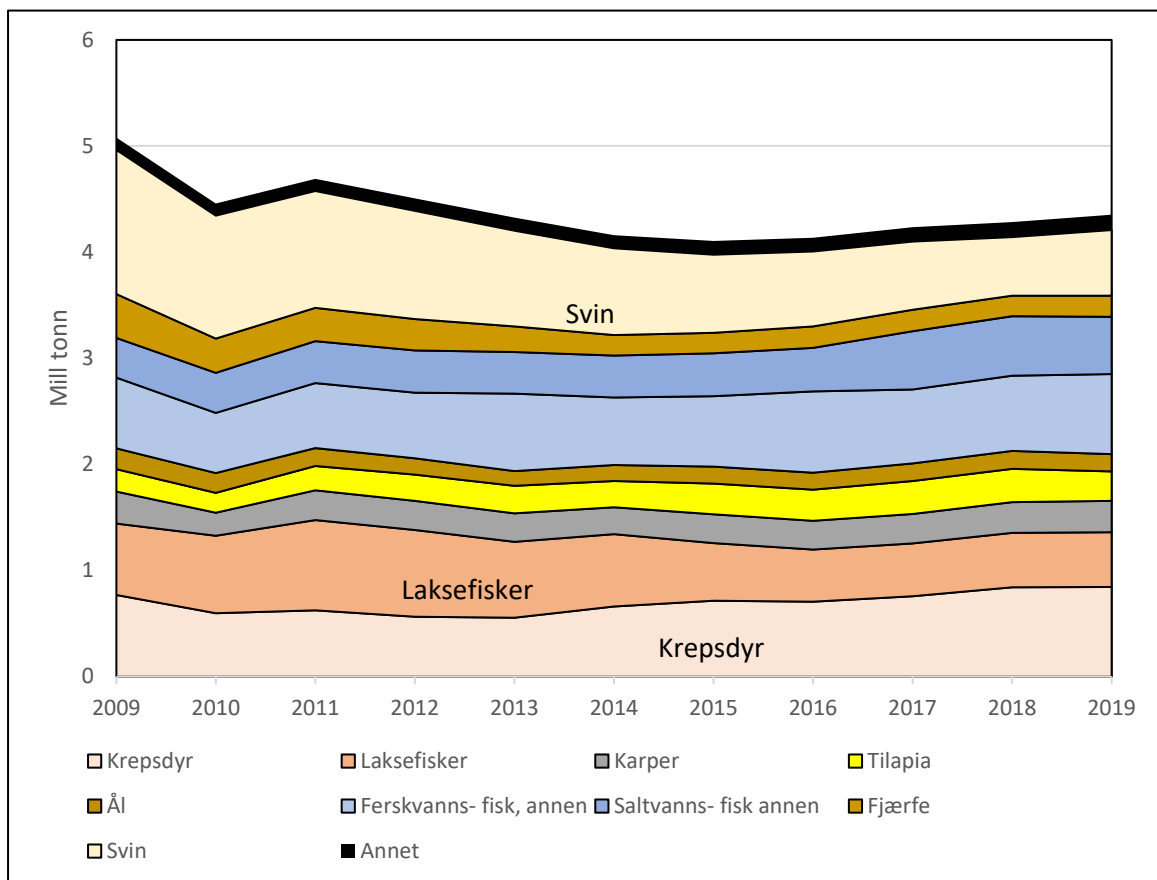
Figur 29: Utnyttelsesgrad i norsk sjømatnæring (2012-2020)

Kilde: Myhre et. al. (2021, s. 1)

I dialog med IFFO anslår organisasjonen at ca. 27 prosent av den globale fiskemelproduksjonen nå kommer fra bi-produkter og avskjær fra både akvakultur og fiskeri (IFFO, personlig kommunikasjon). Organisasjonen viser til at det var på 80-tallet at fiskemelproduksjon av avskjær startet og skjøt fart med laksenæringa og utvikling av lakseslakterier med store volumer på ett sted. Det reduserte kostnadene med slik produksjon. Dette fant sted samtidig som produksjonen av fiskemel fra hel pelagisk fisk falt pga råstoffsvikt, med stigende priser som resultat. Se figur 30 nedenfor, der vi tar utgangspunkt i at dagens produksjon på 27 prosent av totalen fases inn lineært fra og med 1986 som startår.



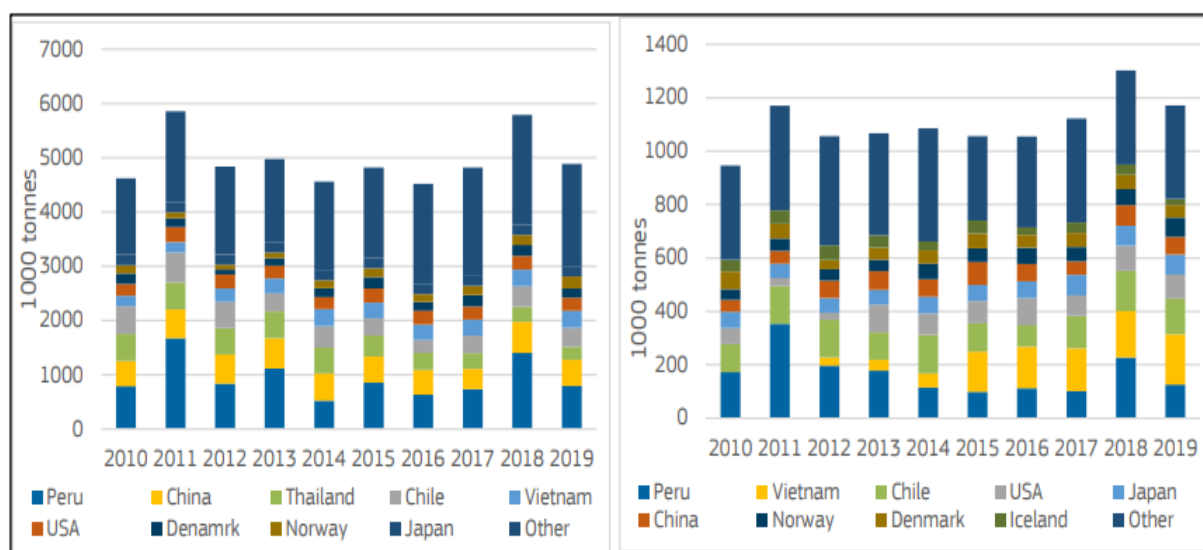
Figur 30: Global fiskemelproduksjon med beregnet andel fra avskjær



Figur 31: Fiskemel – anvendelse i ulike produksjoner globalt

Kilde: IFFO (personlig kommunikasjon)

IFFO anslår at ca. 25 prosent av det årlige marine råmaterialet kommer fra ansjos/anchoveta med opphav Peru og Chile (Personlig kommunikasjon, 2021). Det aller meste av dette omsettes på internasjonale markeder. Figur 32 nedenfor viser de fiskemel- og -oljeproduserende landene (Fiskemel til venstre, fiskeolje til høyre). Ifølge European Market Observatory for Fisheries and Aquaculture Products (EUMOFA, 2021), sto de ni største produsentene for 61 prosent av alle fiskemelproduksjon, og 70 prosent av all fiskeoljeproduksjon i 2019. Kina, Thailand og Vietnam er de største asiatiske produsentene, og Norge og Danmark er de største europeiske produsentene. Norge er, med sin store produksjon av laks og ørret, en av de største forbrukerne av mel og olje.



Figur 32: Verdens produksjon av fiskemel og -olje etter produksjonsland*

*Fiskemel til høyre, fiskeolje til venstre

Kilde: (EUMOFA, 2021)

7.6 Vegetabiliske fôrråvarer

Dersom vi sammenstiller IGCs (Det internasjonale kornrådets) statistikk for anvendelse av korn og oljefrø og IFFOs oversikt over fiskemel og -olje for 2019 får vi et grovt anslag på global kraftfôrproduksjon det året. Se tabellen nedenfor. Råstoff fra havet utgjør til sammen 5,7 mill tonn, mens samlet råstoff fra korn og oljefrø etc utgjør 1390 mill tonn. Forbruket i akvakultur er på 57 mill tonn og i landdyrproduksjon går det med 1339 mill tonn i 2019.

Tabell 21: Grovt anslag global kraftfôrproduksjon til akvakultur og husdyr på land....

2019	mill tonn	prosent
Kraftfôr globalt	1396	100,00 %
Råstoff fra havet	5,7	0,41 %
Herav fiskemel	5	0,36 %
Herav fiskeolje	0,7	0,05 %
Råstoff fra jordbruk	1390	99,59 %
Herav mais	675	48,34 %
Herav andre kornslag	290	20,76 %
Herav soya	228	16,32 %
Herav andre oljefrø	92	6,60 %
Annet	107	7,64 %
Forbruk i akvakultur	57	4,08 %
Forbruk til landdyr	1339	

Kilder: IGC (2021) og IFFO (personlig kommunikasjon), data bearbeidet i prosjektet

Geografisk opprinnelse for fôr

Moderne fora akvakultur bruker ca 57 mill tonn industrielt forarbeidet kraftfôr. Det aller meste av fôret må antas å være produsert på innenlandske fôrmøller, men vi vet at ferdigprodusert akvafôr i noen grad handles over grenser.

Det betyr at handel med fôr for det aller meste skjer på råvarenivå. Vi antar også at det er til høyverdiproduksjonene at det er mest aktuelt med import av fôr. Vi vet f.eks. at ingrediensene til norsk laksefôr importeres fullt ut, med unntak av fiskemel og olje.

Med utgangspunkt i tabell 18 som inneholder typiske resepter for fôr til tilapia, havabbor/dorade, reker (Lv) og laks har vi som hypotese at mais, hvete, soya og raps er dominerende grunningredienser i akvakulturfôr råvarer som handles over grenser.

Hvis vi summerer de fire nevnte åkervekstenes produksjonsvolum og eksportvolum hhv, ser vi at åtte land står for 99 % av verdens nettoeksport (EU regnes som ett land). USA og Brasil er i særklasse de største eksportørene av ubearbeidde bønner og korn, mens Argentina, Australia, Canada, Ukraina og Russland kommer i klassen etter med rundt halvparten av volumet. Argentina, Brasil og USA har i tillegg til eksport av ubearbeidd vare også eksport av hvete- og soyamel og soyaolje. Medregnet denne eksporten (hvetemel regnes til utmalingsgrad 70 prosent) øker de nevnte landenes rolle som eksportører, særlig gjelder dette Argentina som slik regnet kommer opp i en eksportandel på 76 prosent av sin totalproduksjon. På global basis ser vi at 27 prosent av verdensproduksjonen kommer ut på verdensmarkedet. De nevnte åtte landene står for nesten alt dette.

Tabell 22: Sum soya, hvete, mais, raps produksjon og eksport i mill tonn og prosent

Sum soya, hvete, mais, raps produksjon og eksport i mill tonn og prosent						Eksport* mel og olje	Eksport% m mel og olje
Tall 18/19	Produksjon	% av total	Eksport	% av total	Eksportandel		
Argentina	133	6 %	65	13 %	49 %	37	76 %
Australia	288	13 %	53	10 %	18 %	0	18 %
Brasil	227	10 %	114	22 %	50 %	17	58 %
Canada	73	3 %	41	8 %	56 %	0	57 %
EU	226	10 %	27	5 %	12 %	1	13 %
USA	519	23 %	117	23 %	22 %	13	25 %
Russland	92	4 %	40	8 %	44 %	1	44 %
Ukraina	69	3 %	52	10 %	75 %	1	76 %
Andre/uspes	664	29 %	3	1 %	0,4 %	33	5 %
Sum	2 292	100 %	511	100 %	22 %	103	27 %

Kilde: (IGC, 2021)

Deltabeller, for hhv soya, raps, hvete og mais finnes i vedlegg 19-22.

7.7 Hva med GMO (genmodifiserte organismer)?

Vi minner innledningsvis om at GMO ikke er tillatt brukt i mat eller fôr i Norge. Importen er derfor GMO-fri. Også i EU er det forbudt med GMO i mat, men medlemslandene har anledning til å gjøre unntak i fôr. Men bare ett land (Spania) har valgt å gå inn på slik produksjon. Utenfor Europa blir GMO mer og mer vanlig.

I tabell 23 ser vi tall for GMO-fritt produksjonsareal i noen viktige eksportørland. Eksempelvis ser vi at Brasil har satt av bare 4 prosent av soya-arealet til GMO-fri produksjon. Dersom vi antar at dette arealet produserer 3 prosent av Brasils soyaproduksjon på 120 mill tonn, dreier det seg om 3,6 mill tonn. Norsk akvafôr trekker ca 360 tusen tonn soyaproteinkonsentrat (SPC) i 2016 (Aas et al. 2019: 19 prosent i laksefôr). Dersom vi antar at det trengs 1,75 kg soyabønner pr kg SPC får vi ca 630 tonn som utgjør i størrelsesorden 18 prosent av Brasils GMO-frie produksjon. Vi kan legge til 200 tusen tonn soyamel til landbruket som tilsvarer 250 tusen tonn bønner. Selv om vi korrigerer for at hvetegluten har erstattet noe av SPC-forbruket fra toppåra fra 2015 – 17, og at et par prosent kommer fra Russland, framstår Norge som en storkunde av Brasiliansk GMO-fri soya med vel 20 prosent av totalen.

Tilbudet av GMO-fri vare fra eksportørland skrumper. Det har ført til at prisene stiger relativt til GMO-vare som er standard i de fleste markeder utenfor Vest-Europa. De fleste EU-land skal i likhet med Norge ha GMO-fri soya. Dette har ført til at EU øker sin egen produksjon av soya, bl.a. i Donau-landene.

7.8 Potensialet i utviklingen av nye råvarer og råvarekilder

Akvakultur er som vist en voksende næring, og behovet for fôrråvarer øker og vil øke. I dag ligger forbruket av MIF på 61 mill tonn. Som våre framskrivninger viser i kapittel 5.15, vil det være behov for 86 millioner tonn fiskefôr i 2025 og 113 millioner tonn i 2030. Det tilsvarer en økning på 41 prosent fra dagens nivå i 2025, og 85 prosent i 2030. Som vi har diskutert tidligere er det liten grunn til å tro at en vesentlig andel av dette vil komme fra økt konvensjonell produksjon av fiskemel og -olje fra pelagisk fisk. På grunn av bekymringer som gjelder tilgangen på marint råstoff og en stor ekspansjon innen akvakultur etter omstrukturering og nye reguleringer på starten av 1990-tallet, har det blitt søkt etter alternative fôrkilder. Veksten i fôret akvakultur har blitt dekt gjennom f.eks. økt bruk av soya. Den voldsomme veksten innen akvakultur og det

Tabell 23: GMO-fritt produksjonsareal - i noen viktige eksportørland

	Soya	Mais	Raps
USA	6 %	8 %	10 %
Brasil	4 %	10 %	-
Canada	21 %	-	4 %
Argentina	0 %	3 %	-
Australia	-	-	77 %
Paraguay	-	58 %	-
Uruguay	-	0 %	-

(Kilde IGC, 2021)

voksende behovet for jordbruksbaserte fôrråvarer har ført til spørsmål som gjelder de miljømessige, økologiske og sosiale konsekvensene av produksjonen av disse råvarene (Hansen, 2019). Det skjer kontinuerlig forskning og teknologisk utvikling innen fôrproduksjon, og det er vanskelig å spå hvilke råvarer som vil gjøre seg gjeldende som store bidragsyttere i morgendagens fôrede oppdrett.

