A26355 - Åpen

Rapport

Lønnsom foredling av sjømat i Norge

Med fokus på teknologiutvikling og økt automatisering

Forfatter(e)
Hanne Digre
Eirin Marie Skjøndal Bar, John Reidar Mathiassen, Dag Standal, Leif Grimsmo, Kristian Henriksen, Anita Romsdal (NTNU) og Frank Asche (UIS)

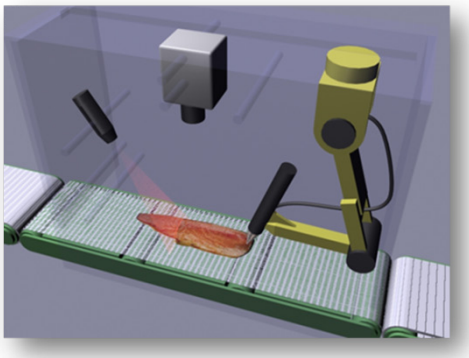


Foto: SINTEF Fiskeri og havbruk

SINTEF Fiskeri og havbruk AS
Prosessteknologi
2014-10-13

SINTEF

SINTEF Fiskeri og havbruk AS
Postadresse:
Postboks 4762 Sluppen
7465 Trondheim
Sentralbord: 40005350
Telefaks: 93270701
fish@sintef.no
www.sintef.no/fisk
Foretaksregister:
NO 980 478 270 MVA

Rapport

Lønnsom foredling av sjømat i Norge

Med fokus på teknologiutvikling og økt automatisering

EMNEORD:
Norsk fiskeindustri, foredling, teknologi, lønnsomhet, automatisering

VERSJON
FINAL

DATO
2014-10-13

FORFATTER(E)
Hanne Digre
Eirin Marie Skjøndal Bar, John Reidar Mathiassen, Dag Standal, Leif Grimsmo, Kristian Henriksen, Anita Romsdal (NTNU) og Frank Asche (UIS)

OPPDRAGSGIVER(E)
Nærings- og fiskeridepartementet

OPPDRAGSGIVERS REF.
Sigrid Dahl Grønnevet

PROSJEKTNR
6021133

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:
94 + vedlegg

SAMMENDRAG

Lønnsom foredling av sjømat

SINTEF Fiskeri og havbruk har sammen med professor Frank Asche foretatt en analyse av norsk sjømatindustris muligheter til lønnsom foredling av sjømat i Norge. Analysen omfatter vurderinger knyttet til:

- Dagens situasjon i de tre sektorene (hvitfisk, pelagisk og laks)
- Fremtidige muligheter for lønnsom foredling av sjømat i Norge med fokus på teknologiutvikling og økt automatisering, samt
- Lønnsomhetspotensialet for foredling i Norge

Analysen vil inngå i det faglige grunnlaget til det offentlige NoU-utvalget som foretar en gjennomgang av sjømatindustriens rammevilkår.

Rapporten foreslår noen prioriterte tiltak knyttet til spesielt teknologiutvikling og økt automatisering for å styrke muligheten til å drive med lønnsom foredling av sjømat i Norge.

UTARBEIDET AV
Hanne Digre

SIGNATUR
Hanne Digre

KONTROLLERT AV
Ulf Winther/ Harry Westavik

SIGNATUR

GODKJENT AV
Karl A. Almås

SIGNATUR

RAPPORTNR	ISBN	GRADERING	GRADERING DENNE SIDE
A26355	978-82-14-05769-0	Åpen	Åpen

SINTEF

Innholdsfortegnelse

Sammendrag **4**

Konklusjon **11**

Prioriterte forslag til tiltak **12**

Innledning **13**

Formål med utredningen 13

Hvordan vi har løst oppdraget 14

Definisjon av begreper 15

Metode **17**

DEL A) Premisser for foredlingsindustrien **18**

A.1 Ytre faktorer 19

A.1.1 Norsk sjømatproduksjon 19

A.1.2 Næringsstruktur og lønnsomhet 23

A.1.3 Utviklingstrender for sjømatprodukter 26

A.1.4 Markedsutvikling 28

A.1.5 Handelsbarrierer 31

A.1.6 Tilgang til kompetanse 31

A.2 Biologiske forhold 34

A.2.1 Råstofftilgang 34

A.2.2 Nærhet til fangstfelt og merdkant 36

A.2.3 Råstoffkvalitet 37

A.3 Utfordringene - kort oppsummert 39

DEL B) Teknologiutvikling og økt automatisering **40**

B.1 Bærekraftig industrielt Norge 41

B.1.1 Lean Manufacturing 42

B.1.2 Planlagt styring og økt markedstilpasning 44

B.2 Økt automatisering for en bærekraftig foredling av sjømat i Norge 46

B.2.1 Situasjonen i dag 46

B.2.2 Teknologiske hovedutfordringer og fremtidige muligheter 49

B.2.3 FoU-innsats mot leverandørindustrien til marin industri 54

B.2.4 Nødvendige fokusområder i fremtidens forskning og utvikling 56

B.2.4.1 Teknologiske fokusområder 58

B.2.4.2 State-of-the-art innen hvert teknologiske fokusområde 59

B.2.4.3 Konkrete forskningstema innenfor hvert teknologiske fokusområde 62

B.3 Marint restråstoff 65

B.4 Ombordproduksjon som strategi for filetproduksjon? ... 67
B.4.1 Innledning ... 67
B.4.2 Automatisert prosesslinje ombord ... 70
B.5 Oppsummering ... 72

DEL C) Lønnsomhetspotensial for fremtidig foredling i Norge ... 74
C.1 Kostnadsdrivere i norsk foredling i dag ... 75
C.1.1 Noen sentrale konkurransevilkår for norsk foredlingsindustri ... 75
C.1.2 Nærmere om lønn- og produksjonskostnader i Norge ... 79
C.2 Lønnsomhetspotensial ved økt automatisering ... 81
C.3 Lønnsomhetspotensial for utnyttelse av marint restråstoff ... 84
C.3.1 Verdiskapingspotensial ... 84
C.4 Oppsummering ... 86

Referanser ... 87

Vedlegg ... 92
Verdikjeder for marint restråstoff - Havbrukssektoren ... 92
Verdikjeder for marint restråstoff - Fiskerisektoren ... 93

Sammendrag

Automatisering og robotisering av produksjonsprosesser forventes å få en sentral plass i samfunnet. I en utredning fra Stiftelsen for Strategisk Forsking i Sverige, forventes det at i løpet av en periode på 20 år, vil hele 46 % av alle jobber i Sverige, erstattes av digitalisering, automatisering, robotisering og ulike former for dataanalyser (Følster, 2014). En tilsvarende studie av det amerikanske arbeidsmarkedet er utført ved Universitetet i Oxford, og med samme konklusjon som i Sverige (Frey & Osborne, 2013). Det forventes at Norge må følge samme trend for å være konkurransedyktig i fremtiden.

Denne rapporten har tatt for seg norsk sjømatindustris muligheter til lønnsom foredling i Norge, med fokus på teknologiutvikling og automatisering innen fiskeforedling, hvor totalutnyttelse av råstoffet er en forutsetning. Rapporten diskuterer også muligheten for ombordproduksjon som alternativ strategi for filetproduksjon. Som en viktig referanse til denne strategien er det redegjort for en rekke indikatorer som beskriver viktige rammebetingelser for industrien (Del A). Teknologiutvikling og økt automatisering er satt inn i et helhetlig perspektiv, hvor man også har vurdert hvordan teknologiutviklingen gjennom fleksible løsninger kan bidra med mer markedsorienterte produksjonsstrategier for norsk sjømatindustri. Situasjonen i dag er beskrevet, og det er skissert nødvendige fokusområder for fremtidens forskning og utvikling for å realisere visjonen om en tilnærmet fullautomatisert og bærekraftig norsk fiskeforedlingsindustri med mattrygghet i fokus (Del B). Lønnsomhetspotensialet ved økt automatisering og beskrivelse av kostnadsnivå, samt sammenligning mot andre lands foredlingsindustri er også gjennomført (Del C).

Analysen er utført på oppdrag for Nærings- og fiskeridepartementet, og er et innspill til NOU-utvalget som foretar en gjennomgang av sjømatindustriens rammevilkår. Bakgrunnen for NOU-utvalgets arbeid er ønsket om å utvikle en mer konkurransedyktig sjømatindustri, gjennom å legge til rette for en bedre lønnsomhet. Denne rapporten går ikke inn på regulatoriske forhold (Råfiskloven, Deltakerloven, konsesjonsregelverket etc.), da dette er diskutert i flere andre rapporter.