Det er mange mulige råvarer som virker lovende, og sannsynligvis vil vi måtte trenge bidrag fra flere kilder for å kunne dekke etterspørselen og samtidig holde produksjonen på et bærekraftig nivå. Matavfall, dypvannsfisk, skog, insekter og mikro- og makroalger er blant de som nevnes som mulige råvarer for å demme opp for den forventede etterspørselen. Det er lite sannsynlig, og heller ikke nødvendigvis ønskelig, at én proteinkilde skal dekke etterspørselen når andelen fiskemel går ned. Selv om fôret akvakultur kun står for 4 % av det samlede fôrforbruket i verden, benyttes de samme råvarene i akvakulturfôr som i menneskemat og mat til husdyr. Det spiller derfor en viktig rolle hvilke råvarer som blir tatt i bruk for å fôre fremtidens oppdrettsfisk (Hua et al., 2019).

Mye av dette kapittelet er basert på SINTEF-rapporten «Bærekraftig fôr til norsk laks» (Almås et al., 2020) der det er norske forhold som vektlegges spesifikt. De beskriver 23 ulike råvarer som kan vurderes som fôrressurser i norsk lakseoppdrett. De kommer frem til at av disse regnes sju som realistiske bidragsyttere for det fremtidige fôrbehovet, hvorav tre av disse allerede er i industriell produksjon. Nedenfor har vi kort beskrevet disse sju, og henviser til Almås et al. (2020) for mer informasjon.

7.9 Råvarer allerede i industriell produksjon

En av disse er **marint restråstoff**, som allerede gjenbrukes i stor grad i dag. I havbruk er det kun blodet som ikke blir brukt. Restråstoff fra laks må prosesseres før det kan benyttes i fôr til laks. Det er ikke ventet at det vil komme en stor økning i mengden restråstoff fra villfanget fisk og skalldyr i tiden fremover. Det er dermed kun økt utnyttelse av dette som kan føre til større volum (Almås, et al., 2020).

Pelagisk fisk til fôrproduksjon er også i industriell produksjon. Dette er arter som sild, makrell, kolmule, lodde etc. Det er helst de mindre artene som brukes til produksjon av fiskemel og -olje. På grunn av økt pris for sild og makrell er det ikke forventet norsk pelagisk fisk til fôrproduksjon vil øke noe særlig i årene som kommer. Mellom 50-65 % av norskfangstet pelagisk fisk brukes i dag i laksefôr (Almås, et al., 2020). Pelagisk fisk og marint restråstoff ble også diskutert i kapittel 7.5.

I tillegg er **soya og andre proteinrike vekster** blant de råvarene som allerede produseres i industriell skala (Almås, 2020). Globalt ble det i 2020 produsert over 360 millioner tonn soyabønner (OECD-FAO, 2021a) hvorav ca. 85 % blir brukt til mel og olje (Almås et al., 2020). Det ble i 2018 importert 323.639 tonn soyaproteinkonsentrat (SPC) til Norge, gjennomsnittet for 2013-2018 årene ligger på 344.494 tonn (Statistisk Sentralbyrå, 2021).

7.10 Råvarekilder som krever oppskalering

I tillegg nevnes mesopelagisk fisk, protein fra gras, heterotrofe (organisk ernærte) og kjemoautotrofe (uorganisk ernærte, f.eks fra svovelforbindelser)) mikroorganismer og mikroalger som lovende forråvarer. Disse krever oppskalering for å kunne bidra til å dekke fremtidig forbehov.

Mesopelagisk fisk som fôr og matressurs er helt i startgruppen, men kan ha et stort potensial på grunn av den antatte mengden som finnes. Det har blitt anslått at det kan være så mye som 10 milliarder tonn på verdensbasis (Bjordal og Thorvaldsen, 2020). Mesopelagisk fisk inneholder omega-3 fettsyrer og protein, viktige bestanddeler i fiskefôret. Det gjenstår fortsatt en del forskning og arbeid før dette kan bli en fôrressurs av betydning, blant annet når det gjelder prosessering, fangst og forvaltning (Almås et al., 2020).

Protein fra gras produsert i Norge kan teoretisk sett dekke dagens behov for protein til fiskoppdrett dersom det gjennomgår en omstendelig prosessering. Dette gjøres gjennom å føre graset gjennom en skruepresse som skiller fiber og pressvæske. Fra pressvæsken kan melkesyrebakterier lette utskillelsen av proteinene slik at de blir tilgjengelige for fisk. Det produseres gras tilsvarende 870.000 tonn råprotein hvert år i Norge (Almås et al., 2020). Dette graset er imidlertid allerede i bruk som fôr til husdyr, og dersom noe av dette isteden skal benyttes som fôr til akvakultur vil det potensielt kunne oppstå interessekonflikter mellom sektorene.

Hetero- og kjemoautotrofe organismer er ulike mikroorganismer som bakterier, gjær, sopp osv. som kan produseres med ulike råstoffer. Ved å bruke stivelse og sukkervekster (i mais, sukkerroer/-rør, kassava etc) kan det potensielt produseres veldig store mengder, men dette benyttes allerede til matproduksjon. Prisen for å utvinne sukkeret fra lignocellulose fra trevirke og halm er høy sammenlignet med de eksisterende alternativene. Det har blitt opprettet noen pilotanlegg for dette, men videre industrialisering har ikke kommet i gang. Produksjon av encelleproteiner til fôr gjennom fermentering av sukker er en teknologi som er fullt fungerende, men som proteinkilde kan dette ikke konkurrere på pris med soya og marine proteinkilder. Produksjon av DHA (Omega 3-fettsyre) gjennom å fermentere traustochytrider til fôr er fortsatt kostbart, men benyttes i små mengder av noen norske fôrbedrifter. Det er et større potensial for produksjon av omega 3-fettsyrer gjennom fermentering enn det er for encelleprotein gjennom fermentering. Produksjon av encelleprotein av metan kan potensielt gi store mengder, men det er ikke økonomisk lønnsomt pga. den krevende prosesseringen. Produksjon av lipider og protein av CO₂ kan gi store mengder, men det er problem med tilgang på energi til mikroorganismene. Et alternativ som kan virke lovende er industriell produksjon av encelleprotein av hydrogensulfid (Almås et al. 2020).

Det ble i 2018 produsert 87.000 tonn **mikroalger** på verdensbasis, og så godt som alt dette ble produsert i Kina. Det reelle tallet er sannsynligvis en del høyere. Det er en

god del tekniske utfordringer for å kunne produsere store kvanta med omega 3-fettsyrer og protein (Almås et al. 2020).

7.11 Vekst i norsk akvakultur med norske ressurser?

Norge har en nasjonal ambisjon om at lakseoppdrettsnæringa skal vokse. Nylig avgåtte fiskeriminister Ingebrigtsen (H) ønsket en femdobling av produksjonen av laks og ørret innen 2050 (Ånestad og Sollund, 2021). Støre-regjeringa er foreløpig mindre konkret om vekst, men signaliserer også sterk satsing på norsk fôrproduksjon. I alle fall må en femdobling sies å være meget ambisiøst. I 2020 var summen av norsk produksjon av laks og regnbueørret 1,47 mill tonn, en femdobling vil si 7,4 mill tonn. Dersom vi bruker den prognoseformelen vi har hentet fra Tacon og Metian (2015) og brukt ellers i denne rapporten (framskrivning med flytende snitt av fire siste år) vil femdobling finne sted i 2068. Men hvis vi bruker den geometriske gjennomsnittsvekstraten i perioden 2000 til 2020 på 5,7 % vil femdobling skje i 2049, akkurat i tide til at Ingebrigtsen kan få rett.

Det vil i så fall kreve at Norge lykkes med å gjenskape og videreføre veksten i den nevnte «gullalderperioden» og løse problemer med lakselus, annen sykdom og miljøproblemer og ikke minst sørge for en fôrstrategi som øker tilgangen på fôr tilsvarende.

Fôrfaktoren i norsk akvakultur som ligger på 1,3 kan synke noe dersom for eksempel dødeligheten reduseres. Men det er en moden produksjonsteknologi vi snakker om, og det må nye teknologiske gjennombrudd til for at fôrfaktoren synker så det monner. For norsk havbruksnæring vil det økte fôrforbruket i praksis måtte komme enten fra økt import eller ved nyteknologisk utnyttelse av norske ressurser til akvafôr. Mest sannsynlig trengs begge deler, og begge deler byr på utfordringer mht bærekraft. Vi merker oss at det høsten 2021 vil starte opp et stort prosjekt, SUSFEED⁶ under ledelse av Ruralis, som vil studere fôrsystemet i Norge og undersøke muligheter for mer bærekraftig produksjon av norsk fôr til havbruk og jordbruk og hvordan dette skje på ulike trinn i verdikjeden, med høsting, produksjon, foredling og distribusjon.

⁶ Les mer om SUSFEED her: <https://ruralis.no/prosjekter/susfeed-baerekraftig-norsk-forproduksjon/>

Kapittel 8. Bærekraft knyttet til råvarer og ingredienser i akvafôr

Bærekraftsbegrepet har mange ulike innfallsvinkler: økonomisk, sosialt og miljømessig i naturvern-, klima- og økologi-forstand, for å nevne noen. Innenfor akvakultur og fôrråvarer kan alle disse regnes som viktige områder å studere. For å avgrense har vi valgt å fokusere på en av de mest utbredte måtene å forstå og håndtere bærekraft innenfor feltet, nemlig sertifiseringer og standarder.

8.1 Sertifisering og sertifiseringsordninger i akvakultur

Bærekraftstandarder og sertifiseringsordninger er frivillige reguleringsregimer som bedrifter kan velge å underkaste seg ved å la seg evaluere, opp mot et sett av kriterier, av uavhengige tredjeparter (Amundsen og Osmundsen, 2020). Sertifiseringen er et kvalitetsstempel som ulike aktører i næringskjeden søker for å oppnå tillit hos forbrukere, skape legitimitet og for å begrense ansvar ved å sikre overholdelse av en viss standard (Bush et. al, 2013). Bærekraftstandarder innen fiskeri og akvakultur har opplevd en stor vekst de siste årene og i 2015 var drøyt 14 prosent av all sjømat sertifisert (Potts et. al, 2016). Selv om standardene er frivillige, blir de viktigere og viktigere ettersom de for mange bedrifter er viktige forutsetninger for å få innpass i en del markeder (Amundsen og Osmundsen, 2018).

Mesteparten av sertifiserte produkter er fortsatt innenfor fiskeri, men sertifiseringen av akvakultur øker i et raskere tempo (Potts et. al, 2016). Det finnes et stort mangfold av ulike sertifiseringsordninger innen fiskeri og akvakultur. Et stort antall ulike standarder og et særdeles komplekst og teknisk innhold i standardene har gjort det fragmentert og uoversiktlig (Derkx og Glasbergen, 2014; Nilsen, et. al, 2018).

Noen av initiativene retter seg mot kun fiskeri eller kun akvakultur, mens noen har standarder for begge næringer. Mest relevant for dette prosjektet vil være hvorvidt standardene inkluderer sertifisert fôrproduksjon eller ikke. Det er et skille mellom de standardene som retter seg mot marine ingredienser og de som fokuserer på plantebaserte ingredienser. Sertifisering av marine fôrklilder ser ut til å ha kommet lenger, og sporbarheten innenfor industrielle standarder av plantebaserte ingredienser er ikke like detaljerte og omstendelige (Aas, Ytrestøyl og Åsgård, 2019).

Flere av standardene er drevet av selvstendige og uavhengige organisasjoner, Aquaculture Stewardship Council (ASC), Best Aquaculture Practices - Global Aquaculture Alliance (BAP-GAA), og Friends of the Sea (FoS) er drevet av ikke-statlige organisasjoner. GlobalGAP ble opprettet av forhandlere i Europa og har ekspandert (Mariojous, et.al, 2019). Bedriftene som blir sertifisert rapporterer om betydelige endringer som følge av sertifiseringen, innen eksempelvis avfallshåndtering, dokumentasjon og utslippstiltak. I tillegg har det ført til en økt bevissthet rundt eksternalitetene ved akvakultur (Asmundsen og Osmundsen, 2020).

8.2 FAOs «Code of Conduct»

FAOs Code of Conduct utgjorde et gjennombrudd i arbeidet med å sikre bærekraftig bruk av vannlevende organismer. Brundtland-kommisjonen av 1987 satte bærekraft på agendaen, og i samme periode, mot slutten av 1980-tallet, ble det åpenbart at den globale sjømatnæringa hadde store problemer når det gjaldt miljømessig bærekraft, da flere fiskebestander kollapset. Arbeidet med å komme frem til en multilateral enighet ble igangsatt og enstemmig vedtatt av FAOs medlemmer i 1995. «The Code» inneholder retningslinjer, strategier og planer for å promotere ansvarlige praksiser både i fiskeri og havbruk, og tilbyr standarder for alle involverte i sektoren. De fleste lands politikk og lovgivning er i tråd med «The Code», og den har formet regulatoriske rammeverk i store deler av verden (FAO, 2020). En studie av implementeringen av «The Code» viser at den har blitt brukt og integrert inn i fiskeripolitikken også i utviklingsland som prioriterer økonomisk utvikling over bærekraft. Det viser imidlertid også at den har fungert dårligere for å begrense uregulert fiske og overfiske, og nødvendige tiltak må ofte vike for manglende politisk vilje og kortsiktige økonomiske interesser (Hosch, et. al, 2011). Coll et al. (2013) viser at land som har utviklet regelverk i samsvar med «The Code» skårer bedre på bærekraft, og at en bedre implementering av «The Code» har positive økologiske effekter. Regelverk og institusjoner knyttet til akvakultur har kommet kortere, noe vi diskuterer i avsnitt 8.9.

8.3 Fiskeri

FAOs Code of Conduct har som sagt stor oppslutning, men i tillegg er det stor vekst i private standarder. I 2015 var rundt 20 prosent av total fanget villfisk sertifisert. De to største aktørene innenfor sertifisering av villfiske er Marine Stewardship Council (MSC) og Friends of the Sea (FOS), og sto til sammen for så godt som all sertifisert villfisk i 2015 (Potts et. al, 2016). MSC rapporterer at det i 2019 ble fisket 11,8 millioner tonn fra MSC-sertifiserte fiskerier. De opererer i 41 land og har 361 sertifiserte fiskerier (MSC, 2019). FOS rapporterer at de opererer i 72 land og har sertifisert over 1000 bedrifter. De sertifiserer også akvakultur og har 146 sertifiserte akvakulturbedrifter (FOS, 2020). FOS er mer fokusert mot industrielle markeder og dermed markeder i utviklingsland, mens MSC overveiende sertifiserer fangst i utviklede land, rettet mot forbrukermarkedet gjennom forhandlere (Potts et. al, 2016). Overraskende nok kommer over halvparten av all sertifisert sjømat fra utviklingsland, men hvis man tar bort anchoveta som er peruviansk ansjos (sertifisert av FOS) blir bildet helt annerledes. 29 % av den totale mengden sertifisert sjømat er anchoveta (ibid.).

De fem artsgrupper som hadde den største andelen sertifisert fangst i var anchoveta (36 prosent), torsk (19 prosent), tunfisk (10 prosent), makrell (5 prosent) og laks (4 prosent) (Potts et. al, 2016)⁷.

8.4 Akvakultur

Veksten innen akvakultur har vært formidabel de siste 40 årene, og veksten innen sertifisering av akvakultur har også vært veldig stor (Potts, 2016). Innen akvakultur er blant andre Aquaculture Stewardship Council (ASC) en viktig standard, ikke minst når det gjelder laks. ASC ble etablert i 2010 av World Wildlife Foundation. I 2019 var 2 millioner tonn sjømat sertifisert av ASC, der laks var den dominerende arten. 182 laksefarmer var sertifisert gjennom ASC i 2019 (ASC, 2020). Vietnam, Norge og Chile sto i 2015 for 66 prosent av ASCs sertifiserte produsenter (Potts, 2016). GlobalG.A.P. er et bedriftsledet initiativ og sto i 2015 for nesten halvparten av all sertifisert akvakulturproduksjon (2,1 millioner tonn). Laks sto for nesten 80 prosent av totalen av sjømaten sertifisert av GLOBALG.A.P. Norge og Chile sto i 2015 for 69 prosent av GlobalG.A.P.s sertifiserte produsenter (Potts, et. al, 2016). FOS ble opprettet i 2008 og sertifiserte i 2015 750.000 tonn. Som en global aktør som både inkluderer villfangst og akvakultur har de en spesiell posisjon til å følge hele verdikjeden, og dermed sertifisere marine fôringredienser fra villfangst til bruk i akvakultur. Spania og Italia sto i 2018 for 84 % av FOSs sertifiserte produsenter (Potts et. al, 2016). Best Aquaculture Practices (BAP) er en annen stor aktør. Chile, Canada og Kina sto i 2015 for 68 prosent av BAPs sertifiserte produsenter (Potts, 2016).