Dagens situasjon og utfordringer (Del A)
Norsk fiskeforedling har de siste 30-årene gjennomgått omfattende endringer og antall foredlingsbedrifter er sterkt redusert, spesielt innenfor hvitfiskindustrien, men også innenfor havbruksnæringen og i pelagisk sektor. Lønnsomheten i filetindustrien for alle de tre verdikjedene har vært svak over tid. Norge er et høykostland hvor det stilles særlige krav til markedsorientering, teknologiutvikling og utnyttelse av naturgitte fortrinn dersom sjømatindustrien skal være lønnsom. Foredlingsindustrien er arbeidsintensiv og norske lønnskostnader er høye. Norsk industris konkurranseevne er svekket de siste ti årene, da timelønnskostnader har vært økende (i 2013 var timelønnskostnadene i industrien i Norge 55 % høyere enn handelspartnerne i EU *(Conference Board, Eurostat, SSB og Beregningsutvalget))*.

Ved å fokusere på markeder med høy betalingsvilje, økt fokus på teknologiutvikling og at vi også utnytter "norske" særtrekk ut over naturgitte fortrinn som nærhet til merdkant og fiskefelt, kan Norge skape en bærekraftig fiskeforedling. Et "norsk" særtrekk, er at Norge har en bedriftskultur som er preget av involvering og medvirkning. Ingen andre land har sammenligningsvis så høy grad av tillit og så lav grad av konflikter.

Det er en utfordring for sjømatindustrien å få tilgang til ferskt råstoff av god kvalitet gjennom hele året. Spesielt gjelder dette hvitfiskindustrien og pelagisk konsumindustri. En stor del av råstoffet fangstes kun deler av året. En lønnsom kontinuerlig drift av foredlingsanlegg krever en gitt råstoffbase. Dagens kunder er blitt større aktører som ønsker leverandører som kan sikre daglig tilstedeværelse i butikkhyllene med produktene.

Foredlingsindustrien, inkludert alle de tre verdikjedene; hvitfisk, pelagisk og laks, sliter med flere utfordringer som må løses dersom denne industrien skal kunne drive lønnsomt i årene som kommer. Nedenfor følger noen av dem:

- Produksjonskapasiteten på anleggene må utnyttes gjennom hele året, dette gjelder spesielt hvitfisk og pelagisk sektor. Tiltak må settes inn for å redusere de sesongmessige svingningene.

- Fiskeindustrien har for liten kontroll med kvaliteten på fisken som leveres. Det vil være mye å hente på forbedret fangstbehandling, ettersom tapt kvalitet i fangstleddet ikke kan kompenseres i etterfølgende ledd.

- Lav grad av automatisering i foredlingsleddet. Det har skjedd svært lite innen teknologiutviklingen de siste 30 årene når det gjelder foredlingen av hvitfisk. Dette forklares til en viss grad av at markedet for slik teknologi har skrumpet inn. Spesielt er det behov for automatisering av arbeidsintensive operasjoner som trimming og beinfjerning for å redusere lønnskostnadene.

- Innenfor deler av dagens sjømatindustri består over 50 prosent av arbeidsstokken av ufaglært arbeidskraft. Med den forventede framtidige utviklingen innenfor sjømatindustrien, med blant annet økt automatisering og behov for mer innovasjon innenfor produkt, marked og strategi vil det kreve økt etter- og videreutdanning av dagens arbeidskraft og økt kompetanse for nyansatte

- Foredlede norske sjømatprodukter møter handelshindringer i form av høye tollsatser i viktige markeder for norske fiskeprodukter. Norske fiskeprodukter blir utsatt for sanksjoner i ulike typer internasjonale konflikter.

- Dagens regelverk gir sjømatindustrien mindre mulighet til å kontrollere verdikjeden, slik tilfellet er i havbruksnæringen. En viktig konsekvens er at fiskerleddet ikke får tilbakeført viktig markedskunnskap.

Med referanse til mulighetene innen automatisering i vid forstand, er det potensiale for å effektivisere foredlingsindustrien i Norge, og gjerne med utgangspunkt i ”high road" strategien (beskrevet i Winther et al., 2014) for norsk sjømat med et fokus på ferske produkter eller frosne produkter av høy kvalitet, samt god restråstoffutnyttelse av det avskjær som følger med.

Fremtidige muligheter med fokus på økt automatisering og teknologiutvikling (Del B)

Norge må utnytte sine fortrinn som nærhet til råstoffet, store naturressurser, sterk økonomi, nærhet til markeder som Europa og Russland, samt høyt utdannet arbeidskraft. Norge er også godt posisjonert for å delta i den bioøkonomiske utviklingen, spesielt innenfor det «blå segmentet» der vår bioteknologiske leverandørindustri og industribedrifter innen havbruk og marine ingredienser er verdensledende (BioVerdi 2014).

Den nasjonale FoU-strategien for en havnasjon av format - Hav 21 (Hav 21, 2012) peker på at teknologiutvikling og effektivisering av norsk produksjon er nødvendige tiltak for å kunne møte internasjonal konkurranse. Utvikling og implementering av teknologi som reduserer manuelt arbeid er en hovedstrategi for å utvikle foredling av fisk i Norge. Dette er pekt på som en av hovedutfordringene i den nasjonale strategien for Hav 21. Ved å se mot annen masseproduserende industri er det rimelig å anta at fleksibilitet og mulighet for hurtig endring i produksjon samt markedstilpassing vil være en nøkkel til en robust industriell sjømatproduksjon. Fremtidens produksjonslinjer må ha fleksibilitet i forhold til varierende råstoff og produkt som etterspørres i markedet.

Lønnsom foredling av sjømat i Norge forutsetter en høy grad av automatisering av foredlingsprosessen, både selve bearbeidingen og av vaske- og vedlikeholdsoperasjoner, og skal bidra til å redusere produksjonskostnadene. Mer automatiserte fabrikker med fokus på kvalitet og produktutvikling vil føre til økt foredlingsgrad i fiskeindustrien (illustrert i Figur 1). En tettere integrering opp mot markedet både nasjonalt og internasjonalt er nødvendig for å lykkes. Det er et stort potensiale i Norge for lønnsom bearbeiding av fisk i en kompetanse- og teknologi basert fiskeindustri. For at flåteleddet skal være i stand til å levere råstoff sortert etter gitte kvalitetskrav må det skje en oppgradering av dagens fangstbehandlingslinjer. Spesielt må dagens fangstprosess forbedres, og det må utvikles automatiserte slaktelinjer, lik dagens moderne lakseslakteri.

Figur 1. Teknologiutvikling påvirker både hvilket marint råstoff som kan benyttes, samtidig som utvikling av foredlingsteknologi både påvirkes av og påvirker etterspørselen fra markedet og konsumentene.

Oppsummert må man:

1) **Identifisere forsknings- og teknologibehov** i foredlingsleddet i norsk sjømatindustri og detaljere dette i nasjonal skala.
2) **Utvikle teknologier** for automatisk foredling av fisk, både på land og om bord.
3) **Kanalisere de utviklede teknologier** inn i innovasjoner og kommersiell utnyttelse, gjennom innovasjonsprosjekter og produktutvikling hos utstyrsleverandører og foredlingsbedrifter.
4) **Formidle forskningen** slik at den kan påvirke andre industrier – utover sjømatindustrien.

Behovet for fremtidige teknologiske løsninger for nær fremtid (et 5års perspektiv) og i et fremtidig scenario (>10 år frem i tid) er beskrevet og bygger på tanken om en fremtidig fullautomatisert industri:

1) **Automatisering av enhetsoperasjoner** i en fabrikk eller om bord på en båt, hvor råstoff, arbeidsoppgaver og andre rammer er klart definert på forhånd (5 års perspektiv).

2) **Fullautomatisert adaptiv produksjon og selvlærende fabrikker/produksjonsanlegg** på land og om bord, som må håndtere store variasjoner i råstofftilgang og markedskrav **uten hjelp fra mennesker** (>10 års perspektiv).

De nødvendige fokusområder for teknologiutvikling er beskrevet i nok detalj til at rapporten kan være et utgangspunkt for spesifikke forskningssatsninger og – programmer.

I tabellene 1, 2 og 3 følger noen konkrete eksempler på identifiserte teknologiske gap og mulige teknologiske løsninger i et nært tidsperspektiv, som angitt i punkt 1. Tabellene beskriver dagens situasjon, hva som trengs av ny teknologi og anslår mulig gevinst ved bruk av ny teknologi innenfor foredling av hvitfisk (filet), pelagisk (sildefilet) og laks:

Tabell 1. Overordnet prosesslinje for hvitfisk filet, som viser tilgjengelig teknologi, behovet for ny teknologi og hva gevinsten er ved innføring av ny teknologi.