De fem artsgrupper som hadde den største andelen sertifisert produksjon i 2015 var laks (56 prosent), pangasius (10 prosent), muslinger (8 prosent), tilapia (8 prosent), og reker (6 prosent).

Innen sertifisering av soya er det to sertifiseringsordninger. Den ene er Round Table on Responsible Soy (RTRS) opprettet i 2006 og fikk i 2011 lansert den første sertifiseringsordningen for ansvarlig produksjon av soya (RTRS, u.d). Den andre er ProTerra. Etablert i 2006 og arbeider for bærekraft innen fôr- og matproduksjon og bruk av råvarer fri for GMO (ProTerra, u.d).

Ifølge Laksefakta (2021) er ca 2 prosent av verdens soya sertifisert av en av disse ordningene. Norske fiskefôrprodusenter benytter ProTerra sertifisert soya. I 2021 ble kravene fra fôrprodusenter til leverandører av soya fra Brasil skjerpet, noe som innebar at disse ikke skulle levere soya dyrket på land som har blitt avskoget senere enn august 2020 (Laksefakta, 2021).

⁷ Potts et al. opplyser om at dette er basert på siste tilgjengelige tall, og at dette kan variere mellom år 2013 og 2015.

8.5 Bærekraftskriterier

Overfor har vi kort nevnt noen av de største sertifiseringsordningene og utviklingen innen bærekraft og sertifiseringsordninger i akvakultur og fiskeri. Vi har i denne rapporten ikke hatt mulighet til å beskrive karaktertrekk ved de ulike sertifiseringsordningene, men prøver å gi et oversiktsbilde av utviklingen når det kommer til fôr og bærekraft i akvakulturnæringa, og hvor stor andel av råvarene til fôr som kommer fra fôrråvarer med miljøsertifisering. Nedenfor beskriver vi noen initiativ som belyser dette temaet.

8.6 Global Sustainable Seafood Initiative

Global Sustainable Seafood Initiative (GSSI) er et privat-offentlig partnerskap med over 90 interessenter der aktører fra hele verdikjeden for sjømat, bedrifter, NGOer, myndigheter og internasjonale organisasjoner, deriblant FAO, er representert. GSSI har utviklet en referanseindeks der de vurderer hvorvidt sertifiseringsordningenes standarder er i tråd med «FAO Code of Conduct for Responsible Fisheries», «FAO Ecolabelling Guidelines» (for akvakultur og fiskerier) og «FAO Technical Guidelines for Aquaculture Certification» (GSSI, 2020). MSC, BAP, GLOBALG.A.P. og ASC er blant de ni som har fått noen av sine standarder godkjent av denne organisasjonen. I GSSI sin oversikt over hvilke kriterier som skal til for å få standarden godkjent ut fra FAO sine retningslinjer for fôr, er det fokus på marine fôrråvarer (GSSI, 2015). Selv om akvafôr i økende grad kommer fra landbaserte ressurser er dette lite vektlagt i GSSI sitt verktøy. Grunnen til dette er trolig delvis at det per nå ikke er en omforent enighet blant interessentene om hvordan dette skal vurderes og hva om eventuelt skal inngå som kriterier i et slikt verktøy. I og med at FAO sine retningslinjer utgjør en viktig del av grunnlagsmaterialet for vurderingsverktøyet, og disse heller ikke har inkludert landbasert fôr i stor grad, vil kravene for å «godkjennes» av GSSI heller ikke innebære detaljerte og grundige kriterier rundt landbasert fôr. I personlig kontakt med en representant for GSSI kommer det frem at det i arbeidet med revidering har blitt drøftet om og hvordan dette skal angripes, men at det ble oppfattet som prematurt å inkludere det (personlig kontakt med GSSI, 2020). Fremtidige muligheter for å inkludere dette kan være å utarbeide et eget verktøy med fokus på fôrstandarder, eller at de utvider det gjeldende verktøyet slik at dette fanges opp der. Dette vil trolig også avhenge av om flere sertifiseringsorganisasjoner utvikler egne fôrstandarder, eller om de i større grad innlemmer dette i allerede eksisterende standarder. GSSI publiserte oktober 2021 en ny og oppdatert versjon som skal forbedre, forenkle og tillegge noen nye retningslinjer. Vi har fått tilgang til den nye versjonen av GSSI sitt verktøy via mail og referer til denne versjonen nedenfor. Denne versjonen har blant annet disse kravene til bruk av fôr i standardene de vurderer:

- Standarden krever at akvatiske ingredienser, inkludert fiskemel-/olje, (> 1 % av fôret) må kunne spores til art og opphavsland.
- Standarden krever at oppdrettsanlegget henter fôr fra fôrprodusenter som bruker kilder som forbyr fiskemel-/olje fra utrydningstruede arter
- Standarden krever at oppdrettsanlegget henter fôr fra fôrprodusenter som bruker kilder som ekskluderer ulovlig, urapportert og uregulert fiske. Dette gjelder også alger, krill, blekksprut og hel fisk og biprodukter fra fiskeri.
- Standarden krever at oppdrettsanlegget henter fôr fra fôrprodusenter som har et opplegg og en tidslinje for å for å bruke ansvarlige kilder og «beste praksiskilder», med et minstekrav om konsistens med «FAOs ecolabelling guidelines». Dette gjelder marine råvarer.
- Standarden forbyr bruk av rå fisk som direkte fôr i vekst-fasen.
- Standarden forbyr bruk av vannlevende fôrproteiner fra samme art og slekt som oppdrettsarten
- Standarden krever at oppdrettsanlegget har passende tiltak for å sørge for at fôret brukes effektivt. Dette forventes å være del av et bredere fôrstyringssystem, som bruk av kamera, pelletsensorer, opplæring, mateskuffer, etc.
- Standarden krever at fôr, fôrtilskudd, ingredienser og gjødsling er i tråd med nasjonale og lokale lover.
- Standarden krever at det føres oversikt over all bruk av fôr. Dette innebærer fôrfaktor, innkjøpsdato, prosentandel av fiskemel-/olje, eller «fish in: fish out ratio».

Kilde: (GSSI, 2021)

GSSI besvarer noe av kritikken som har kommet mot utviklingen mot uoversiktighet i sertifiseringsbransjen (Nilsen, et al. 2018). GSSI har satt i gang et forsøk på å prøve å harmonisere sertifiseringsordningene. Fraværet av offentlige myndigheters tilstedeværelse i utviklingen av standarder og dermed deres inngripen i å forme hvordan en fremtidig bærekraftig fiskeri- og akvakulturnæring skal se ut, møtes delvis av GSSI sitt forsøk på å evaluere og harmonisere de ulike standardene og vise hvordan de står seg i sammenligning med FAOs kriterier (FAO, 2020).

8.7 ASCs fôrstandard

Fôr får økt oppmerksomhet når det kommer til bærekraft. Som nevnt har utviklingen innen sertifisering kommet lengst innen marine fôrråvarer. ASCs fôrstandard ble sluppet i midten av juni 2021 og fokuserer på det som skjer på primærnæringsnivået (jordbruk og fiskeri) og på det som skjer ved prosesseringsnivået (fabrikk-relatert). På grunn av at ASC med denne standarden setter søkelyset på fôr og på en helhetlig måte innlemmer dette i sertifiseringssystemet sitt, og at både marine og plantebaserte ingredienser inngår i standarden, vil vi kort beskrive hva dette innebærer. Dette betyr

ikke at det ikke finnes andre aktører som også driver med dette, eksempelvis har også Best Aquaculture Practices en fôrstandard. Grunnen til at vi beskriver ASCs fôrstandard er at den er relativt ny og at vi i innenfor prosjektets rammer må begrense oss.

Proessen med å utvikle fôrstandarden startet i 2013 og inkluderer fôrprodusenter, ikke-statlige organisasjoner, forhandlere, oppdrettere og andre eksperter (ASC, 2021a). Standarden er antatt å skulle implementeres av fôrprodusenter fra høsten 2022, og oppdrettere har da to år på å eventuelt legge om til ASC-kompatibelt fôr for å fortsatt kunne imøtegå ASCs oppdrettsstandard (ASC, 2021b).

Blant de viktigste fokusområdene er å unngå ikke-bærekraftig fiske i produksjonen av fiskemel og fiskeolje og avskoging for å dyrke plantebaserte fôrråvarer (ASC, personlig kommunikasjon). Standarden benytter en forbedringsmodell som skal sørge for at fôrprodusenter må bruke mer råvarer fra bærekraftige fiskerier i fôret de produserer. Organisasjoner som MarinTrust (tidl. IFFO) og MSC spiller en viktig rolle i jobben med å forbedre praksisen til fôrprodusentene og MSC-sertifisering (eller tilsvarende) inngår ASCs standard (ASC, 2021c). Blant andre viktige elementer i fôrstandarden kan vi nevne dette:

- Når en bedrift inntreer i fôrstandarden skal man kategorisere hvilket bærekraftsnivå (1-4) fôringrediensene kommer fra ut fra en rekke kriterier. Forbedringsmodellen går ut på at for hver sertifiseringssyklus (hvert tredje år) skal størsteparten av de marine ingrediensene (50-100 % av fôret) ha blitt løftet et bærekraftsnivå høyere. ASC sin standard vil over tid kreve at 100% kommer fra MSC-sertifiserte fiskerier eller tilsvarende.
- Når det gjelder plantebaserte ingredienser må fôrprodusentene blant annet redegjøre for, og rapportere alle ingredienser som utgjør mer enn 1% av fôret, og ta grep for å sørge for at disse kommer fra ansvarlige kilder.
- Bedriften må forplikte seg til at det ikke skal skje, eller har skjedd noe avskoging eller landkonvertering som følge av deres produksjon av akvakulturfôr senere enn juni 2021.
- De skal kategorisere planteingrediensene innenfor tre kategorier: 1) ingredienser kjent for å ha global risiko (dvs. soya og palmeolje), 2) planter de har høyest volum av, og 3) andre planteingredienser.
- De må vurdere risikoen for at ingrediensene har bidratt til avskoging eller landkonvertering og forplikte seg til en overgang til verdikjeder uten disse konsekvensene.
- I tillegg vil de måtte rapportere energibruk og drivhusgassutslipp og arbeide for å redusere både disse og vannbruken. Det er også en del krav angående sosiale forhold som arbeidsmiljø og lokalmiljø.
- De må opplyse dersom de benytter genmodifiserte ingredienser, antibiotika eller andre medisiner og innholdet av nitrogen og fosfor for hvert fôrprodukt.
- De må årlig publisere ingredienser, råvarer og hvor råvarene er produsert. Dette gjelder ikke kommersielt sensitiv informasjon som leverandørens navn og diettformel.

Kilder: (ASC, 2021b; ASC, 2021c)

Som vi har vært inne på tidligere er ASC i rekken av uavhengige private sertifiseringsorganisasjoner som retter seg mot bærekraftig produksjon av mat. Finansieringen av ASC kommer blant annet gjennom at de mottar en prosentandel av det totale salget av sertifiserte produkter (ASC, 2021d). ASC har representanter fra privat og offentlig sektor, akademia, interesseorganisasjoner og industrien. Blant disse finner vi blant annet Mowi, Nutreco, WWF, Skretting, Biomar, Cargill, IFFO, Sainsbury's (ASC, 2021e). Akvakulturnæringa er med i utviklingen av standardene, noe som gjør at det nødvendigvis vil gjøres avveininger mellom idealistisk og praktisk innhold i standardene. En næringsstyrt idealisme slik ASC og flere av de andre sertifiseringsordningene praktiserer, vil ha en forankring blant store deler av industrien noe som trolig vil kunne skape høyere oppslutning til standardene. Samtidig kan det hevdes at standardene favoriserer store multinasjonale aktører på grunn av høye kostnader og strenge kriterier (Vormedal og Skjærseth, 2020). Bedriftene som

har representanter i ASC er store selskaper som har ressurser til å rette seg etter kriteriene som stilles i standardene, og på den måten tar de markedsandeler fra mindre produsenter som ikke har de samme midlene. På samme tid er det, som vi har diskutert ovenfor, en manglende statlig regulering på dette feltet som de private sertifiseringene tar ansvar for.

8.8 Hvor stor andel kommer fra sertifiserte kilder?

Det har blitt gjort noen undersøkelser på andelen sertifisert akvakultur og fiskeri, men de begynner å bli utdaterte. For å nevne noen, gjorde IISD (Potts et al., 2016), som har blitt referert til flere ganger tidligere, en stor undersøkelse der de kartla både hvilke arter det var snakk om, mengde og hva de ulike standardene innebar. En annen studie er Bush et al. (2013) som går kun på akvakultur. De kommer frem til at ca. 4,6 % av all akvakultur er sertifisert (målt i tonn). Rammene for dette prosjektet åpner ikke for en detaljert undersøkelse av hvor stor andel av produksjonen innen akvakultur og fiskeri som er sertifisert, men vi har gjort noen grove overslag basert på tilgjengelig informasjon hos de største sertifiseringsorganisasjonenes årsmeldinger. Det har ikke vært mulig å finne oppdaterte tall for alle sertifiseringsordningene. Våre anslag viser at 6,7 millioner tonn (8 %) av akvakulturproduksjonen i verden er sertifisert. I realiteten kan det være noe høyere, men det kan se ut til å stemme noenlunde i og med at det i 2013 ble estimert å være ca. 4,6 % (Bush et al, 2013), og 6,3 % i 2015 (Potts et al, 2016) i tillegg til at sertifisering innen akvakultur har opplevd en stor økning (Amundsen og Osmundsen, 2020). Innen fiskeri viser våre anslag at om lag 25 millioner tonn (27 %) er sertifisert. Potts et al. (2016) kom frem til at i 2015 var ca. 20% sertifisert.

8.9 Potensialet i miljøsertifiserte fôrråvarer fremover

Vår vurdering er at private sertifiseringsordninger er nødvendige for å drive utviklingen innen fiskefôr og miljø fremover. Slike ordninger er tett på markedet gjennom at de inkluderer næringsaktørene i utformingen av standardene, samtidig som de skaper oppslutning om miljøkrav blant ledende aktører. Teknologisk utvikling innenfor blant annet fôring og anlegg har utviklet seg fortere enn både forvaltning og regulering i store deler av verden, noe FAO (2020) også konkluderer med i SOFIA-rapporten. FAOs spørreundersøkelser fra 2012 viser at selv om 98 % av respondentlandene rapporterte at det ble drevet med akvakultur i deres land så var det kun 40 % av disse som hadde juridiske og institusjonelle rammer på plass. I 2018 hadde dette steget til litt over 50 %. FAO mener dette kan tyde på at veksten i akvakultur kan ha akselerert for fort til at myndighetene har klart å få dette inn i et regulatorisk rammeverk (FAO, 2020). Dette er nok noe av grunnen til at private sertifiseringsorganisasjoner har opplevd en slik vekst. Samtidig fins det argumenter for at tredjeparts-sertifisering utfordrer de tradisjonelle myndighetenes rolle i næringsutviklingen, siden standardene blir viktige for å få innpass på markedene (Vince og Haward, 2019). Disse tredjepartene har blitt beskrevet som portvoktere i de

globale verdikjedene, og definisjonsmakten kommer fra deres markedsrett. Leverandører trenger portvokternes velsignelse for å få markedsadgang (van der Ven, 2018). En økende internasjonal handel av fiskeprodukter med standarder utviklet av store grupper av forhandlere fører til utgifter i form av avgifter, mye byråkrati og lange sertifiseringsprosesser, noe som kan ekskludere leverandører fra mindre utviklede land der det regulatoriske rammeverket ikke er så velutviklet (FAO, 2020).