Prosesslinje	Tilgjengelig teknologi	FoU-behov – ny teknologi	Gevinst med ny teknologi
Mottak og råstoffhåndtering	• Truck transport • Store lastebærere i plast (kar) • Grading -og sorteringsteknologi • Kjølemetoder som f.eks. slurry is	• Nye interntransportløsninger SVOOSJ (FIFO, prinsipp i større grad) • Automatisk kvalitetssdifferensiering av hel fisk • Automatisert lagerstyring	• Redusert bemanning • Redusert behov for plastkar • Enklere renhold og bedre hygiene • Bedre sortering og logistikk videre i produksjonslinjen • Større andel råstoff til høykvalitetsprodukt ved at høy kvalitet inn gir høy kvalitet ut
Filetering og skinning	• Mekanisk fileteringsmaskin med manuell innmating tilpasset bestemte størrelser/art • Mekanisk skinning • Kjølemetoder som f.eks superkjøling	• Automatisk innmating. • Automatisk og adaptiv innjustering av fileteringen for hver enkelt fisk, uavhengig av størrelse og art. • Kun 1 person til etterkontroll per linje.	• Redusert bemanning • Mindre flaskehalser og raskere produksjon • Muliggjøre adaptiv produksjon uavhengig av størrelse og art. • Muliggjøre kontinuerlig automatisk linje uten menneskelig intervensjon. • Økt utbytte • Større andel råstoff til høykvalitetsprodukt
Kutting/renskjæring/trimming	• Mekanisk nakkekutter med manuell innmating • Fjerning av bein v/vannjet (utstyr til Valka og Marel, nylig tilgjengelig)	• Adaptiv justering av nakkekutt for hver enkelt fisk, uavhengig av størrelse og art, automatisk innmating. • Automatisk enkeltvis fjerning av pinnebein. • Adaptiv trimming automatisk med 3D maskinsyn og roboter. • Automatisk kvalitetskontroll	• Redusert bemanning • Mindre flaskehalser og raskere produksjon • Muliggjøre adaptiv produksjon uavhengig av størrelse og art. • Muliggjøre kontinuerlig automatisk linje uten menneskelig intervensjon. • Økt utbytte • Større andel råstoff til høykvalitetsprodukt
Pakking	• Flowlinje med manuelle pakkestasjoner • Delvis automatiske pakkelinjer f.eks. for standardiserte filetstykker	• Automatiske ileggingsløsninger • Automatisk kvalitetskontroll / inspeksjon før pakking	• Redusert bemanning • Mindre flaskehalser og raskere produksjon • Reduksjon av personer • Muliggjøre kontinuerlig automatisk linje uten menneskelig intervensjon. • Dokumentert mottatt og levert kvalitet • Redusert manuell håndtering reduserer risikoen for kontaminering av patogene bakterier. • Bevaring av kvaliteten gjennom hele produksjonsprosessen bidrar til bedre sluttkvalitet
Renhold	• Vaskemaskiner for kar og bakker • Manuelt renhold spyling	• Helautomatiske vaskestasjoner • Vaskeroboter for produksjonslokaler • Hygienisk design av alle maskiner, logistikkløsninger og produksjonslokale.	• Redusert bemanning • Enklere/raskere renhold og bedre hygiene • Økt utnyttelse av produksjonsutstyr • Fjerning av tunge manuelle arbeidsoperasjoner (gjelder hele prosesslinja)

Tabell 2. Overordnet prosesslinje for filetproduksjon av sild, som viser tilgjengelig teknologi, behovet for ny teknologi og hva gevinsten er ved innføring av ny teknologi.

Prosesslinje	Tilgjengelig teknologi	FoU-behov – ny teknologi	Gevinst med ny teknologi
Mottak/grading	• Mekaniske gradere med noe manuell etterkontroll.	• Helautomatisk grading ved bruk av 3D maskinsyn og automasjon.	• Mer nøyaktig grading, og dermed mindre give-away. • Adaptiv grading i forhold til mer optimal filetering eller (robotisert) pakking i etterkant.
Pakking – hel fisk	• Manuelt	• Helautomatisk robotisert pakking (4 roboter per linje), med kun få (1-2 per linje) personer for korrigering og kontroll i etterkant.	• Innsparing på inntil 10-20 personer på en typisk pakkelinje. • Ingen menneskelig berøring. • Mindre give-away, adaptiv produksjon av bestemte pakningsstørrelser.
Filetering sild	• Mekanisk filetering med maskinsyn i forkant for å detektere utkast og returfisk.	• Adaptiv filetering basert på størrelse og formen til fisken, samt basert på kundens krav.	• Bedre utbytte på fillet, samt dynamisk og adaptiv tilpasning etter kundens behov.
Pakking – filet	• Manuelt	• Robotisert pakking med kun 1-2 personer for korrigering og etterkontroll.	• Redusert bemanning • Mulighet for nye og mer tilpassede produkter. • Mindre give-away. • Ingen menneskelig berøring. • Redusert manuell håndtering reduserer risikoen for kontaminering av patogene bakterier. • Bevaring av kvaliteten gjennom hele produksjonsprosessen bidrar til bedre sluttkvalitet
Renhold	• Manuelt renhold spyling	• Vaskeroboter for produksjonslokaler • Hygienisk design av alle maskiner , logistikkløsninger og produksjonslokale.	• Redusert bemanning • Enklere/raskere renhold og bedre hygiene • Økt utnyttelse av produksjonsutstyr • Fjerning av tunge manuelle arbeidsoperasjoner (gjelder hele prosesslinja)

Tabell 3. Overordnet prosesslinje for filetproduksjon av laks, som viser tilgjengelig teknologi, behovet for ny teknologi og hva gevinsten er ved innføring av ny teknologi.

Prosesslinje	Tilgjengelig teknologi	FoU-behov – ny teknologi	Gevinst med ny teknologi
Hodekapping/filetmaskin	• Maskiner som krever manuell innmating, med fast størrelsesinnstilling per linje. • Manuell innmating.	• Automatisk innmating og adaptiv justering av hodekapp og filetering etter størrelse og form (indre og ytre).	• Redusert bemanning • Bedre utbytte etter filetering, samt færre feil som må korrigeres i trimmemaskin og ettertrimming.
Trimming	• Trimmemaskiner som tar buklist, ryggfett, bukhinne og halekutt. Krever manuell ettertrimming med 4-5 personer per linje per skift.	• Fullautomatisk trimming med maks 1 person til etterkontroll og ettertrimming per linje.	• Innsparing 3-4 personer per linje per skift. • Økt utbytte
Pinnebein/skinning	• Manuell pinnebeinfjerning (pre-rigor) og automatisk pinnebeinfjerning (post-rigor)	• Automatisk fjerning av pre-rigor pinnebein enkeltvis. • Automatisk kvalitetskontroll	• Redusert bemanning • Større andel råstoff til høykvalitetsprodukt • Økt utbytte
Porsjonering/Pakking	• Automatisk porsjonering, men delvis manuell pakking	• Robotisert pakking, helautomatisk med 1 person til etterkontroll og justering.	• Redusert bemanning • Fjerner menneskelig berøring. • Dokumentert mottatt og levert kvalitet • Redusert manuell håndtering reduserer risikoen for kontaminering av patogene bakterier. • Bevaring av kvaliteten gjennom hele produksjonsprosessen bidrar til bedre sluttkvalitet
Renhold	• Vaskemaskiner for kar og bakker • Manuelt renhold spyling	• Helautomatiske vaskestasjoner • Vaskeroboter for produksjonslokaler • Hygienisk design av alle maskiner , logistikkløsninger og produksjonslokale.	• Redusert bemanning • Enklere/raskere renhold og bedre hygiene • Økt utnyttelse av produksjonsutstyr • Fjerning av tunge manuelle arbeidsoperasjoner (gjelder hele prosesslinja)

Når det gjelder utviklingen som må foregå på ***lang sikt*** er den relevante forskningen i hovedsak fokusert på teknologiutvikling og grunnforskning innenfor utvalgte områder. Disse teknologiene for automatisk foredling – uavhengig av spesifikk anvendelse – kan deles inn i fem fokusområder (FO1-FO5), **FO1:** Foredlingsintelligens, **FO2:** Foredlingsrobotikk, **FO3:** Fleksibel foredling, **FO4:** Hygienisk design av foredlingsutstyr og foredlingsfabrikker, og **FO5:** Produksjonslogistikk (Disse er beskrevet i B.2.4).

Dersom Norge skal ha en foredlingsindustri i fremtiden må fiskeforedlingsanleggene fullautomatiseres, og teknologiutvikling og forskning innenfor dette feltet må bli ***en nasjonal satsning***. Utover å øke lønnsomheten, bærekraftigheten og mattryggheten i norsk fiskeforedlingsindustri, vil en slik nasjonal satsning og visjon kunne gjøre Norge til et globalt foregangsland innen flere forskningsfelt – eksempelvis kunstig intelligens, adaptiv robotikk, fleksibel produksjon og bærekraftig industri.