Selv om private initiativ kom som et svar på manglende regulering fra stater, blir de private sertifiseringene kritisert på grunn av at de er lite fleksible og at de kan virke ekskluderende. I tillegg muliggjør utviklingen at organisasjoner i industriland utøver maktmisbruk overfor utviklingsland (Bush et. al, 2013). Studier viser at utviklingsland og mindre produsenter henger etter når det gjelder å oppfylle kriterier og få sertifisering (Sampson, et. al. 2014, Mialhe et. al, 2018). Én grunn til dette er ulike ernæringstradisjoner, der karpe kan trekkes frem som eksempel. Siden karpe er en art som produseres og konsumeres hovedsakelig i det globale sør er en utbredt sertifisering av karpe lite sannsynlig (Bush et. al, 2013). Blant andre Bush et. al. (2013) og Mariojous, et. al. (2019) tar til orde for at det trengs en blanding av statlig regulering, private organisasjoner og aktører fra akvakultursektoren. Busch (2018) mener at standarder utviklet av private og tekniske eksperter i spørsmål som klimaendringer og bærekraft som er svært utfordrende og komplekse områder, er et demokratisk problem. Standarder og sertifiseringsordninger preger hvordan vi som samfunn tenker at vår fremtid skal se ut, og når det er overlatt til private aktører (med økonomiske interesser i få flest mulig til å innordne seg etter deres standard), mener han det heller bør settes i gang offentlige initiativ. Også *International Institute for Sustainable Development* (IISD) anser beslutninger fattet på politisk nivå som viktig, spesielt når det kommer til å få bukt med ulovlig, urapportert og uregulert fiske som gjennom fôr er knyttet til akvakultursektoren. Selv om de mener private standarder har god mulighet til å bidra til økt sporbarhet og samsvar i næringa gjennom bruk av markedskreftene, ser de at standardene i hovedsak virker inn mot markeder i utviklede land, og derfor har liten innvirkning i fattigere regioner. Offentlig sektor har en rolle når det gjelder å bygge ut infrastruktur til bestandsregulering, mens privat sektor bringer kapital til å utvikle produksjonsinfrastrukturen. Et offentlig/privat samarbeid i dette kan utvide og videreutvikle en mer bærekraftig sjømatindustri (Potts, et. al, 2016). Vår vurdering er at private initiativ bidrar sterkt til å sette bærekraft høyt på agendaen for bedriftene, gjennom å gjøre bærekraft til en konkurransearena. Dette har som nevnt noen implikasjoner, spesielt for mindre utviklede land. I tillegg ser vi et behov for en multilateral enighet om hvordan bærekraftskriterier skal utformes, spesielt innenfor plantebaserte fôrvarer, der det trengs en del utvikling. Bærekraft er heller ikke kun et teknisk felt, men dreier seg som nevnt om hvordan vi som samfunn ønsker at våre ressurser skal brukes og forvaltes.

Med en voksende forbrukerbevissthet rundt temaer som miljø, natur og sosiale forhold er det også grunn til å tro at en økende andel av akvakulturproduksjonen vil innrette seg etter sertifiseringsordninger ettersom forhandlere og supermarkeder på grunn av sin markedsrett kan fungere som portvoktere og kreve sertifisering for

markedsadgang (van der Ven, 2018). Samtidig viser Grunert et al. (2014) at sertifiseringsetiketter ikke spiller en stor rolle for forbrukere, dels som følge av forståelse for hva de innebærer, og dels som følge av manglende motivasjon til å velge et sertifisert produkt. Dette avhenger også av demografiske faktorer og det er forskjeller mellom land.

Som vi har vært inne på, har dreiningen i oppdrettsfiskens diett fra sjøbasert til landbasert kommet som en følge av akvakulturnæringas enorme vekst. Vi har også sett at sertifiseringen av plantebasert fôr har kommet kortere enn av marine ingredienser. En database med oversikt over standarder rettet mot atlantisk laks utviklet i prosjektet SustainFish⁸ viser at ASC, GLOBALG.A.P og BAP til sammen i 2017 hadde 28 indikatorer i sine standarder rettet mot fôr (Amundsen og Osmundsen, 2018). De aller fleste rettet seg mot innholdet av marine råvarer (fiskemel/olje). Av disse 28 indikatorene om fôr var det kun 3 indikatorer som handlet om plantebaserte råvarer spesifikt. Dette er et tankekors når landbaserte proteinkilder utgjør i overkant av 30 % av fôret for flere oppdrettsarter (reke, havabbor, dorade (gullbrasme), laks og tilapia). Andelen ingredienser fra landbaserte kilder totalt utgjør i underkant av 60 %. Til sammenligning utgjør marine proteiner gjennomsnittlig rundt 12 % av fôret, mens andelen ingredienser fra marine kilder i alt utgjør drøyt 18 % (Skretting, 2019).

Nye fôrråvarer til bruk i akvafôr skaper nye utfordringer for både nasjonale reguleringer og private standarder. Interessen for alternative fôrråvarer som kan fungere som substitutt for marine proteiner, og supplementere soya som en viktig proteinkilde er stor, også i Norge, for eksempel gjennom initiativet Råvareløftet⁹. Nye fôrkilder skaper behov for nye reguleringer og nye bærekraftstandarder. Innovasjonen på dette feltet skjer fort og det er som sagt vanskelig å vite hvilke råvarer som vil være betydelige i morgendagens fiskefôr. På samme måte vil det i økende grad bli en krevende øvelse å holde følge for myndigheter og sertifiseringsbedrifter dersom bl.a. insekter, mesopelagisk fisk og grasprotein som fôrråvarer skal innunder miljøsertifisering og -reguleringer. Selv om plantebaserte ingredienser i lengre tid har vært en svært viktig kilde i akvafôret, ser vi at de største standardene har brukt lang tid på å få vektlagt dette i sine kriterier. Det samme gjelder for FAO sine retningslinjer for akvakultur, som GSSI benytter seg av. Gjennom samtaler med GSSI har vi fått vite at det drøftes hvordan plantebaserte ingredienser kan innlemmes i FAO sine retningslinjer, som er grunnlaget for GSSI sitt verktøy for benchmarking av sertifiseringsstandarder. GSSI kom i 2021 ut med en revidert versjon av sitt verktøy, men på grunn av usikkerhet rundt hvordan plantebaserte ingredienser skulle integreres, ble dette lite berørt. Som vi har vist, har det skjedd en utvikling innenfor sertifisering av landbaserte ingredienser, og spesielt fremtredende er ASC sin

⁸ <https://sustainfish.wixsite.com/sustainfishproject/search-indicator-database>

⁹ Se mer her: <https://bellona.no/publication/nytt-magasin-ravareloftet>

fôrstandard. Det er derfor all grunn til å tro at dette vil bli et fokusområde for akvakulturnæringa i tiden fremover.

Kapittel 9. Funn og hovedfunn

9.1 Funn

1. Akvakultur er verdens raskest voksende matproduksjon.
2. Verdens akvakulturproduksjon vokste fra 4,7 mill tonn i 1980 til 22,3 mill tonn i år 2000 og til 85,3 mill tonn i 2019.
3. Vår prognose tilsier en produksjon i 2030 på 110 mill tonn.
4. Norsk akvakultur produserte i 2019 1,45 mill tonn laks og regnbueørret som utgjorde ca 6% av verdens animalske akvakultur målt i førstehandsverdi og ca 1,7 % av produksjonsvolumet målt i rund vekt. Norsk andel av verdensproduksjonen har vokst fram til 2010, men har sunket svakt siden.
5. I år 2000 var 38 % av global akvakulturproduksjon₂ fullfôra med moderne industrielt fôr, i 2019 er andelen 59 % og vår prognose for 2030 er 69 %.
6. Gjennomsnittlig fôrfaktor i fullfôra akvakultur globalt er for år 2000 beregnet til 1,84. Fôrfaktoren har gått ned til 1,55 i 2019, med prognosen for 2030 på 1,49.
7. Verdens produksjon av moderne industrielt fôr (MIF) er beregnet til 61 mill tonn i 2019. I år 2000 var volumer 16 mill tonn, og prognosen for 2030 ligger på 113 mill tonn.
8. Norske myndigheter har ambisjoner om økt vekst i akvakultur og trenger en strategi for økt bærekraftig innenlandsk fôrproduksjon og en strategi for økt bærekraftig fôrimport.
9. Fôrfaktor er egnet som mål for fôreffektivitet, bare i sammenligninger innenfor samme art og oppdrettsteknologi.
10. Sammenligning av fôreffektivitet i forhold til humanernæring og globaløkologi krever beregning av næringsinnhold i fôret og i spiselig del av slakt.
11. I ovennevnte forstand er det små forskjeller i fôreffektivitet mellom de store animalske produksjonene.
12. Produksjon av laks er omtrent like fôreffektivt som produksjon av kylling. Produksjon av gris er sannsynligvis litt mer fôreffektivt enn begge.
13. Det finnes et stort antall ulike råvarer til akvafôr som i brede kategorier er gjensidig substituerbare.
14. Bruk av ulike fôrråvarer vil variere etter pris og tilgjengelighet i markedet.
15. Landbruksbaserte råvarer til akvafôr kommer i hovedsak fra de fire vekstene: Soya, mais, hvete og raps.
16. Eksporttilbudet av de fire nevnte kommer fra åtte store eksportørland som står for 99 % av verdensmarkedet med USA og Brasil som de to største.

17. Verdensproduksjonen av fiskemel ligger på ca 5 mill tonn og fiskeolje ligger på vel 1 mill tonn. Det meste av produksjonen går nå til akvafôr. Norge har en betydelig egenproduksjon av mel og olje, men må også importere begge deler.
18. Norge er en av verdens største forbrukere av fiskemel og -olje pga oppdrett av atlanterhavslaks og regnbueørret. Medgått fiskemel i norsk akvakultur er ca 270 tusen tonn i 2019. Peru og Kina er de største produsentene av fiskemel. Peru og Vietnam er de største produsentene av fiskeolje.
19. På villfisksiden er bærekraftarbeidet med utvikling av standarder og sertifiseringssystemer kommet langt. Dette fører til at de marine forråvarene i stor grad har kommet inn i et virksomt rapporterings- og kontrollsystem.
20. Utviklingen av dette systemet har tatt ca 40 år og har gradvis fått tilslutning av alle land og er forankret i FAO.
21. Når det gjelder akvakulturfôr fra landbruk mangler foreløpig et tilsvarende system. Både kriterier og standarder mangler i operativ forstand, og da naturlig nok også praktisk oppfølging og sertifisering.
22. En rekke private bransjeinitiativ for sertifisering av landbruksbaserte råvarer er etablert. Mye tyder på at tiden er moden for å etablere et mer omfattende og forpliktende system med et offentlig-privat samarbeid.

9.2 Hovedfunn

Av de ovennevnte funn velger vi følgende fem funn som hovedfunn, ut fra en vurdering av hvilke som er viktigst og/eller har minst fokus i samfunnsdebatten.

- I. Norsk akvakultur produserte i 2019 for 1,45 mill tonn laks og regnbueørret som utgjorde ca 6 % av verdens animalske akvakultur målt i førstehåndsverdi og ca 1,7 % av produksjonsvolumet målt i rund vekt. Norsk andel av verdensproduksjonen har vokst fram til 2010, men har sunket svakt siden.
- II. Gjennomsnittlig fôrfaktor i fullfôra akvakultur globalt er for år 2000 beregnet til 1,84. Fôrfaktoren har gått ned til 1,55 i 2019, med prognosen for 2030 på 1,49. Verdens produksjon av moderne industrielt fôr (MIF) er beregnet til 61 mill tonn i 2019. I år 2000 var volumet 16 mill tonn, og prognosen for 2030 ligger på 113 mill tonn.
- III. Norske myndigheter har ambisjoner om økt vekst i akvakultur og trenger en strategi for økt bærekraftig innenlandsk fôrproduksjon og en strategi for økt bærekraftig fôrimport.

- IV. Det finnes mange fôrråvarer, både eksisterende og under utvikling, som kan erstatte hverandre etter som pris og tilgjengelighet i markedet varierer.

- V. Når det gjelder sertifisering og kriterier for akvakulturfôr fra landbruk har dette kommet kortere, både i omfang og oppslutning, enn for marine fôrråvarer. Mye tyder på at det er behov for et mer omfattende og forpliktende system, og at det er viktig å samle internasjonal støtte for dette.

Referanser

- Aas, T. S, Ytrestøyl, T. og Åsgård, T. (2019), *Resource utilization of Norwegian salmon farming in 2016*, Nofima.
- Amundsen, V. S. and T. C. Osmundsen (2018). Sustainability indicators for salmon aquaculture. *Data in Brief*. **20**: 20-29.
- Amundsen, V. S. and T. C. Osmundsen (2020). Becoming certified, becoming sustainable? Improvements from aquaculture certification schemes as experienced by those certified. *Marine Policy*. **119**: 104097.
- ASC (2020), Positive impact: Partner improvements through certification. Hentet 05.06.2021 fra: <https://www.asc-aqua.org/wp-content/uploads/2020/09/ASC0006-ME-Report-v1.1.pdf>
- ASC (2021a). *Feed Standard development*. ASC. Hentet 18.08.2021 fra: <https://www.asc-aqua.org/programme-improvements/new-feed/>
- ASC (2021b). *Feed*. Hentet 15.07.2021 fra: <https://www.asc-aqua.org/what-we-do/our-standards/feed-standard/>
- ASC. (2021c). *ASC Feed Standard. v1.0*. Hentet 14.07.2021 fra: <https://www.asc-aqua.org/what-we-do/our-standards/feed-standard/>
- ASC. (2021d). *15 Facts about the ASC*. Hentet 15.07.2021 fra: <https://www.asc-aqua.org/what-we-do/about-us/15-facts-about-the-asc/>
- ASC. (2021e). *Governance*. ASC. Hentet 16.07.2021 fra: <https://www.asc-aqua.org/what-we-do/about-us/governance/>
- Bjordal, Å., & Thorvaldsen, K. G. (2020) *Forsøksfiske etter mesopelagiske arter 2019. Oppsummerende rapport*. Rapport nr. 2020-5. Havforskningsinstituttet
- Busch, L. (2017), Standards and Their Problems: From Technical Specifications to World-Making, *Transforming the Rural (Research in Rural Sociology and Development, Vol. 24)*, Emerald Publishing Limited, s. 97-114
- Bush, S. R., Belton, B., Hall, D., Vandergeest, P., Murray, F. J., Ponte, S., Oosterveer, P., Islam, M. S., Mol, A. P. J., Hatanaka, M., Kruijssen, F., Ha, T. T. T., Little, D. C., & Kusumawati, R. (2013). Certify sustainable aquaculture? [Short Survey]. *Science*, **341**(6150), s. 1067-1068. <https://doi.org/10.1126/science.1237314>
- Coll, M., Libralato, S., Pitcher, T. J., Solidoro, C., & Tudela, S. (2013). Sustainability implications of honouring the Code of Conduct for Responsible Fisheries [Article]. *Global Environmental Change*, **23**(1), s. 157-166. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.10.017>
- Derx, B. and P. Glasbergen (2014). Elaborating global private meta-governance: An inventory in the realm of voluntary sustainability standards. *Global Environmental Change*. **27**. s. 41-50.
- Eidem, B. (2017). *Matsikkerhet og internasjonale markeder (8)*. Hentet fra: https://ruralis.no/wp-content/uploads/2018/02/r8_17-matsikkerhet-og-internasjonale-markeder-bjrn-eidem-f-31-01-18.pdf
- European Market Observatory for Fisheries and Aquaculture Products (EUMOFA) (2021) *Fishmeal and Fish oil. Production and trade flows in the EU*. Hentet 22.10.2021 fra

<https://www.eumofa.eu/documents/20178/432372/Fishmeal+and+fish+oil.pdf/d3c6e416-6b50-c68b-af61-799022da2404?t=1631084568023>

FAO (2021) *FAO Fisheries Division, Statistics and Information Branch*. FishStatJ: Universal software for fishery statistical time series. Copyright 2020.

FAO. (2020) *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action*. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>

FAO. (2018) *The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals*. Rome. <http://www.fao.org/3/I9540EN/i9540en.pdf>

FAO (1983) *Freshwater aquaculture development in China*. Report of the FAO/UNDP study tour organized for French-Speaking African countries. 22 April – 20 May 1980. FAO Fisheries Technical Paper (215): 125 pp. <http://www.fao.org/3/ad016e/AD016E06.htm#ch6>

Fiskeridirektoratet (2018) *Norske omregningsfaktorer for omregning av landet produktvekt av marin fisk og andre marine arter til rund vekt – for fiske i det nordlige Atlanterhavet og i andre farvann*. Versjon VI. Gjeldende fra 01.05.2018

Fiskeridirektoratet (2021) *Akvakulturstatistikk: matfiskproduksjon av laks, regnbueørret og ørret: Salg 1994-2020*. Hentet fra: <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Akvakulturstatistikk-tidsserier/Laks-regnbueoerret-og-oerret/Matfiskproduksjon>

Fiskeridirektoratet (2020) *Nøkkeltall fra norsk havbruksnæring 2020*. Hentet fra: <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Statistiske-publikasjoner/Noekkel-tall-for-norsk-havbruksnaering>

FOS (2020), *Annual Report 2019/2020*, Hentet 02.09.2021 fra: https://friendofthesea.org/wp-content/uploads/WSO-Annual_report-2019-2020_EN-Print-FINAL.pdf

Fry, J. P., Love, D. C., MacDonald, G. K., West, P. C., Engstrom, P. M., Nachman, K. E., & Lawrence, R. S. (2016). Environmental health impacts of feeding crops to farmed fish. *Environment International*, 91, s. 201-214. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.02.022>

Grunert, K. G., Hieke, S., & Wills, J. (2014). Sustainability labels on food products: Consumer motivation, understanding and use. *Food Policy*, 44, s. 177-189. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2013.12.001>

GSSI (2021) *Framework revisions for V2.0*. Hentet 01.11.2021 fra <https://www.ourgssi.org/benchmarking/>

GSSI (2020). *GSSI recognized certification*. Hentet 19.11, 2020, fra: <https://www.ourgssi.org/gssi-recognized-certification/>.

GSSI (2015) *Global benchmark tool: Confidence in certified seafood*. Version 1. Hentet fra: <https://www.ourgssi.org/wp-content/uploads/2019/04/GSSI-Global-Benchmark-Tool-V.1-2016.pdf>

Hansen, L. (2019). The Weak Sustainability of the Salmon Feed Transition in Norway – A Bioeconomic Case Study. *Frontiers in Marine Science*, 6(764). <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00764>

Helsedirektoratet (2020). *Utviklingen i norsk kosthold*. Oslo: Helsedirektoratet. Hentet fra <https://www.helsedirektoratet.no/rapporter/utviklingen-i-norsk-kosthold>

Hosch, G., et al. (2011). *The 1995 FAO Code of Conduct for Responsible Fisheries: Adopting, implementing or scoring results?* *Marine Policy*, 35(2): 189-200.

Hua, K., Cobcroft, J. M., Cole, A., Condon, K., Jerry, D. R., Mangott, A., Praeger, C., Vucko, M. J., Zeng, C., Zenger, K., & Strugnell, J. M. (2019). The Future of Aquatic Protein: Implications for Protein

Sources in Aquaculture Diets. *One Earth*, 1(3), s. 316-329.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.oneear.2019.10.018>

IFFO (2021) Personlig kommunikasjon via mail 07.05.2021; 10.05.2021; 04.10.2021; 06.10.2021.

IGC (2021) *World grain statistics 2020* (datasett). Hentet fra: <https://www.igc.int/en/default.aspx>

Kumar, S. (u.d.) *Forms of fish feed* (powerpoint). Hentet fra: <https://www.basu.org.in/wp-content/uploads/2020/04/FORMS-OF-FISH-FEED.pdf>

Laksefakta (2021) *Soya og laksefôr*. Hentet 15.11.2021 fra: <https://laksefakta.no/hva-spiser-laksen/soya-og-laksefor/>

Mariojouis, C., et al. (2019). *Feed and Feeding in Certification Schemes of Sustainable Aquaculture. Oceanography Challenges to Future Earth*, Cham, Springer International Publishing.

Marsden, T. (2012). Towards a real sustainable agri-food security and food policy: Beyond the ecological fallacies? *The Political Quarterly*, 83(1), 139-145.

Matoppskrift (udatert a) *Kalorier og viktig næringsinnhold i Sik, rå*. Hentet 18.10.2021 fra: <https://www.matoppskrift.no/ingrediens/sik-raa>

Matoppskrift (udatert b) *Kalorier og viktig næringsinnhold i Gjørs*. Hentet 18.10.2021 fra <https://www.matoppskrift.no/ingrediens/gjoers>

Mialhe, F., et al. (2018). *Global standardization and local complexity. A case study of an aquaculture system in Pampanga delta, Philippines. Aquaculture*. **493**: s. 365-375.

MSC (2019), *Working together for thriving oceans: The MSC Annual Report 2018-19*, <https://www.msc.org/docs/default-source/default-document-library/about-the-msc/msc-annual-report-2018-2019.pdf>

Myhre, M., Richardsen, R., Nystøyl, R., & Strandheim, G. (2021). *Analyse marint restråstoff 2020* (00633).

National Research Council, Subcommittee on Poultry Nutrition, Board on Agriculture. (1994). *Nutrient Requirements of Poultry: Ninth Revised Edition, 1994*. Washington, D.C.: National Academies Press.
<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=727&site=ehost-live>.

National Research Council. (1979). *Nutrient Requirements of Swine: Eighth revised edition, 1979*. The National Academies Press. <https://www.nap.edu/catalog/19882/nutrient-requirements-of-swine-eighth-revised-edition-1979>

Nilsen, M., et al. (2018). *Swimming in a slurry of schemes: making sense of aquaculture standards and certification schemes. Safety and Reliability-Safe Societies in a Changing World*. <http://hdl.handle.net/11250/2586637>

Nofima (2008) *Hav og Helse. Sjømat – positive helseeffekter og næringsinnhold*. Informasjonshefte.

OECD-FAO. (2021a). *OECD-FAO Agricultural Outlook (Edition 2020)* <https://data.oecd.org/agrooutput/crop-production.htm>

OECD/FAO (2021b), *OECD-FAO Agricultural Outlook 2021-2029*, FAO, Rome/OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/19428846-en>.

Potts, J., Wilkings, A., Lynch, M., McFatrige, S. (2016), *State of Sustainability Initiatives Review: Standards and the blue economy*, International Institute for Sustainable Development.

Pradeepkiran, J. A. (2019). Aquaculture role in global food security with nutritional value: a review. *Translational Animal Science*, 3(2), s. 903-910. <https://doi.org/10.1093/tas/txz012>

ProTerra (u.d) *The Proterra Standard*. Hentet 28.10.2021 fra: <https://www.proterrafoundation.org/the-proterra-standard/>

RTRS (u.d) *About RTRS*. Hentet 01.11.2021 fra <https://responsiblesoy.org/about-rtrs?lang=en>

Sampson, G. S., et al. (2015). Secure sustainable seafood from developing countries. *Science*. 348(6234): s. 504-506.

Skretting (2019) *Sustainability report: Skretting sustainability performance*, Hentet 01.12.2020 fra: skretting-sustainability-report-2019.pdf

Statistisk Sentralbyrå (2021) SSB tabell 08801: Utenrikshandel med varer, etter varenummer (HS) og land 1998-2020. Varekategori 21069093 Tilberedte næringsmidler, ikke nevnt eller innbefattet annet sted, til dyrefôr. Hentet fra: <https://www.ssb.no/statbank/table/08801/>

Store Norske Leksikon (2019) *Næringskjede*. hentet 04.10.2021 fra <https://snl.no/n%C3%A6ringskjede>

Store Norske Leksikon (2020) *Fôr*. Hentet 20.10.2021 fra <https://snl.no/f%C3%B4r>

SustainFish (2020). "Indicator Database." Hentet 19.11.2020, fra; <https://sustainfish.wixsite.com/sustainfishproject/search-indicator-database>.

Tacon, A., Hasan, M., & Metian, M. (2011). *Demand and supply of feed ingredients for farmed fish and crustaceans: trends and prospects*. <http://www.fao.org/3/ba0002e/ba0002e00.htm>

Tacon, A., & Metian, M. (2015). Feed Matters: Satisfying the Feed Demand of Aquaculture. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 23, s. 1-10. <https://doi.org/10.1080/23308249.2014.987209>

Troell, M., Naylor, R., Metian, M., Beveridge, M., Tyedmers, P., Folke, C., Arrow, K., Barrett, S., Crépin, A.-S., Ehrlich, P., Gren, Å., Kautsky, N., Levin, S., Nyborg, K., Österblom, H., Polasky, S., Scheffer, M., Walker, B., Xepapadeas, T., & Zeeuw, A. (2014). Does aquaculture add resilience to the global food system? *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 23. <https://doi.org/10.1073/pnas.1404067111>

USDA/FDC (udatert). *FoodData Central*. Hentet fra <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/?query=cod%20raw>

USDA (2020) *FoodData Central Foundation Foods. Documentation and User Guide*. April 2020.

van der Ven, H. (2018). Gatekeeper power: understanding the influence of lead firms over transnational sustainability standards. *Review of International Political Economy*. 25(5): 624-646.

Vince, J. and M. Haward (2019). Hybrid governance in aquaculture: Certification schemes and third-party accreditation. *Aquaculture*. 507: s. 322-328.

Vormedal, I., & Skjærseth, J. B. (2020). The good, the bad, or the ugly? Corporate strategies, size, and environmental regulation in the fish-farming industry. *Business and Politics*, 22(3), s. 510-536. <https://doi.org/10.1017/bap.2019.30>

Winther, U., Hognes, S. H., Jafarzadeh, S., Ziegler, F. (2020) *Greenhouse gas emissions of Norwegian seafood products in 2017*. SINTEF, Trondheim.

World Bank (udatert) Population, total – World. Hentet 04.10.2021 fra:
<https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=1W>

Ånestad, A., & Sollund, S. (2021, 08.07.2021). Regjeringen vil ha sterk vekst i lakseproduksjonen – helt urealistisk mener folkeaksjon. *NRK*. https://www.nrk.no/norge/regjeringen-vil-ha-sterk-vekst-i-lakseproduksjonen-_helt-urealistisk-mener-folkeaksjon-1.15568061

Vedlegg

Vedlegg 1:

Kinakarper fôra 2000 – 2019 med prognose til 2030. Produksjon av fisk og forbruk av moderne industrielt fôr (MIF).

I 1000 tonn rund vekt	Kina-karper (fôra)		andel på mod. industrielt fôr	faktor fôr- konvertering	tot. forbruk mod. ind. fôr
	produksjon	årsvekst			
År					
2000	7184	3,9 %	37 %	2	5316
2001	7730	7,6 %	38 %	1,9	5581
2002	8105	4,9 %	42 %	1,9	6468
2003	8467	4,5 %	43 %	1,9	6918
2004	8195	-3,2 %	44 %	1,9	6851
2005	8622	5,2 %	45 %	1,8	6983
2006	8813	2,2 %	46 %	1,8	7297
2007	9305	5,6 %	47 %	1,8	7872
2008	9690	4,1 %	48 %	1,8	8372
2009	10245	5,7 %	49 %	1,8	9036
2010	10723	4,7 %	50 %	1,8	9650
2011	11019	2,8 %	51 %	1,7	9554
2012	11413	3,6 %	52 %	1,7	10089
2013	11965	4,8 %	53 %	1,7	10780
2014	12637	5,6 %	54 %	1,7	11601
2015	13252	4,9 %	55 %	1,7	12390
2016	13767	3,9 %	56 %	1,7	13106
2017	13720	-0,3 %	57 %	1,7	13294
2018	14179	3,4 %	58 %	1,6	13159
2019	14346	1,2 %	59 %	1,6	13542
2020	14635	2,0 %	60 %	1,6	14050
2021	14862	1,5 %	61 %	1,6	14505
2022	15163	2,0 %	62 %	1,6	15041
2023	15419	1,7 %	63 %	1,6	15542
2024	15700	1,8 %	64 %	1,6	16076
2025	15977	1,8 %	65 %	1,6	16617
2026	16269	1,8 %	66 %	1,6	17180
2027	16558	1,8 %	67 %	1,6	17751
2028	16856	1,8 %	68 %	1,5	17193
2029	17158	1,8 %	69 %	1,5	17759
2030	17467	1,8 %	70 %	1,5	18340
Snitt årsvekst 2000 -2019		3,71 %			

Gul bakgrunn = tall endret ift Tacon & Metian (2015) etter Kinarevisjonen ca 2018 (ref s 11, SOFIA 2020)

Grønn bakgrunn = tall inter- eller ekstrapolert i prosjektet med utgangspunkt i Tacon og Metian (2015)

Vedlegg 2

Tilapia 2000 – 2019 med prognose til 2030. Produksjon av fisk og forbruk av moderne industrielt fôr (MIF).

I 1000 tonn rund vekt	Tilapia		andel på MIF	faktor fôr- konvertering	tot. forbruk mod. Ind. fôr
	produksjon	årsvekst			
År					
2000	1190	14,7 %	75 %	1,9	1696
2001	1302	9,4 %	76 %	1,9	1880
2002	1417	8,9 %	77 %	1,8	1965
2003	1587	12,0 %	78 %	1,8	2228
2004	1795	13,1 %	79 %	1,8	2553
2005	1992	10,9 %	80 %	1,8	2868
2006	2265	13,7 %	81 %	1,7	3119
2007	2554	12,8 %	82 %	1,7	3560
2008	2826	10,7 %	83 %	1,7	3988
2009	3089	9,3 %	84 %	1,7	4410
2010	3494	13,1 %	85 %	1,7	5049
2011	3917	12,1 %	86 %	1,7	5727
2012	4426	13,0 %	87 %	1,7	6546
2013	4737	7,0 %	88 %	1,7	7086
2014	5159	8,9 %	89 %	1,7	7805
2015	5459	5,8 %	90 %	1,7	8352
2016	5583	2,3 %	91 %	1,7	8637
2017	5918	6,0 %	92 %	1,7	9255
2018	6029	1,9 %	93 %	1,6	8971
2019	6188	2,6 %	94 %	1,6	9307
2020	6386	3,2 %	95 %	1,6	9707
2021	6605	3,4 %	96 %	1,6	10145
2022	6789	2,8 %	97 %	1,6	10537
2023	6994	3,0 %	98 %	1,6	10966
2024	7211	3,1 %	99 %	1,6	11422
2025	7433	3,1 %	100 %	1,6	11893
2026	7656	3,0 %	100 %	1,6	12250
2027	7890	3,1 %	100 %	1,6	12623
2028	8131	3,1 %	100 %	1,5	12196
2029	8379	3,0 %	100 %	1,5	12568
2030	8633	3,0 %	100 %	1,5	12950
Snitt årsvekst	2000 - 2019	9,07 %			

Grønn bakgrunn = tall inter- eller ekstrapolert i prosjektet med utgangspunkt i Tacon og Metian (2015)

Vedlegg 3

Maller 2000 – 2019 med prognose til 2030. Produksjon av fisk og forbruk av moderne industrielt fôr (MIF).