Konsekvensen av en norsk satsning vil også kunne få positive globale effekter i forhold til fiske- og matproduksjon internasjonalt. ***Norsk teknologi vil kunne bli en lønnsom eksportvare – på lik linje med foredlet norsk fisk.*** Med referanse til gode høyteknologibedrifter og utstyrsleverandører, har Norge gode forutsetninger til å utvikle norsk foredlingsindustri.

Styrke leverandørindustrien
Utstyrsleverandørene til sjømatindustrien er avgjørende for næringens innovasjonsevne. Eksempelvis har FoU i leverandørindustrien for offshoresektoren spilt en avgjørende rolle i utviklingen av den norske olje- og gassnæringen. Det samme gjelder for maritime utstyrsleverandører til rederi, verft, deres rolle i utviklingen av Norge som sjøfartsnasjon og den norske maritime næring som ei global kompetansenæring. Når det gjelder sjømatindustrien må imidlertid leverandører til marin sektor (sjømatnæringen) forholde seg til en langt mer fragmentert og mindre teknologitung næring med svakere tradisjon for å initiere, prøve ut og ta i bruk FoU-resultater.

Det er få av dagens virkemidler (Forskningsrådet, Innovasjon Norge, Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond, og andre) som er innrettet mot leverandørindustrien generelt og industrileddets leverandører spesielt. Det vil være behov for flere virkemidler rettet mot pilotering, demonstrasjon og kommersialisering. Forskningsrådet og Innovasjon Norge har nettopp hatt en gjennomgang av virkemidler knyttet til leverandørindustrien innenfor marin, maritim og offshorenæringen med tilhørende forslag om bedre koordinering og med forslag om en rekke gode tiltak. Industrileddets leverandører har behov for støtte til pilotering, demonstrasjon og kommersialisering. Det er også viktig å stimulere til mere kontakt og prosjekter mellom leverandører, industriaktører og forskningsmiljøer. Det er også viktig å utvide leverandørenes kunnskapsbase. Leverandørene bør ha en sentral plass i såkalte "lavterskelklynger" (beskrevet i Winther et al., 2014).

Lønnsomhetspotensial for fremtidig foredling i Norge (Del C)
Det er i rapporten også gitt en beskrivelse av kostnadsnivået i Norge sammenlignet mot andre lands foredlingsindustri. Vi har også sett på lønnsomhetspotensialet ved innføring av økt automatisering i foredlingsindustrien.

Hovedfunnene, Del C:

- Norsk fiskeindustri har over tid hatt lav lønnsomhet, og svekkelsen av konkurranseevnen i form av økte kostnader, rammer derfor fiskeindustrien.

- Norges lave energikostnader, sammenlignet med våre handelspartnere, vil være en fordel dersom prosesseringen av fisk helautomatiseres.

- For den norske fiskeindustrien utgjør vareforbruk den største andelen av driftskostnadene, med størrelsesorden 60-80 prosent.

- Ved innføring av økt automatisering og teknologiutvikling har vi estimert en økning av dekningsbidraget fra dagens 12% til 28%[1].

- Ny teknologi vil redusere bemanningsbehovet, men kreve annen type kompetanse. Eksempelvis vil kompetanse innen automasjon og prosesstyring bli viktig i framtiden. Selv om totalt antall ansatte vil reduseres, vil ikke lønnskostnadene reduseres tilsvarende, da høyere kompetanse hos ansatte krever høyere lønn per ansatt.

- De viktigste mulighetene med ny teknologi er potensialet for kvalitets- og produktforbedringer, økt kapasitet (økt volum per tidsenhet), økt utbytte og økt andel bedre betalte produkter. Produktene som helhet kan holde en høyere kvalitet, og dermed oppnå en høyere pris i markedet. Dette forutsetter en helhetlig kvalitetstanke, fra fangst/merd til sluttbruker.

[1] Dekningsbidrag=Inntekter – variable kostnader

- Det meste av restråstoffet fra oppdrettet fisk og pelagisk utnyttes i dag og anvendes hovedsakelig til fôringredienser, mens kun 9% av volumet går til konsum- og sjømatprodukter.

- Det er et stort potensial i å øke utnyttelsesgraden av restråstoff fra *hvitfisksektoren* hvor det meste av restråstoffet i dag blir dumpet til havs.

Det er imidlertid en stor utfordring som begrenser teknologiutviklingen i fiskeforedling. I global sammenheng er industriell fiskeforedling en liten sektor (med begrenset lønnsomhet og betalingsevne) med et begrenset marked for teknologileverandører. Dette har konsekvenser for teknologileverandørenes og fiskeindustriens vilje og evne til å satse på egen FoU. Mye av den teknologiutviklingen som skjer i fiskeindustrien er derfor tilpassing av eksisterende teknologi til nye applikasjoner.

Konklusjon

Vår hovedkonklusjon refererer til følgende:

- ✓ Med referanse til mulighetene for teknologiutvikling er det gode muligheter for en fremtidig lønnsom foredlingsindustri i Norge.

- ✓ Det er et betydelig potensiale for å modernisere og utvikle norsk foredlingsindustri. For å realisere slike målsettinger innenfor rammene av et høyt lønns- og kostnadsnivå, er det viktig å satse på økt automatisering av foredlingsindustrien.

- ✓ Med referanse til det høye lønns- og kostnadsnivået i Norge, er det viktig at Norge etablerer et komparativt fortrinn hva gjelder teknologisk status i foredlingsindustrien.

- ✓ Økt automatisering representerer en grunnleggende effektivitetsgevinst. Det er derfor viktig å utrede konsekvensene av- og implikasjonene for en slik strategi.

- ✓ Økt automatisering av den fiskeribaserte foredlingsindustrien kan innebære økte kapitalbindinger innen foredlingssektoren. Ved økt satsing på automatisering, er det derfor viktig å realisere skalaøkonomiske stordriftsfordeler til slike teknologiske tilpasninger.

- ✓ Det vil være grunnleggende å undersøke om automatisering bidrar til økt sentralisering av foredlingsindustrien, i form av færre- og større enheter. På denne bakgrunn vil det være nødvendig å undersøke om nye strukturer i foredlingsindustrien for hvitfisk, fordrer nye flåtestrukturer eller om det favoriserer økt teknisk mobilitet i fangstleddet.

- ✓ Basert på målet om en total utnyttelse av det marine råstoffet er det viktig å foreta strategiske vurderinger for lokalisering av nye foredlingsforetak. Dette for å vurdere om en slik strategi kan knyttes til etableringen av nye foretaksklynger (cluster), slik vi bl.a. erfarer innen den øvrige maritime industrien.

- ✓ Potensialet for økt utnyttelse av restråstoff ligger i dag hovedsakelig på to områder; økt utnyttelse av restråstoff fra hvitfisk (77% av restråstoffet blir ikke utnyttet), samt øke andelen av det restråstoffet som i dag blir prosessert til konsumprodukter. Det må legges til rette for utvikling av kompakt og automatisert prosessteknologi for produksjon av mer høyverdige produkter og halvfabrikata til konsum.

- ✓ Ombordproduksjon representerer en alternativ strategi til landbasert foredling. Ombordproduksjon kan imidlertid også være et bidrag til en ny type arbeidsdeling mellom sjø og landbasert foredling.

- ✓ Innen FoU-området fordrer realisering av strategien at innsatsen koordineres innen ulike faglige disipliner som kybernetikk, maskinteknikk, produksjonslogistikk, industriell design og råstoffkunnskap, og at kontakten mellom FoU-institusjoner og næringsaktører styrkes.

Prioriterte forslag til tiltak

1) Biomarin utstyrsindustri får et eget anvendt FoU-program for utvikling av pilot- og demonstrasjonsteknologi. Programmet skal fokusere på bygging og uttesting av prototyp automatiseringsteknologi hos potensielle kunder i norsk sjømatindustri.

2) Det må etableres "lavterskelklynger", hvor leverandører, industriaktører og forskningsmiljøer deltar. Innføring av slike tiltak, og en god oppslutning og eierskap fra sjømatnæringen, vil være en forutsetning for å gjennomføre forslagene til teknologiutvikling og økt automatisering. Klyngene skal bidra til en nødvendig økning av bedriftenes kunnskapsbase.

3) Leverandører og industriaktører bør ha en felles FoU-arena med langsiktig utviklingsperspektiv, feks et eget forum i regi av FHF, eller andre FoU-baserte finansieringsmuligheter.

4) Det bør opprettes et forskningsprogram i Norges Forskningsråd med vekt på de foreslåtte fem teknologiske forsknings- og utviklingsområder (FO1-FO5); Foredlingsintelligens, Foredlingsrobotikk, Fleksibelt foredling, Hygienisk design av foredlingsutstyr og foredlingsfabrikker og Produksjonslogistikk.

5) Ombordproduksjon kan representere effektiv og lønnsom produksjon av ulike filetprodukter som har høy kvalitet. I forhold til dagens flåtestruktur bør potensialet for ombordproduksjon utredes og det bør vurderes om slike fartøy også kan være leverandører av halvfabrikata produkter til den landbaserte foredlingsindustrien.

Innledning

Formål med utredningen

Regjeringens visjon er at Norge skal være verdens fremste sjømatnasjon. En av hovedutfordringene som påpekes i Sjømatmeldingen (Meld. St. 22, 2013) er å utvikle en mer konkurransedyktig sjømatindustri, og samtidig sikre at verdiskaping og arbeidsplasser kommer kystsamfunnene til gode.

Stoltenberg-regjeringen oppnevnte i 2013 et offentlig utvalg som skal foreta en gjennomgang av sjømatindustriens rammevilkår. Solberg-regjeringen har valgt å videreføre dette utvalget uten endringer i mandatet. I mandatet for utvalgte heter det blant annet:

Den norske sjømatindustrien har et svært godt utgangspunkt med nærhet til betydelige fiskeressurser fra fiskeri og havbruk, kombinert med kort vei til godt betalende markeder i Europa og Russland. Samtidig opererer sjømatindustrien i et råvare- og ferdigvaremarked som preges av sterk konkurranse. Industrivirksomhet i et høykostland stiller særlige krav til markedsorientering, teknologiutvikling og utnyttelse av naturgitte fortrinn.

Tradisjonelt har sjømatindustrien, særlig filetindustrien i Nord-Norge og nå også havbruk, hatt en viktig distriktspolitisk rolle. Men det er en utfordring å utvikle en lønnsom og konkurransedyktig sjømatindustri som kan tilby gode og attraktive arbeidsplasser.

Sjømatindustrien er avhengig av lønnsomme bedrifter for å kunne sikre framtidig utvikling og vekst. Regjeringen legger til grunn at fiskeriressursene er fellesskapets eiendom, og derfor skal anvendes på en måte som bidrar til høyest mulig verdiskaping gjennom hele verdikjeden. Tilsvarende er det ønskelig å legge til rette for lønnsom videreforedling av oppdrettsfisk i Norge.

Sjømatnæringen skal videreutvikles ved å bygge på vårt fortrinn med tilgang på ferskt råstoff av høy kvalitet.

I forbindelse med utvalgsarbeidet gjennomfører Nærings- og fiskeridepartementet noen faglige analyser. Denne rapporten gjelder lønnsom foredling av sjømat og hvordan norsk fisk (vill og oppdrett) kan bearbeides lønnsomt i Norge, før eksport.

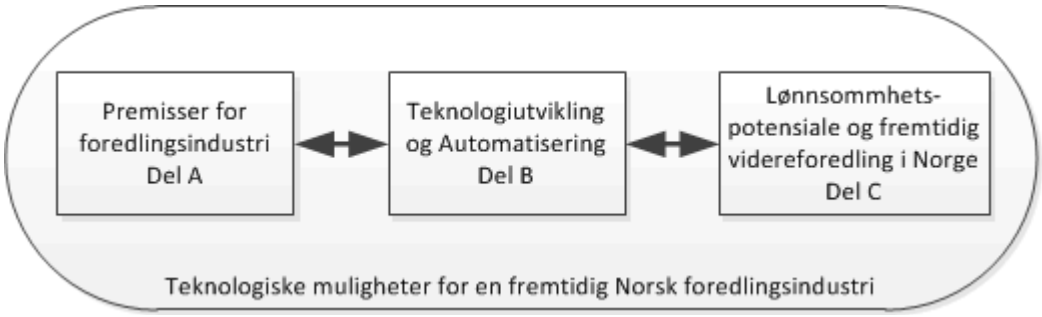
Hensikten med oppdraget er å gi en analyse av norsk sjømatindustris muligheter til lønnsom foredling av sjømat i Norge sammenliknet med foredling av sjømat i utlandet. Analysen tar utgangspunkt i teknologiske utfordringer og muligheter, og drøfter hvordan økt automatisering og teknologiutvikling i foredlingsindustrien kan gi muligheter for en fremtidig lønnsom foredlingsindustri i Norge, sett i sammenheng med noen sentrale rammebetingelser som;

- Råstofftilgang
- Nærhet til fangstfelt og oppdrettsanlegg
- Råstoff kvalitet
- Tilgang til kompetanse
- Handelsbarrierer
- Markedsutvikling
- Utviklingstrender for sjømatprodukter

Analysen omfatter villfisk (inkl. hvitfisk og pelagisk) og oppdrettet fisk (laks og delvis ørret).

Hvordan vi har løst oppdraget

Utredningsoppdraget tar utgangspunkt i vårt arbeid innen teknologi og teknologiutvikling for en lønnsom og bærekraftig foredlingsindustri fordelt på tre sektorer; hvitfisk, pelagisk og laks/ørret. Hovedfokus i rapporten tar for seg hvordan sentrale premisser for norsk foredling påvirkes av og påvirker teknologiutvikling og hvilke konsekvenser dette har for fremtidig lønnsom fiskeforedling i Norge og er strukturert som vist i figur 2.



Figur 2. Oversikt over rapportstruktur. Rapporten fokuserer på hvordan premisser for norsk foredling påvirkes av og påvirker teknologiutvikling og hvilke konsekvenser dette har for fremtidig lønnsom fiskeforedling i Norge.

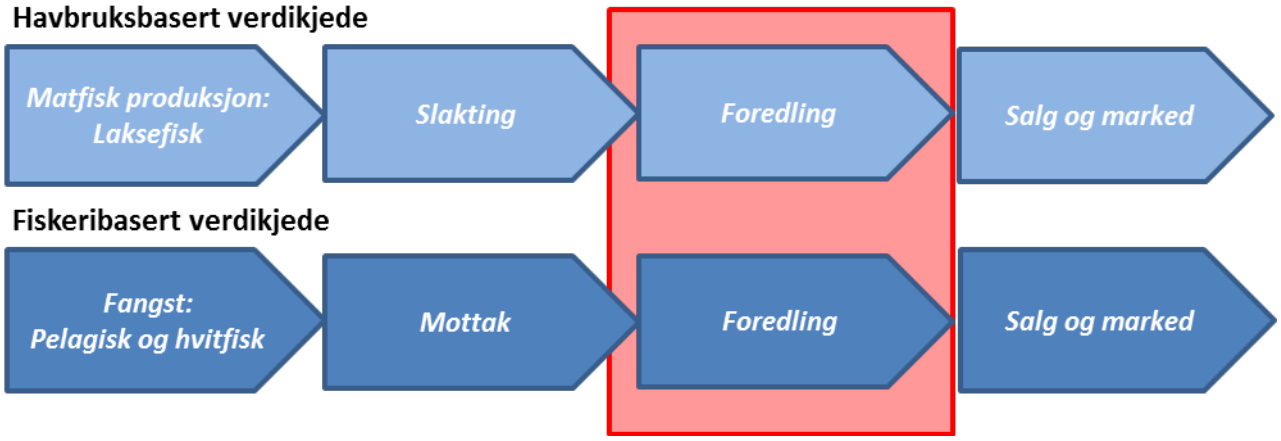
Rapporten deles inn i tre deler:

- Del A) gir en oversikt over dagens situasjon i de tre sektorene hvitfisk, pelagisk og laks/ørret, samt de ulike utfordringer og barrierer de tre sektorene står ovenfor m.h.t. fremtidig vekst i sektoren. Områdene som er spesielt belyst er; ytre faktorer som næringsstruktur, lønnsomhet, utviklingstrender for sjømatprodukter, markedsutvikling, handelsbarrierer og tilgang til kompetanse og biologiske forhold som råstofftilgang, nærhet til fangstfelt og merdkant og råstoffkvalitet.

- Del B) gir en vurdering av motiver og behovet for teknologiutvikling både spesifikt for foredling av sjømat, men også som et ledd i fremtidig vareproduserende norsk industri med utgangspunkt i dagens rammebetingelser og fremtidige trender Vi har også identifisert rollen forskning og utvikling har som et ledd i bærekraftig teknologiutvikling. I rapporten har vi beskrevet dagens state-of-the-art og identifisert nødvendige fokusområder for å få skape en fullautomatisert og bærekraftig fiskeforedlingsindustri med mattrygghet i fokus satt i et bioøkonomisk perspektiv. De nødvendige fokusområder for teknologiutvikling er beskrevet i detalj og rapporten kan være et utgangspunkt for spesifikke forskningssatsninger og –programmer.

- Del C) gir en vurdering av lønnsomhetspotensialet ved innføring av økt automatisering i foredlingsindustrien. En sammenligning av foredling i Norge og utlandet er også utført.