I 1000 tonn rund vekt	Maller		andel	faktor fôr-	tot. forbruk
År	produksjon	årsvekst	på MIF	konvertering	mod. ind. fôr
2000	529	-2,3 %	0,72	1,8	686
2001	559	5,6 %	0,73	1,8	735
2002	667	19,2 %	0,73	1,7	827
2003	1034	55,2 %	0,74	1,7	1301
2004	1269	22,7 %	0,74	1,6	1503
2005	1500	18,2 %	0,75	1,6	1800
2006	1788	19,2 %	0,75	1,5	2011
2007	2265	26,7 %	0,76	1,5	2582
2008	3217	42,0 %	0,76	1,5	3667
2009	3222	0,2 %	0,77	1,5	3721
2010	3619	12,3 %	0,77	1,5	4180
2011	3774	4,3 %	0,78	1,4	4121
2012	4266	13,0 %	0,78	1,4	4659
2013	4609	8,0 %	0,79	1,4	5097
2014	4883	5,9 %	0,79	1,4	5400
2015	4954	1,5 %	0,8	1,4	5549
2016	5250	6,0 %	0,8	1,4	5881
2017	5691	8,4 %	0,81	1,4	6453
2018	5768	1,4 %	0,81	1,3	6073
2019	6264	8,6 %	0,82	1,3	6678
2020	6645	6,1 %	0,82	1,3	7084
2021	7051	6,1 %	0,82	1,3	7517
2022	7442	5,5 %	0,83	1,3	8030
2023	7932	6,6 %	0,83	1,3	8558
2024	8414	6,1 %	0,84	1,3	9188
2025	8925	6,1 %	0,85	1,3	9863
2026	9467	6,1 %	0,86	1,3	10584
2027	10054	6,2 %	0,86	1,3	11241
2028	10668	6,1 %	0,86	1,3	11927
2029	11321	6,1 %	0,86	1,3	12657
2030	12014	6,1 %	0,86	1,3	13432
Snitt årsvekst	2000 - 2019	13,89 %			

Gul bakgrunn = tall endret ift Tacon & Metian (2015) etter Kinarevisjonen ca 2018 (ref s 11, SOFIA 2020)

Grønn bakgrunn = tall inter- eller ekstrapolert i prosjektet med utgangspunkt i Tacon og Metian (2015)

Vedlegg 4

Laks (atL., coho etc.) 2000 – 2019 med prognose til 2030. Produksjon av fisk og forbruk av moderne industrielt fôr (MIF).

I 1000 tonn rund vekt	Laks		andel på MIF	faktor fôr- konvertering	tot. forbruk mod. ind. fôr
	produksjon	årsvekst			
År					
2000	1021	12,3 %	100 %	1,3	1328
2001	1201	17,6 %	100 %	1,3	1561
2002	1219	1,5 %	100 %	1,3	1585
2003	1275	4,5 %	100 %	1,3	1657
2004	1373	7,7 %	100 %	1,3	1784
2005	1395	1,6 %	100 %	1,3	1813
2006	1460	4,7 %	100 %	1,3	1898
2007	1512	3,6 %	100 %	1,3	1966
2008	1579	4,4 %	100 %	1,3	2053
2009	1653	4,6 %	100 %	1,3	2148
2010	1603	-3,0 %	100 %	1,3	2084
2011	1928	20,3 %	100 %	1,3	2506
2012	2280	18,3 %	100 %	1,3	2964
2013	2290	0,4 %	100 %	1,3	2977
2014	2548	11,3 %	100 %	1,3	3313
2015	2569	0,8 %	100 %	1,3	3340
2016	2414	-6,0 %	100 %	1,3	3138
2017	2578	6,8 %	100 %	1,3	3351
2018	2627	1,9 %	100 %	1,3	3415
2019	2869	9,2 %	100 %	1,3	3730
2020	2955	3,0 %	100 %	1,3	3841
2021	3109	5,2 %	100 %	1,3	4042
2022	3259	4,8 %	100 %	1,3	4237
2023	3441	5,6 %	100 %	1,3	4473
2024	3601	4,6 %	100 %	1,3	4681
2025	3783	5,1 %	100 %	1,3	4918
2026	3973	5,0 %	100 %	1,3	5165
2027	4175	5,1 %	100 %	1,3	5427
2028	4382	5,0 %	100 %	1,3	5696
2029	4602	5,0 %	100 %	1,3	5983
2030	4834	5,0 %	100 %	1,3	6284
Snitt årsvekst 2000 -2019		5,59 %			

Gul bakgrunn = tall endret ift Tacon & Metian (2015) etter Kinarevisjonen ca 2018 (ref s 11, SOFIA 2020)

Grønn bakgrunn = tall inter- eller ekstrapolert i prosjektet med utgangspunkt i Tacon og Metian (2015)

Vedlegg 5 A

Ørret (regnbueørret etc.) 2000 – 2019 med prognose til 2030. Produksjon av fisk og forbruk av moderne industrielt fôr (MIF).

I 1000 tonn rund vekt	Ørret		andel	faktor fôr-	tot. forbruk
År	produksjon	årsvekst	på MIF	konvertering	mod. ind. fôr
2000	512	7,6 %	100 %	1,3	666
2001	570	11,3 %	100 %	1,3	741
2002	566	-0,7 %	100 %	1,3	736
2003	572	1,1 %	100 %	1,3	743
2004	580	1,5 %	100 %	1,3	754
2005	575	-0,9 %	100 %	1,3	748
2006	621	7,9 %	100 %	1,3	807
2007	682	9,8 %	100 %	1,3	886
2008	696	2,2 %	100 %	1,3	905
2009	772	10,9 %	100 %	1,3	1004
2010	775	0,3 %	100 %	1,3	1007
2011	812	4,8 %	100 %	1,3	1055
2012	903	11,2 %	100 %	1,3	1174
2013	838	-7,2 %	100 %	1,3	1090
2014	821	-2,1 %	100 %	1,3	1067
2015	777	-5,3 %	100 %	1,3	1010
2016	863	11,0 %	100 %	1,3	1122
2017	864	0,2 %	100 %	1,3	1124
2018	875	1,3 %	100 %	1,3	1138
2019	940	7,4 %	100 %	1,3	1222
2020	987	5,0 %	100 %	1,3	1283
2021	1021	3,4 %	100 %	1,3	1327
2022	1064	4,3 %	100 %	1,3	1383
2023	1118	5,0 %	100 %	1,3	1453
2024	1167	4,4 %	100 %	1,3	1517
2025	1217	4,3 %	100 %	1,3	1582
2026	1272	4,5 %	100 %	1,3	1653
2027	1330	4,6 %	100 %	1,3	1729
2028	1389	4,4 %	100 %	1,3	1805
2029	1450	4,4 %	100 %	1,3	1885
2030	1515	4,5 %	100 %	1,3	1970
Snitt årsvekst 2000 - 2019		3,25 %			

Gul bakgrunn = tall endret ift Tacon & Metian (2015) etter Kinarevisjonen ca 2018 (ref s 11, SOFIA 2020)

Grønn bakgrunn = tall inter- eller ekstrapolert i prosjektet med utgangspunkt i Tacon og Metian (2015)

Vedlegg 5 B

Norsk laks og regnbueørret i sum, produksjon 2000 – 2019. Prognose til 2030.

I 1000 tonn rund vekt	Norsk laks & regnbueørret		andel på MIF	faktor fôr- konvertering	tot. forbruk mod. ind. fôr
	produksjon	årsvekst			
År					
2000	489		100 %	1,3	635
2001	508	3,9 %	100 %	1,3	660
2002	546	7,5 %	100 %	1,3	710
2003	578	5,9 %	100 %	1,3	752
2004	627	8,4 %	100 %	1,3	815
2005	645	2,9 %	100 %	1,3	839
2006	693	7,3 %	100 %	1,3	900
2007	822	18,6 %	100 %	1,3	1068
2008	823	0,2 %	100 %	1,3	1070
2009	937	13,9 %	100 %	1,3	1218
2010	994	6,1 %	100 %	1,3	1292
2011	1123	13,0 %	100 %	1,3	1460
2012	1307	16,3 %	100 %	1,3	1699
2013	1240	-5,1 %	100 %	1,3	1612
2014	1327	7,1 %	100 %	1,3	1725
2015	1376	3,7 %	100 %	1,3	1789
2016	1321	-4,0 %	100 %	1,3	1718
2017	1303	-1,4 %	100 %	1,3	1694
2018	1350	3,6 %	100 %	1,3	1755
2019	1447	7,2 %	100 %	1,3	1882
2020	1467	1,4 %	100 %	1,3	1907
2021	1507	2,7 %	100 %	1,3	1959
2022	1562	3,7 %	100 %	1,3	2031
2023	1621	3,7 %	100 %	1,3	2107
2024	1668	2,9 %	100 %	1,3	2168
2025	1722	3,3 %	100 %	1,3	2238
2026	1780	3,4 %	100 %	1,3	2314
2027	1839	3,3 %	100 %	1,3	2391
2028	1898	3,2 %	100 %	1,3	2468
2029	1961	3,3 %	100 %	1,3	2549
2030	2026	3,3 %	100 %	1,3	2634
Snitt årsvekst 2000 -2019		5,88			

Grønn bakgrunn = prognose.

Uten farge, statistikk tall FAO/Fiskeridirektoratet

Vedlegg 6

Ål (japansk ål, europeisk ål etc.) 2000 – 2019 med prognose til 2030. Produksjon av fisk og forbruk av moderne industrielt fôr (MIF).

I 1000 tonn rund vekt	Ål		andel	faktor fôr-	tot. forbruk
År	produksjon	årsvekst	på MIF	konvertering	mod. ind. fôr
2000	212	6,7 %	0,92	1,8	351
2001	210	-0,9 %	0,92	1,7	329
2002	210	-0,2 %	0,93	1,7	332
2003	210	0,1 %	0,93	1,7	332
2004	224	6,5 %	0,94	1,6	336
2005	217	-2,9 %	0,94	1,6	327
2006	251	15,8 %	0,95	1,6	382
2007	273	8,8 %	0,95	1,6	416
2008	265	-3,1 %	0,95	1,6	403
2009	272	2,4 %	0,95	1,6	413
2010	264	-2,9 %	0,96	1,6	405
2011	242	-8,1 %	0,96	1,6	372
2012	222	-8,2 %	0,96	1,6	342
2013	214	-3,7 %	0,96	1,5	309
2014	230	7,3 %	0,97	1,5	334
2015	252	9,8 %	0,97	1,5	367
2016	251	-0,4 %	0,97	1,5	366
2017	260	3,3 %	0,97	1,5	378
2018	269	3,5 %	0,98	1,5	395
2019	272	1,0 %	0,98	1,5	399
2020	277	1,9 %	0,98	1,5	407
2021	283	2,4 %	0,98	1,5	417
2022	290	2,2 %	0,99	1,5	430
2023	295	1,9 %	0,99	1,5	438
2024	301	2,1 %	0,99	1,5	447
2025	308	2,1 %	1	1,5	462
2026	314	2,1 %	1	1,5	471
2027	321	2,0 %	1	1,5	481
2028	327	2,1 %	1	1,5	491
2029	334	2,1 %	1	1,5	501
2030	341	2,1 %	1	1,5	512
Snitt årsvekst 2000 -2019		1,40 %			

Gul bakgrunn = tall endret ift Tacon & Metian (2015) etter Kinarevisjonen ca 2018 (ref s 11, SOFIA 2020)

Grønn bakgrunn = tall inter- eller ekstrapolert i prosjektet med utgangspunkt i Tacon og Metian (2015)

Vedlegg 7

Melkefisk 2000 – 2019 med prognose til 2030. Produksjon av fisk og forbruk av moderne industrielt fôr (MIF).

I 1000 tonn rund vekt	Melkefisk		andel	faktor fôr-	tot. forbruk
År	produksjon	årsvekst	på MIF	konvertering	Mod. int. fôr
2000	468	5,9 %	34 %	2	318
2001	495	5,8 %	35 %	2	346
2002	528	6,7 %	36 %	2	380
2003	552	4,6 %	37 %	2	409
2004	574	3,9 %	38 %	2	436
2005	595	3,7 %	39 %	2	464
2006	585	-1,6 %	40 %	2	468
2007	668	14,0 %	41 %	2	547
2008	676	1,3 %	42 %	2	568
2009	718	6,1 %	43 %	2	617
2010	809	12,7 %	45 %	2	728
2011	891	10,2 %	46 %	2	820
2012	943	5,8 %	47 %	2	887
2013	1044	10,7 %	48 %	1,9	952
2014	1041	-0,3 %	49 %	1,9	970
2015	1115	7,1 %	50 %	1,8	1004
2016	1195	7,1 %	51 %	1,8	1097
2017	1167	-2,3 %	52 %	1,7	1032
2018	1327	13,7 %	53 %	1,7	1196
2019	1537	15,8 %	54 %	1,7	1411
2020	1669	8,6 %	55 %	1,6	1469
2021	1818	8,9 %	56 %	1,6	1629
2022	1982	9,0 %	57 %	1,6	1808
2023	2160	9,0 %	58 %	1,6	2005
2024	2355	9,0 %	59 %	1,5	2084
2025	2567	9,0 %	60 %	1,5	2310
2026	2798	9,0 %	61 %	1,5	2560
2027	3049	9,0 %	62 %	1,5	2836
2028	3324	9,0 %	63 %	1,5	3141
2029	3623	9,0 %	64 %	1,4	3246
2030	3949	9,0 %	65 %	1,4	3594
Snitt årsvekst 2000 -2019		6,46 %			

Grønn bakgrunn = tall inter- eller ekstrapolert i prosjektet med utgangspunkt i Tacon og Metian (2015)

Mørk grønn bakgrunn: maks årsvekstprognose 9,0 %, når 4-års snitt > 9,0 %

Vedlegg 8

Annen diadrom fisk (annen enn laks, ørret, ål og melkefisk) 2000 – 2019 med prognose til 2030. Produksjon av fisk og forbruk av moderne industrielt fôr (MIF).

I 1000 tonn rund vekt	Diadrom og fv.-fisk, annen		andel på MIF	faktor fôr- konvertering	tot. forbruk fod. Ind. fôr
	produksjon	årsvekst			
År					
2000	284	7,5 %	10 %	2	57
2001	243	-14,3 %	12 %	2	58
2002	289	18,9 %	14 %	2	81
2003	770	166,1 %	16 %	2	246
2004	876	13,7 %	18 %	2	315
2005	987	12,6 %	20 %	2	395
2006	1110	12,5 %	22 %	2	488
2007	1244	12,1 %	24 %	2	597
2008	1304	4,8 %	26 %	2	678
2009	1421	8,9 %	28 %	2	796
2010	1542	8,5 %	30 %	2	925
2011	1690	9,6 %	32 %	2	1082
2012	1835	8,6 %	34 %	1,8	1123
2013	2034	10,8 %	36 %	1,8	1318
2014	2161	6,3 %	38 %	1,8	1478
2015	2177	0,7 %	40 %	1,8	1568
2016	2313	6,2 %	42 %	1,8	1749
2017	2742	18,5 %	44 %	1,8	2171
2018	2344	-14,5 %	46 %	1,7	1833
2019	2470	5,4 %	48 %	1,7	2015
2020	2566	3,9 %	50 %	1,7	2181
2021	2652	3,3 %	52 %	1,7	2344
2022	2639	-0,5 %	54 %	1,7	2422
2023	2719	3,0 %	56 %	1,7	2588
2024	2785	2,4 %	58 %	1,7	2746
2025	2843	2,1 %	60 %	1,7	2900
2026	2893	1,8 %	60 %	1,7	2951
2027	2961	2,3 %	60 %	1,7	3020
2028	3025	2,2 %	60 %	1,7	3085
2029	3088	2,1 %	60 %	1,6	2964
2030	3152	2,1 %	60 %	1,6	3026
Snitt årsvekst	2004 - 2019	7,16 %			

Gul bakgrunn = tall endret ift Tacon & Metian (2015) etter Kinarevisjonen ca 2018 (ref s 11, SOFIA 2020)

Grønn bakgrunn = tall inter- eller ekstrapolert i prosjektet med utgangspunkt i Tacon og Metian (2015)

Vedlegg 9

Marin fisk (saltvannsfisk) 2000 – 2019 med prognose til 2030. Produksjon av fisk og forbruk av moderne industrielt fôr (MIF).