På grunn av strukturelle ulikheter er utredningsoppdraget delt opp i to hovedverdikjeder i den norske sjømatnæringen, den havbruksbaserte (laks/ørret) og fiskeribaserte verdikjeden (hvitfisk og pelagisk). Vi har valgt å fokusere i hovedsak på foredlingsleddet, da det er her utfordringene mht lønnsomhet er størst, som vist i Figur 3.



Figur 3. Hovedverdikjeder i sjømatnæringen og avgrensning i oppdraget illustrert med rød boks.

Definisjon av begreper

- ✓ *Bearbeidingsplikt:* Krav til foredlingsanlegg om at den som kjøper fangst i henhold til leveringsplikten (dvs. etter utbud i vedkommende region), alltid "skal foreta bearbeiding av 70 % av torskefangstene omfattet av leveringsplikten før videresalg". Bearbeidingsplikten skal sikre at bedrifter som kjøper fangst faktisk bearbeider det meste av den kjøpte fisken i stedet for å selge alt videre uten noen form for bearbeiding for å øke fortjenesten som følge av differanse mellom prisen som følger av forskriften og prisen som kan oppnås i markedet.

- ✓ *Ferdige konsumprodukter:* Produkter som er ferdig prosessert og klare for konsum.

- ✓ *Foredling/primærprosessering:* Foredling av sjømat er definert som bearbeiding av vannlevende organismer og fisk slaktet for kommersielle formål fra både akvakultur og ville bestander. Fiskeforedling er et generelt begrep som definerer post-fangst eller slakteoperasjoner utført på fisk etter bløgging, som sortering, gradering, sløying, fjerning av skinn og eller bein, filetering og trimming. Fiskeforedling kan også inkludere røyking, frysing og pakking, etc. (Thrane et al. 2009).

- ✓ *Halvfabrikata:* Industrielt foredlede råvarer som anvendes til videre foredling, og ikke til konsum.

- ✓ *HG-fisk:* HG-fisk (Engelsk forkortning av Head and gutted) er et fiskeprodukt der både hode og innvoller er fjernet fra fisken.

- ✓ *Leveringsplikt:* Leveringsplikten er et vilkår knyttet til torsketrålkonsesjonen til enkelte fartøy. Formålet med forskriften er å sikre anlegg som bearbeider fisk stabil råstofftilførsel fra torsketrålflåten. Leveringsplikten er et krav til fartøyeier som sikrer at leveringspliktig fangst blir tilbydd til tilgodesette bedrifter, eller til andre bedrifter innenfor en region dersom den eller de som er direkte tilgodesett i vilkåret ikke ønsker å kjøpe fangsten.

- ✓ *Sjømatindustri:* Virksomheter som tar hånd om fisken etter at den er oppdrettet eller fisket, som foretar eventuell bearbeiding og deretter omsetter fisken nasjonalt eller internasjonalt (St.meld. nr. 22 (2012-2013)).

- ✓ *Videreforedling/sekundærprosessering:* Foredling av sjømat som omfavner enhetsoperasjoner som brukes til å omdanne råvarer og ingredienser til næringsmidler, da operasjoner som salting, tørking, fermentering, emballering, varmebehandling, etc.

Metode

SINTEF Fiskeri og havbruks oppdrag om å evaluere muligheter for bærekraftig foredling av sjømat i Norge ble gjennomført som en case-studie (Yin 1989). Case studier er ofte en foretrukken forskningsmetode i utforskende ledd av forskingsprosjekt, samt i deskriptive studer.

Sjømatindustrien er en av Norges viktigste industrier (Reve og Sasson, 2012), og derfor viktig som en pådriver for bærekraftig utvikling i samfunnet. I rapporten gis det en oversikt over dagens tilgjengelige teknologi, teknologibehov er avdekket, samt fremtidige teknologiske trender som er relevante for denne industrien. Vi har undersøkt hvordan teknologiske løsninger i foredlingsleddet av sjømatindustrien påvirker mulighetene for bærekraftig foredling i Norge.

Metodene for datainnhenting er basert på dokumentanalyse, det vil si en gjennomgang av strategier, dokumenter og rapporter som belyser teknologiutvikling og implementering i sjømatforedlingsindustrien. SINTEF Fiskeri og havbruk har trukket ut de strategier og dokumenter som er vurdert å være sentrale for teknologiutvikling.

Sentrale personer i sjømatnæringen har vært intervjuet for å kvalitetssikre vår oppfatning av tematikken, og dataen innhentet gjennom dokumentanalysen. I vårt tilfelle valgte vi å bruke "snøball metoden" for å finne interessenter som kunne delta i dybdeintervjuer. Snøball-metoden er en metode som gir et utvalg av respondenter gjennom henvisninger gjort blant de som kjenner andre som har samme kvalifikasjonene som forskeren ser etter (Biernacki et al., 1981). Dette gjøres for å forsikre seg om at studien involverer de mest relevante intervjuobjektene basert på hva andre innenfor samme ekspertområde også mener, og kompletterer kvalifiserte utvalg gjort gjennom litteratursøk og bransjekunnskap.

Følgende bedrifter har bidratt med intervjuobjekt til dybdeintervjuer:

- SalMar - verdikjede for oppdrettslaks (laksefilet, konsumprodukter, konsekvensprodukter/ restråstoff)
- Nergård - verdikjede for pelagisk fisk (sild; rund, flaps, filet) og verdikjede konvensjonell (tørrfisk, saltfisk, klippfisk)
- Norway Seafoods – verdikjede hvitfisk (tradisjonelle filetprodukter)

I tillegg har SINTEF vært i kontakt med utvalgte rederier som Roaldsnes (trål, HG-produksjon) og Vartdal Seafood AS (trål, filetproduksjon ombord). For å validere data og å identifisere arbeidsområder har det videre blitt gjennomført intervju med bedrifter fra foredling innen laks, pelagisk og hvitfiskverdikjedene. Flere interne arbeidsmøter med deltakelse fra erfarne forskere fra SINTEF Fiskeri og havbruk og Universitetet i Stavanger med bred kjennskap til laks, pelagisk og hvitfisknæringen er også gjennomført. Uformelle samtaler med flere mindre bedrifter, også utstyrsleverandører, har også blitt foretatt som en del av dataanalysen og som et ledd i datainnsamlingsstrategien for å sikre at de viktigste tematiske problemstillingene for teknologiutvikling i foredlingsleddet har blitt tilstrekkelig belyst og er representative for alle aktører innen foredling av sjømat. Det er også gjennomført et møte med NOU-utvalget i løpet av prosjektet.

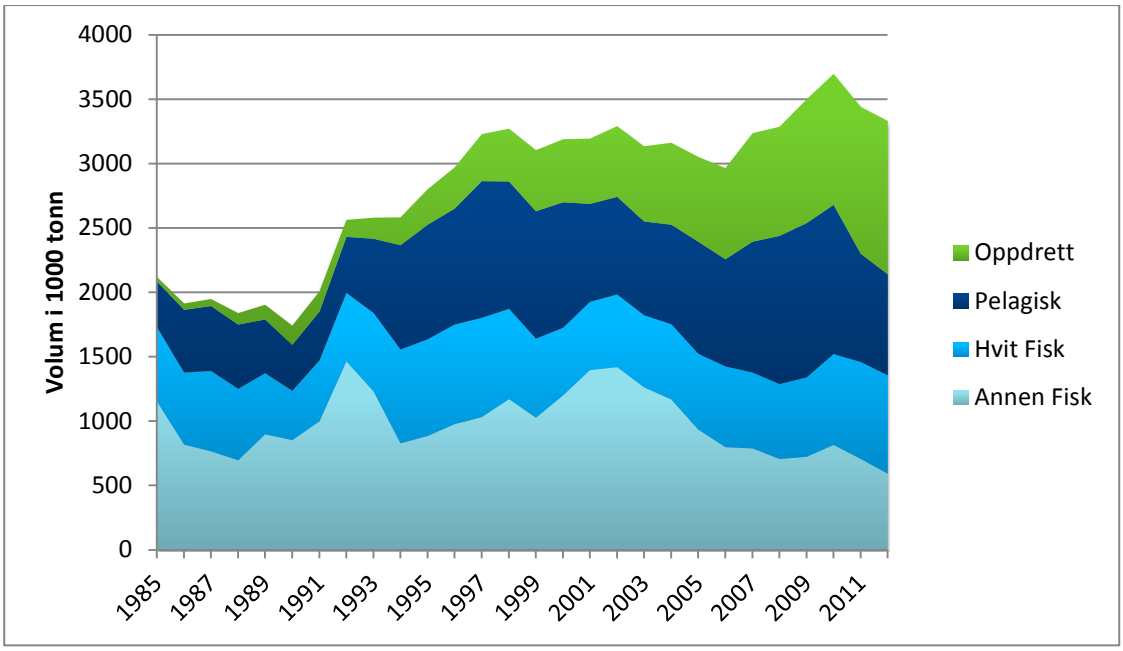
DEL A) Premisser for foredlingsindustrien

A.1Ytre faktorer

A.1.1 Norsk sjømatproduksjon

Sjømatnæringen er en av tre næringer i Norge beskrevet som et globalt kunnskapsnav sammen med offshorebasert virksomhet og maritim sektor (Reve og Sasson, 2012), og i følge Olafsen et al. (2012) kan Norges sjømatnæring bli seks ganger større i løpet av de neste 40 årene. For tre av Norges største sjømatprodukter, laks, torsk og sild, eksporteres bare 10-40 % som filet eller bearbeidede produkter. I 2011 produserte Norge litt under 3,5 millioner tonn sjømat, tilsvarende 2,2 % av verdens totale produksjon (verdens totale sjømatproduksjon ca 156 millioner tonn). Dette gjorde Norge til verdens 11. største produsent av sjømat. Norges befolkning begrenser naturlig størrelsen på hjemmemarkedet, og mer enn 90% av sjømaten eksporteres. Dette gjør Norge til verdens nest største sjømateksportør bak Kina, og gjør også at eksportmarkedene er den viktigste premissgiveren for norske sjømatverdikjeder.

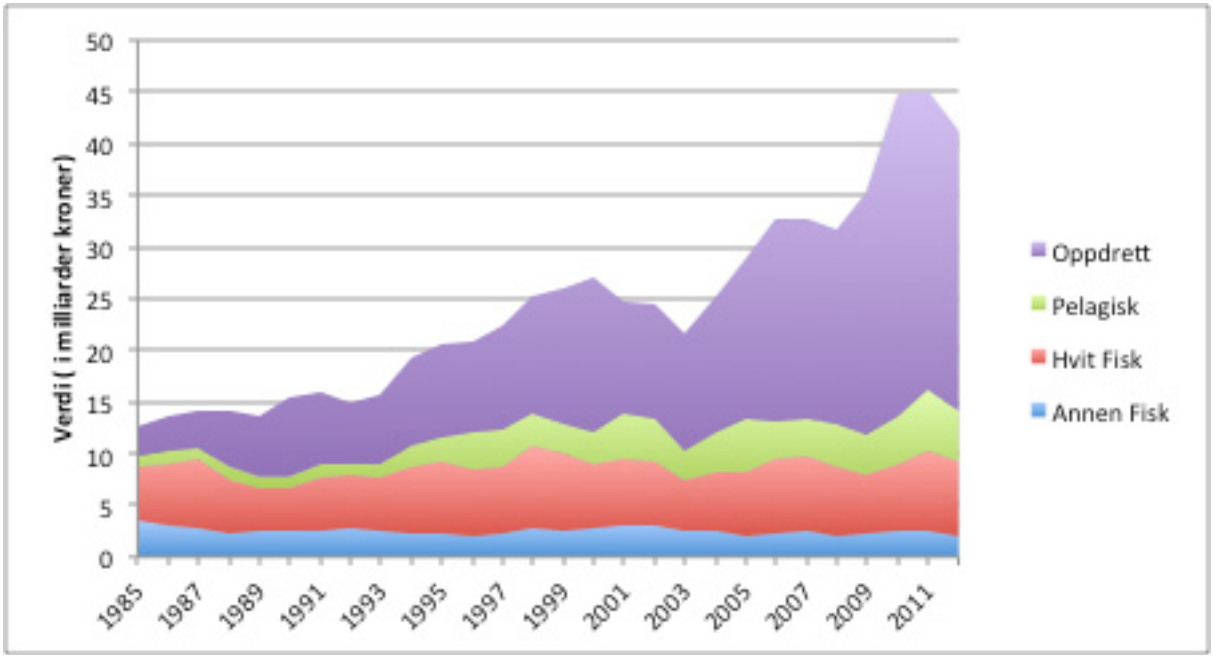
Norsk sjømatnæring består i hovedsak av tre sektorer; laks og ørret som oppdrettes, og hvitfisk og pelagisk fisk som fanges. I tillegg kommer skalldyr hvor reker, taskekrabbe og kongekrabbe er de viktigste artene og bløtdyr hvor blåskjell og kamskjell er de viktigste artene. Totalproduksjonen av norsk sjømat har økt sterkt de siste 25 år fra om lag 2 millioner tonn til 3.5 millioner tonn, som vist i Figur 4. Den viktigste årsaken til dette er at lakseproduksjonen har økt fra under 35 000 tonn i 1985 til 1.2 millioner tonn i 2012. Dette gjør også at laks er den største enkeltarten både målt i volum og omsetning i norsk sjømatnæring. Produksjonen av pelagisk fisk har også økt betydelig, men her kan en også observere store sykler som skyldes varierende bestandsstørrelser og dermed kvoter for viktige arter. Fangstene av hvitfisk har vært mer stabile, rundt 600 000 tonn per år, men også her er det store sykler. Det er også betydelige fangster av andre arter. Viktigst her er lavverdiarter som går til oppmaling som øyepål, kolmule og tobis.



Figur 4. Produksjon av ulike fiskegrupper, 1985-2012 (Kilde: SSB).

Bildet er noe forskjellig hvis en ser på produksjonsverdi (av førstehåndsomsetning), som vist i Figur 5. Det mest iøynefallende er den store betydningen av oppdrettsnæringen, som samlet utgjør 65,6% av den totale produksjonsverdien i 2012, opp fra 32% i 1985. Også verdien av fanget fisk har økt i perioden, fra om lag 10

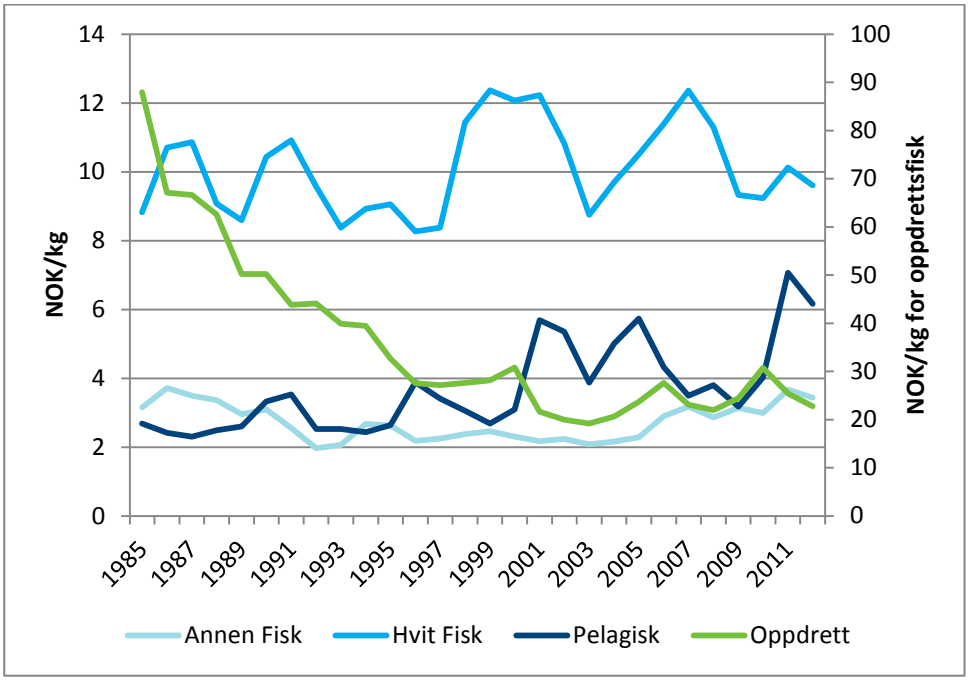
milliarder kroner i 1985 til 14 milliarder kroner i 2012. Dette skyldes hovedsakelig økte landinger av pelagisk fisk, som utgjorde 11,7% av totalverdien i 2012. Fangstverdien på hvitfisk har vært mer stabil og utgjorde 17,7% av totalverdien i 2012. Andre arter er mindre viktige og utgjorde 4,9% av fangstverdien i 2012.



Figur 5. Inflasjonsjustert verdi av produksjon av ulike fiskegrupper, 1985-2012 (Kilde: SSB).

For å komplementere bildet, regner vi ut gjennomsnittlige inflasjonsjusterte priser. Disse er vist i Figur 6, med prisen for de tre ville artene på den venstre aksen, og prisen for oppdrettsfisk på den høyre. Prisen på oppdrettsfisk er blitt redusert fra 87,81 kr/kg i 1985 til 22,78 kr/kg i 2012, slik at den inflasjonsjusterte prisen nå er en fjerdedel av hva den var på midten av 1980-tallet.[2] Den inflasjonsjusterte prisen for pelagisk fisk har steget fra 2,68 kr/kg til 6,16 kr/kg og her har følgelig både pris og kvantum bidratt til verdiøkningen i denne sektoren. Dette gir også en god illustrasjon på at norske fangster ikke i nevneverdig grad påvirker prisen, da en i så fall ville forventet en prisreduksjon som følge av de økte landingene. Dette er følgelig en indikasjon på at norsk pelagisk sektor er pristagere i et globalt marked. For hvitfisk og pelagisk fisk er prisnivået stabilt, men med betydelig kortsiktig variasjon.