I 1000 tonn rund vekt	Marin fisk		andel	faktor fôr-	tot. forbruk
År	produksjon	årsvekst	på MIF	konvertering	mod. ind. fôr
2000	977	16,4 %	60 %	2	1172
2001	1051	7,6 %	62 %	2	1303
2002	1162	10,6 %	65 %	2	1511
2003	1229	5,7 %	67 %	2	1646
2004	1277	3,9 %	70 %	1,9	1698
2005	1441	12,8 %	70 %	1,9	1916
2006	1637	13,6 %	71 %	1,9	2209
2007	1725	5,3 %	72 %	1,9	2359
2008	1942	12,6 %	72 %	1,9	2656
2009	1906	-1,8 %	73 %	1,9	2644
2010	1859	-2,5 %	74 %	1,9	2614
2011	2019	8,6 %	75 %	1,8	2725
2012	2131	5,6 %	76 %	1,8	2915
2013	2206	3,5 %	77 %	1,8	3058
2014	2315	4,9 %	78 %	1,7	3069
2015	2433	5,1 %	80 %	1,7	3308
2016	2563	5,4 %	81 %	1,7	3530
2017	2884	12,5 %	82 %	1,7	4020
2018	2995	3,9 %	83 %	1,6	3978
2019	3194	6,6 %	84 %	1,6	4293
2020	3421	7,1 %	85 %	1,6	4652
2021	3678	7,5 %	86 %	1,6	5061
2022	3909	6,3 %	87 %	1,6	5442
2023	4178	6,9 %	88 %	1,6	5883
2024	4469	6,9 %	89 %	1,5	5966
2025	4777	6,9 %	90 %	1,5	6449
2026	5100	6,8 %	91 %	1,5	6962
2027	5451	6,9 %	92 %	1,5	7522
2028	5825	6,9 %	93 %	1,5	8126
2029	6225	6,9 %	94 %	1,5	8777
2030	6650	6,8 %	95 %	1,5	9477
Snitt årsvekst 2000 - 2019		6,43 %			

Gul bakgrunn = tall endret ift Tacon & Metian (2015) etter Kinarevisjonen ca 2018 (ref s 11, SOFIA 2020)

Grønn bakgrunn = tall inter- eller ekstrapolert i prosjektet med utgangspunkt i Tacon og Metian (2015)

Vedlegg 10

I 1000 tonn rund vekt	Reker		andel	faktor fôr-	tot. forbruk-
År	produksjon	årsvekst	på MIF	konvertering	mod. ind. fôr
2000	1137	8,6 %	0,77	2	1751
2001	1311	15,3 %	0,78	2	2045
2002	1467	11,9 %	0,78	1,9	2174
2003	2051	39,8 %	0,79	1,9	3078
2004	2365	15,3 %	0,79	1,9	3549
2005	2668	12,8 %	0,8	1,9	4056
2006	3145	17,9 %	0,8	1,8	4529
2007	3295	4,8 %	0,81	1,8	4805
2008	3400	3,2 %	0,81	1,8	4958
2009	3514	3,4 %	0,82	1,8	5187
2010	3583	2,0 %	0,82	1,7	4995
2011	3968	10,7 %	0,83	1,7	5598
2012	4064	2,4 %	0,84	1,7	5804
2013	4141	1,9 %	0,84	1,7	5913
2014	4565	10,3 %	0,85	1,7	6597
2015	4824	5,7 %	0,85	1,7	6971
2016	5106	5,8 %	0,85	1,7	7378
2017	5715	11,9 %	0,86	1,7	8356
2018	6046	5,8 %	0,86	1,6	8320
2019	6555	8,4 %	0,87	1,6	9125
2020	7079	8,0 %	0,87	1,6	9855
2021	7684	8,5 %	0,88	1,6	10819
2022	8274	7,7 %	0,88	1,6	11650
2023	8949	8,2 %	0,89	1,5	11947
2024	9674	8,1 %	0,89	1,5	12914
2025	10459	8,1 %	0,9	1,5	14119
2026	11297	8,0 %	0,9	1,5	15251
2027	12212	8,1 %	0,91	1,5	16669
2028	13198	8,1 %	0,91	1,5	18016
2029	14264	8,1 %	0,92	1,5	19685
2030	15415	8,1 %	0,93	1,5	21504
Snitt årsvekst 2000 - 2019		9,66 %			

Gul bakgrunn = tall endret ift Tacon & Metian (2015) etter Kinarevisjonen ca 2018 (ref s 11, SOFIA 2020)

Grønn bakgrunn = tall inter- eller ekstrapolert i prosjektet med utgangspunkt i Tacon og Metian (2015)

Vedlegg 11

Ferskvannskrepsdyr, andre (enn reker, hovedsakelig louisianakreps) 2000 – 2019 med prognose til 2030. Produksjon og forbruk av moderne industrielt fôr (MIF).

I 1000 tonn rund vekt	Fv krepsdyr, andre		andel på MIF	faktor fôr- konvertering	tot. fôr- forbruk
	produksjon	årsvekst			
År					
2000	429	57,1 %	40 %	2,4	411
2001	521	21,5 %	41 %	2,4	513
2002	577	10,8 %	42 %	2,3	557
2003	785	36,0 %	43 %	2,3	776
2004	846	7,8 %	44 %	2,2	819
2005	914	8,0 %	45 %	2,2	905
2006	1007	10,2 %	46 %	2,1	972
2007	1272	26,3 %	47 %	2,1	1255
2008	1374	8,0 %	48 %	2	1319
2009	1532	11,5 %	49 %	2	1501
2010	1634	6,7 %	50 %	2	1634
2011	1580	-3,4 %	51 %	2	1611
2012	1671	5,8 %	52 %	1,9	1651
2013	1789	7,1 %	53 %	1,9	1801
2014	1840	2,9 %	54 %	1,9	1888
2015	1934	5,1 %	55 %	1,9	2021
2016	2168	12,1 %	56 %	1,9	2307
2017	2508	15,7 %	57 %	1,9	2716
2018	3002	19,7 %	58 %	1,8	3134
2019	3475	15,8 %	59 %	1,8	3691
2020	3788	9,0 %	60 %	1,8	4091
2021	4129	9,0 %	61 %	1,8	4534
2022	4501	9,0 %	62 %	1,8	5023
2023	4906	9,0 %	63 %	1,7	5254
2024	5347	9,0 %	64 %	1,7	5818
2025	5829	9,0 %	65 %	1,7	6441
2026	6353	9,0 %	66 %	1,7	7128
2027	6925	9,0 %	67 %	1,7	7888
2028	7548	9,0 %	68 %	1,7	8726
2029	8228	9,0 %	69 %	1,8	10219
2030	8968	9,0 %	70 %	1,8	11300
Snitt årsvekst		11,65 %			

Gul bakgrunn = tall endret ift Tacon & Metian (2015) etter Kinarevisjonen ca 2018 (ref s 11, SOFIA 2020)

Grønn bakgrunn = tall inter- eller ekstrapolert i prosjektet med utgangspunkt i Tacon og Metian (2015)

Mørk grønn bakgrunn: maks årsvekstprognose 9,0 %, når 4-års snitt > 9,0 %

Vedlegg 12

Indiakarper, ufôra Kinakarper og beregnet restkategori. Produksjon i 1000 tonn 2000 - 2019, med prognose til 2030. Årsvekst, andel på moderne industrielt fôr og fôrfaktor.

	Produksjon i 1000 tonn			Årsvekst i produksjon			Andel på mod. ind. fôr		Fôrfaktor	
	Indiakarper	Kinakarper(uf)	Restkategori	Indiakarper	Kinakarper (uf)	Restkat.	Indiakarper	Restkategori	Indiakarper	Restkategori
2000	1888	3988	2437				6 %	38 %	2	1,8
2001	1531	4358	2772	-23 %	8 %	12 %	6 %	40 %	2	1,8
2002	1746	4504	2963	12 %	3 %	6 %	7 %	42 %	2	1,8
2003	1913	4861	1838	9 %	7 %	-61 %	7 %	43 %	2	1,8
2004	2944	4637	2626	35 %	-5 %	30 %	8 %	44 %	2	1,8
2005	3122	4859	2764	6 %	5 %	5 %	8 %	45 %	2	1,8
2006	3305	5069	3018	6 %	4 %	8 %	9 %	47 %	2	1,7
2007	3461	5315	2764	5 %	5 %	-9 %	9 %	48 %	2	1,7
2008	3625	5656	2966	5 %	6 %	7 %	10 %	49 %	2	1,7
2009	3799	5916	2919	5 %	4 %	-2 %	10 %	50 %	2	1,7
2010	3962	6238	3038	4 %	5 %	4 %	11 %	50 %	2	1,7
2011	3851	6351	3147	-3 %	2 %	3 %	11 %	52 %	2	1,6
2012	4223	6591	3293	9 %	4 %	4 %	12 %	53 %	2	1,6
2013	4366	6959	3909	3 %	5 %	16 %	12 %	54 %	2	1,6
2014	4354	7330	3948	0 %	5 %	1 %	13 %	55 %	2	1,6
2015	4566	7659	3996	5 %	4 %	1 %	13 %	56 %	2	1,6
2016	4831	7897	4369	6 %	3 %	9 %	14 %	56 %	2	1,6
2017	5178	7693	4259	7 %	-3 %	-3 %	14 %	58 %	2	1,6
2018	5650	8058	4684	8 %	5 %	9 %	15 %	58 %	2	1,6
2019	5803	8238	4640	3 %	2 %	-1 %	15 %	59 %	2	1,6
2020	6139	8384	4804	6 %	2 %	4 %	15 %	60 %	2	1,6
2021	6500	8507	4913	6 %	1 %	2 %	16 %	61 %	2	1,6
2022	6868	8718	5084	6 %	2 %	3 %	16 %	62 %	2	1,6
2023	7211	8891	5190	5 %	2 %	2 %	17 %	63 %	2	1,5
2024	7614	9062	5337	6 %	2 %	3 %	17 %	64 %	2	1,5
2025	8035	9239	5480	6 %	2 %	3 %	18 %	65 %	2	1,5
2026	8472	9432	5631	5 %	2 %	3 %	18 %	66 %	2	1,5
2027	8928	9620	5777	5 %	2 %	3 %	19 %	67 %	2	1,5
2028	9418	9811	5934	5 %	2 %	3 %	19 %	67 %	2	1,5
2029	9932	10008	6093	5 %	2 %	3 %	20 %	68 %	2	1,5
2030	10473	10210	6257	5 %	2 %	3 %	20 %	69 %	2	1,5
Aritm snittvekst 2000 - 2019				5 %	4 %	2 %				

Indiakarper beregnet ut fra AFFRIS artikler (FAO, udatert). Restkategori beregnet ut fra veid gjennomsnitt av andre kategorier.

Vedlegg 13

Global oppdrettsproduksjon av fisk, skalldyr og skjell, mill tonn rund vekt

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Fisk	21	22	24	24	26	28	30	32	34	36
Krepsdyr	2	2	2	3	3	4	4	5	5	5
Skjell	10	10	11	11	12	12	13	13	13	13
Sum	32	34	37	39	42	44	47	49	52	54
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Fisk	38	39	42	45	47	49	51	53	54	56
Krepsdyr	5	6	6	6	7	7	8	9	9	10
Skjell	14	14	14	15	16	16	17	17	18	18
Sum	57	59	63	66	70	72	76	79	81	84

Vedlegg 14

År	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Produksjon akvakultur ⁴ (mill tn)	5	5	6	6	7	8	9	11	12	12
Årsvekst	8 %	11 %	8 %	10 %	12 %	16 %	14 %	15 %	11 %	5 %
År	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Produksjon akvakultur ⁴ (mill tn)	13	14	15	18	21	24	27	27	28	31
Årsvekst	6 %	5 %	12 %	16 %	17 %	17 %	9 %	3 %	4 %	8 %
År	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Produksjon akvakultur ⁴ (mill tn)	32	35	37	39	42	44	47	50	53	55
Årsvekst	5 %	7 %	6 %	6 %	8 %	6 %	7 %	6 %	6 %	4 %
År	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Produksjon akvakultur ⁴ (mill tn)	58	60	63	67	71	73	76	79	82	85
Årsvekst	4,7 %	3,5 %	6,2 %	5,5 %	5,3 %	3,2 %	5,1 %	4,0 %	3,5 %	3,7 %

Vedlegg 15

Akvakulturproduksjon₃ i mill tonn fordelt på fisk, krepsdyr og skjell

År	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Fisk	21	22	24	24	26	28	30	32	34	36
Krepsdyr	2	2	2	3	3	4	4	5	5	5
Skjell	10	10	11	11	12	12	13	13	13	13
Sum	32	34	37	39	42	44	47	49	52	54

År	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Fisk	38	39	42	45	47	49	51	53	54	56
Krepsdyr	5	6	6	6	7	7	8	9	9	10
Skjell	14	14	14	15	16	16	17	17	18	18
Sum	57	59	63	66	70	72	76	79	81	84

Vedlegg 16

Mat. Spiselig del av akvakulturproduksjon₃ i mill tonn fordelt på fisk, krepsdyr og musling

År	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Fisk (mat 62 %)	12,9	13,7	14,6	15,0	16,3	17,3	18,5	19,6	21,3	22,2
Krepsdyr (mat 36%)	0,6	0,7	0,8	1,1	1,2	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9
Musling (mat 15%)	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,8	1,9	2,0	2,0	2,0
Sum	15,0	16,0	17,0	17,8	19,3	20,5	21,9	23,3	25,0	26,1

År	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Fisk (mat 62 %)	23,4	24,5	26,2	27,9	29,3	30,4	31,6	32,6	33,7	34,9
Krepsdyr (mat 36%)	2,0	2,1	2,2	2,2	2,4	2,6	2,8	3,1	3,4	3,8
Musling (mat 15%)	2,1	2,1	2,2	2,2	2,4	2,4	2,5	2,6	2,6	2,6
Sum	27,4	28,6	30,6	32,4	34,1	35,3	36,9	38,3	39,8	41,3

Vedlegg 17

Fôr og næringsinnhold for produksjonsdyr		Fôr til Laks (F. dir.)	Fôr til Laks (Nofima)	Fôr til Laks (FAO)	Fôr til Dorade	Fôr til Havabbor	Fôr til Reker (WL)	Fôr til Tilapia (N)
Total energi	MJ/Kg	25,2	25,2	25,2	18,5	18,5	13,6	14,05
Fordøybar energi	MJ/Kg	22,4	22,4	22,4	16,5	16,5	12	12,4
Protein	%	35 %	35 %	35 %	45 %	45 %	35 %	32 %
Fett	%	39 %	39 %	39 %	16 %	16 %	7 %	6 %
Karbohydrater	%	9 %	9 %	9 %	9 %	9 %	15 %	24 %
Rest	%	17 %	17 %	17 %	30 %	30 %	43 %	38 %
Fôrfaktor (br/rv)		1,3	1,3	1,3	2	2	2	1,7
Slaktevekt msb (mh)	%	83 %			90 %	89 %		83 %
Slaktevekt msb (uh)	%	74 %	74 %	77 %	68 %	56 %		71 %
Beinprosent (evt m s)	%	26 %	12 %		15 %	12 %		13 %
Slaktevekt uhsb	%	55 %	65 %	62 %	58 %	49 %	36 %	62 %
= spiselig del								
Fôrfaktor spiselig del		2,4	2,0	2,1	3,5	4,1	5,6	2,7
Humanernæring i fisk/krepsdyr/landdyr								
Energi pr kg spiselig del	MJ/Kg	7,6	7,6	7,6	4,39	4,06	3,81	4,02
Protein pr kg spiselig del	kg	0,18	0,18	0,18	0,19	0,18	0,17	0,20
Energi medgått i fôr	MJ/Kg	52,9	44,8	47,0	57,1	67,1	67,2	33,9
Protein medgått i fôr pr kg spiselig del	kg	0,83	0,70	0,73	1,56	1,83	1,96	0,88
Beregnet tap, fordøybar energi	%	86 %	83 %	84 %	92 %	94 %	94 %	88 %
Beregnet tap, spiselig protein	%	78 %	74 %	75 %	88 %	90 %	91 %	77 %

Vedlegg 17, forts

Fôr til	Fôr til	Fôr til	Fôr til	Fôr til		
Karpe (suppe)	Karpe (hel)	Malle (Afr)	Gris	Kylling		
14	14	19			MJ/kg	Total energi
12	12	16	13,61	13,38	MJ/kg	Fordøybar energi
32 %	32 %	45 %	15 %	21 %	%	Protein
6 %	6 %	14 %			%	Fett
25 %	25 %	18 %			%	Karbohydrater
37 %	37 %	23 %			%	Rest
1,5	1,5	1	3,06	2,2		Fôrfaktor (br/rv)
						Slaktevekt msb (mh)
			68 %	67 %	%	Slaktevekt msb (uh)
			13 %	12 %	%	Beinprosent (evt m s)
90 %	65 %	90 %	59 %	59 %	%	Slaktevekt usb = spiselig del
1,7	2,3	1,1	5,2	3,7		Fôrfaktor spiselig del
						Humanernæring i fisk/krpsd./landd.
4,02	4,02	4,02	10,1	5,0	MJ/kg	Energi pr kg spiselig del
0,20	0,20	0,20	0,27	0,19	kg	Protein pr kg spiselig del
20,0	27,7	17,8	70,4	49,9	MJ/kg	Energi medgått i fôr
0,53	0,74	0,50	0,78	0,78	kg	Protein medgått i fôr
80 %	85 %	77 %	86 %	90 %	%	Beregnet tap, fordøybar energi
62 %	73 %	60 %	65 %	76 %	%	Beregnet tap, spiselig protein

Vedlegg 18

Levendevekt	intervall kg	Gris 1-5	Gris 5-10	Gris 10-20	Gris 20-35	Gris 35-60	Gris 60-100	Gris 100-120	Total 60	Total 100	Total 120
Vektøkning pr dag	kg	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,51	0,60	0,62
Antall dager		20	17	20	25	36	50	25	117	167	192
Vektøkning pr kg før	kg	0,8	0,6	0,5	0,4	0,35	0,27	0,27			
Førfaktor (inv.)	før/ Δ vekt	1,25	1,67	2,00	2,50	2,86	3,70	3,70			
Førfaktor oppgitt	før/ Δ vekt	1,25	1,67	2,00	2,50	2,86	3,75	3,75			
Fordøybar energi/kg før	MJ	15,48	14,64	14,10	14,14	14,18	14,20	14,20	14,234	14,219	14,216
Fordøybar energi/kg før	kcal	3700	3500	3370	3380	3390	3395	3395			
Proteinprosent før		27,0%	20,0%	18,0%	16,0%	14,0%	13,0%	13,0%	16,4%	14,8%	14,9%
Førmengde	kg	5	8,35	20	37,5	71,5	150	75	142,4	292,4	367,4
Herav protein	kg	1,35	1,67	3,6	6	10,01	19,5	9,75	22,6	42,1	50,5
Førmengde/kg levende vekt									2,37	2,92	3,06

**Vedlegg 19: Soya, hvete, mais og raps hhv.,
produksjon og eksport i mill tonn og prosent**

Soyabønner, produksjon og eksport i mill tonn og prosent						Med mel og olje			
Tall 18/19	Produksjon	% av total	Eksport	% av total	Eksportandel	Exportandel	Eksport mel	Eksport olje	Sum ex ml/ol
Argentina	55	15 %	9,5	6 %	17 %	82 %	31	5	36
Brasil	120	33 %	75,6	50 %	63 %	78 %	16	1,1	17
Canada	7	2 %	5,6	4 %	76 %	76 %			
Kina	16	4 %	0,1	0 %	1 %	6 %	0,9		1
Paraguay	9	2 %	5,2	3 %	60 %	94 %	2	0,7	3
Ukraina	4	1 %	2,8	2 %	63 %	63 %			
USA	121	33 %	48,7	32 %	40 %	51 %	12	0,9	13
Andre/uspes.	31	9 %	4,1	3 %	13 %	44 %	6	3	10
VERDEN Totalt	363	100 %	152	100 %	42 %	64 %	68	11	80

Vedlegg 20

Raps, produksjon og eksport i tusen tonn og prosent					
Tall 19/20	Produksjon	% av total	Eksport	% av total	Eksportandel
Australia	2299	3 %	1559	10 %	68 %
Canada	19912	28 %	11075	68 %	56 %
EU	17073	24 %	25	0 %	0 %
Russland	2040	3 %	536	3 %	26 %
Ukraina	3465	5 %	2533	16 %	73 %
USA	1553	2 %	177	1 %	11 %
Andre/uspes.	23757	34 %	306	2 %	1 %
VERDEN Totalt	70099	100 %	16211	100 %	23 %

Vedlegg 21

Hvete, produksjon og eksport i mill tonn og prosent							
Tall 18/19	Produksjon	% av total	Eksport	% av total	Eksportandel	t exp mel	Eksp% m mel
Argentina	19	3 %	13	8 %	69 %	1,2	75 %
Australia	18	2 %	10	6 %	56 %	0,0	56 %
Canada	32	4 %	24	14 %	74 %	0,4	75 %
EU	138	19 %	22	13 %	16 %	0,9	17 %
USA	51	7 %	26	15 %	50 %	0,5	52 %
Kasakstan	14	2 %	9	5 %	62 %	3,8	90 %
Russland	72	10 %	36	21 %	50 %	0,6	50 %
Ukraina	25	3 %	16	9 %	64 %	0,6	66 %
Andre/uspes.	363	50 %	13	8 %	4 %	15,1	8 %
VERDEN Total	732	100 %	169	100 %	23 %	23,1	26 %

Vedlegg 22

Mais, produksjon og eksport i mill tonn og prosent					
Tall 19/20	Produksjon	% av total	Eksport	% av total	Eksportandel
Argentina	59	5 %	42	24 %	72 %
Australia	0	0 %	0	0 %	15 %
Canada	13	1 %	1	0 %	5 %
EU	68	6 %	5	3 %	7 %
USA	346	31 %	42	24 %	12 %
Russland	14	1 %	4	2 %	29 %
Ukraina	36	3 %	30	17 %	85 %
Brasil	103	9 %	38	22 %	37 %
Andre/uspes.	488	43 %	13	7 %	3 %
Verden Total	1 126	100 %	175	100 %	15 %

Vedlegg 23: Hva er fôr og hva er det ikke?

Ref tekstboksen i avsnitt 3.3.

Hva er fôr og hva er det ikke?

Definisjon på fôr: ***Fôr, eller husdyrfôr, er alt husdyra kan ete og drikke, og som tilfører dyra næringsstoffer, og som er høstet, bearbeidet og/eller gjort tilgjengelig for dyret av mennesker (oppdretter eller bonde).***

Vi har en rekke fôrbegreper: fullfôr, tilleggsfôr, grovfôr, kraftfôr. I denne rapporten bruker vi ofte «moderne industrielt fôr (MIF)» som betyr et fullfôr sammensatt etter en ernæringsfaglig kunnskapsbasert resept, og som oftest både pelletert og ekstrudert (ekstrudering betyr tilberedt ved varmebehandling, sammenpressing og «coating», noen ganger med lagvis struktur etc.).

Den næringstilførselen som ikke er høstet, bearbeidet og/eller gjort tilgjengelig for dyret av mennesker kalles beiting. I landbruket er det mange slags beiting: nomadisk beiting med sommerbeite, vinterbeite evt andre årstider. Videre har vi utmarksbeite og innmarksbeite, sistnevnte kan være udyrka, gjødsla, overflatedyrka eller fulldyrka. I akvakultur er det i skjelloppdrett oftest snakk om å plassere skjell i vann med passe strøm og godt innhold av planteplankton og andre mikronæringsstoffer, en slags utmarksbeite. I asiatisk tradisjonell fiskoppdrett er det ofte snakk om land-/jordbaserte dammer som inneholder naturlige mikroorganismer, insektlarver etc. i jord og vann. Det blir en slags innmarksbeite. Ofte gjødsles denne beitebiotopen, ofte tilleggsfôres fisken. Enkelte ganger bare rett før slakting, på samme måte som lam kan tilleggsfôres med kraftfôr på innmarksbeite før slakting.

Store Norske Leksikon (2020) skriver om fôr: «*Fôr, eller husdyrfôr, er alt husdyra kan ete og drikke, og som tilfører dyra næringsstoffer*». Dette er lite presist og viser behovet for nærmere presisering. I denne studien vil vi tillegge ovennevnte definisjon «, *som er høstet, bearbeidet og/eller gjort tilgjengelig for dyret av mennesker (oppdretter eller bonde)*».

På norsk er det vanlig å skille mellom fôring og beiting. Eksempelvis får sauen ikke fôr når den er på sommerbeite, denne finner selv mat i form av gras og annet. Men vi snakker om vinterfôra søyer. Tamrein fôres tradisjonelt ikke, den beiter. Men i de siste åra (kanskje som følge av klimaendringer) har det vært behov for tilleggsfôring på vinteren.

FAOs statistikk og publikasjoner inneholder en stor dokumentasjon av ufôra oppdrett på akvakulturområdet.

I denne sammenhengen er det også viktig å ha en parallellitet i begrepsbruk med andre språk, særlig engelsk: Websters dictionary of the English language (1980) skriver eksempelvis om *substantivet feed*: “*an allowance of provender that is given to a horse, cow etc*”.

Vedlegg 24: FishStatJ og bearbeiding av data

FishStatJ er database med tidsserier med statistikk for fiskeri og akvakultur utgitt av Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Vi har benyttet versjon 4.01.0, utgitt mars 2021. Softwareapplikasjonen lastes ned fra:

<https://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en>. Vi har benyttet arbeidsområdet (workspace): *FAO Global Fishery and Aquaculture Production Statistics*.

I bearbeidingen av dataene har vi valgt å eksportere dataene til Microsoft Excel 365. For å eksportere data til Excel har det vært nødvendig med en del tilpasning og konvertering av dataene for å gjøre statistikken håndterbar. For å sikre at dette ikke har ført til feil har vi kontinuerlig kvalitetssikret våre data opp mot deskriptiv statistikk i SOFIA-rapporten (FAO, 2020) og Tacon og Metian (2015), slik at vi kunne være sikre på at grunnlaget vi bygde våre analyser på ikke var påvirket av tastefeil o.l.



Nasjonal og global tilgang på fôrråvarer til akvakultur



STARTKONFERANSE 6. oktober 2020

Kl. 1000 – 1400 på Microsoft Teams

- | | | |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1000 – 1010 | Velkommen
- Møteleder, Einar Wathne, Bioakva | |
| 1010 – 1040 | Presentasjon av prosjektet: Nasjonal og global tilgang på fôrråvarer til akvakultur
- Bjørn Eidem, Ruralis | |
| 1040 – 1120 | Fôrproduzentene presenterer virksomhet og peker på utfordringer | |
| | <ul style="list-style-type: none">• Vidar Gundersen, BioMar• Trygve Berg Lea, Skretting• Ted A. Mollan, Cargill |    |
| 1120 – 1150 | Animalsk protein, sammenlikning laks, kylling, svin og storfe
- Knut Røflo, FK Fôrutvikling |   |
| 1150 – 1210 | PAUSE TIL LUNSJ ETC | |
| 1210 – 1240 | Utnyttelse av fôrressurser i norsk lakseoppdrett
- Turid Synnøve Aas, Nofima |  |
| 1240 – 1300 | Perspektiv på bærekraftig fôr til akvakultur
- Stefan Erbs, Miljøstiftelsen Bellona |  |
| 1300 – 1320 | EUs regelverk for akvakultur og konsekvensene av den nye Green Deal
- Henrik Stenwig, Sjømat Norge |  |
| 1320 – 1340 | Klimaautslipp fra norsk akvakultur og sjømatproduksjon
- Ulf Winther, SINTEF Ocean |  |
| 1340 – 1400 | Internasjonal statistikk og data; FAO, OECD, IFFO, IGC etc
- Anders M. Melås, Ruralis |  |

Finansiert av:



Nasjonal og global tilgang på fôrråvarer til akvakultur



SLUTTKONFERANSE ONSDAG 24. NOVEMBER 2021

kl. 1000 – 1400 på Microsoft Teams

- 1000 – 1015 Velkommen
- Møteleder Einar Wathne, Bioakva
- 1015 – 1035 Statssekretær Kristina S. Hansen (Nærings- og fiskeridepartementet)
- presenterer regjeringas ambisjoner for utvikling i norsk akvakultur og akvafôrproduksjon
- 1035 – 1045 Sjømat Norges perspektiv på utvikling av norsk akvakultur og akvafôrproduksjon
- Geir Ove Ystmark
- 1045 – 1100 Runde med spørsmål og svar med statssekretær og Sjømat Norge
- moderator Einar Wathne
- 1100 – 1120 Bærekraft, tilgang på fôrråvarer og sertifisering av akvafôr
- Anders M. Melås, Ruralis
- 1120 – 1150 Norsk akvakultur i globalt perspektiv, fôrforbruk og -utvikling
- Bjørn Eidem, Ruralis
- 1150 – 1210 PAUSE TIL LUNSJ ETC.
- 1210 – 1230 Utnyttelse av fôrressurser i norsk lakseoppdrett
- Turid Synnøve Aas, Nofima
- 1230 - 1250 Råvareløftet – Fôr for framtida
- Joakim Hauge, Miljøstiftelsen Bellona
- 1250 – 1310 Pronofas satsing på insektlarver og tunikater i akvafôr
- Hans Petter Olsen, CEO Pronofa
- 1310 – 1330 Bærekraftig fôrproduksjon – utvikling av bærekraftige norske fôrråvarer fra hav og land
- Presentasjon av nytt tverrfaglig prosjekt - Egil Petter Stræte, Ruralis
- 1330 – 1345 Spørsmål og svar til de faglige innleggene fra Ruralis, Nofima, Bellona og Pronofa
- 1345 – 1400 Avrunding

Finansiert av:



FORMÅL

RURALIS - Institutt for rural- og regionalforskning skal gjennom fremragende samfunnsvitenskapelig forskning og forskningsbasert utviklingsarbeid gi kunnskap og idéer for allmenheten, privat næringsliv, offentlig virksomhet og FoU-sektoren, og gjennom det bidra til å skape sosiokulturell, økonomisk og økologisk bærekraftig utvikling i og mellom bygd og by.

RURALIS skal være et nasjonalt senter for å utvikle og ta vare på en teoretisk og metodisk grunnleggende forskningskompetanse i flerfaglige bygdestudier, og fungere som et godt synlig knutepunkt for internasjonal ruralsosiologi.



Trondheim (hovedkontor):
Universitetssenteret Dragvoll
N-7491 Trondheim
73 82 01 60

Oslo:
Rådhusgata 20
N-0151 Oslo
913 32 277

post@ruralis.no
ruralis.no