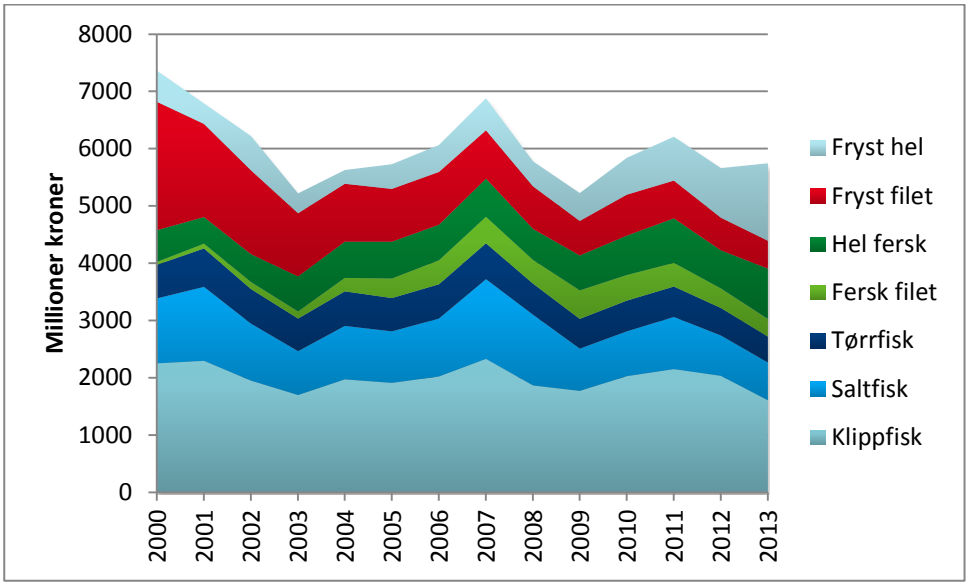
[2] Det er her verd å påpeke at mye litteratur påpeker at prisnedgangen for laks har vært et av de viktigste virkemidlene for å gjøre laksen mer konkurransedyktig. Veksten i laksenæringen har likevel vært lønnsom fordi innovasjoner har forbedret produktiviteten slik at produksjonskostnadene har sunket like mye. En oppsummering av denne litteraturen finnes i Asche og Bjørndal (2011).



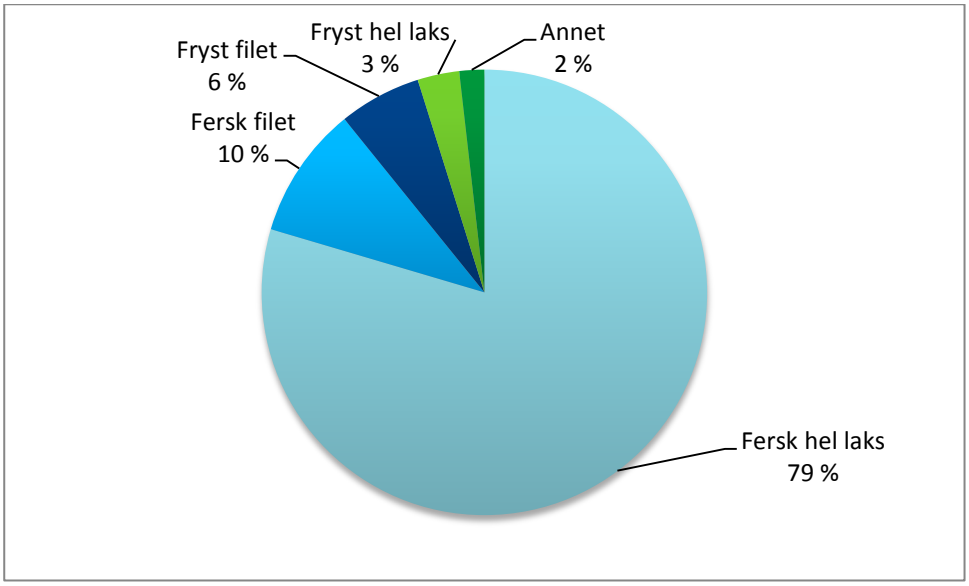
Figur 6. Inflasjonsjusterte gjennomsnittspriser for fiskegrupper, 1985-2012 (Kilde: Asche, 2014, SSB).

Verdiutviklingen i norsk sjømateksport er i all hovedsak i samsvar med produksjonsverdien. Dette skyldes at bearbeidingsgraden er liten. Laks eksporteres i hovedsak som hel sløyd, men filet har økt noe og kvantumet av andre mer bearbeidede produkter har også økt med produksjonen selv om ikke andelen har økt i stor grad. Pelagisk fisk eksporteres i hovedsak som hel frossen eller frossen fillet. Variasjonen er noe større i hvitfisksektoren hvor de konvensjonelle produktene klippfisk, saltfisk og tørrfisk har stabilt god etterspørsel, mens fersk og frossen segmentet varierer mer med kvotestørrelsen. Med en kostnadsandel på over 75% i konvensjonell sektor er bearbeidelsesgraden og dermed verdiskapningen på land begrenset.[3] I den resterende delen av hvitfisknæringen er det fremste utviklingstrekket at den landbaserte filetindustrien er delvis utradert de siste ti årene. Størstedelen av kvantaene av hvitfisk går nå ut som hel frossen eller hel fersk, men det har også vært en positiv utvikling for fersk fillet. Denne utviklingen er vist med verditall for torsk i Figur 7. For laks og sild er eksportandelene basert på verdi vist i Figur 8 og Figur 9. Som en kan se, eksporteres 79% av laksen hel. Gitt det store volumet laks er det likevel mulig at de resterende 21% gjør at foredlet laks er den viktigste bearbeidingskategorien i norsk fiskeeksport. Gitt at størstedelen av den bearbeidede laksen er filet, er bearbeidingsgraden likevel begrenset. For sild er den eksportandelen for den helt ubearbeidede frosne silden relativt begrenset på 43%. Bearbeidingsgraden for viktige bearbeidede produkter som sildelapper (hel hodekappet sild med ryggbeinet fjernet) og filet er imidlertid begrenset.

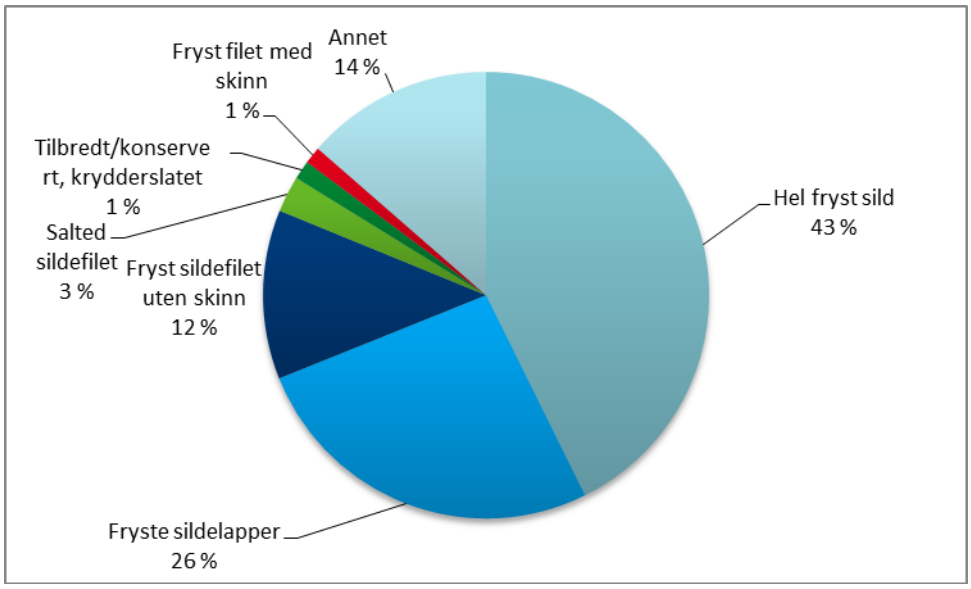
[3] Den høye prisen på klippfisk og tørrfisk kan hovedsakelig forklares med vekttapet som følge av vannuttrekket.



Figur 7. Inflasjonsjustert eksportverdi for torsk, 2000-2013 (Kilde: Norges sjømatråd).



Figur 8. Eksportandeler for laks, 2013 (Kilde: Norges sjømatråd).



Figur 9. Eksportandeler for sild, 2013 (Kilde: Norges sjømatråd).

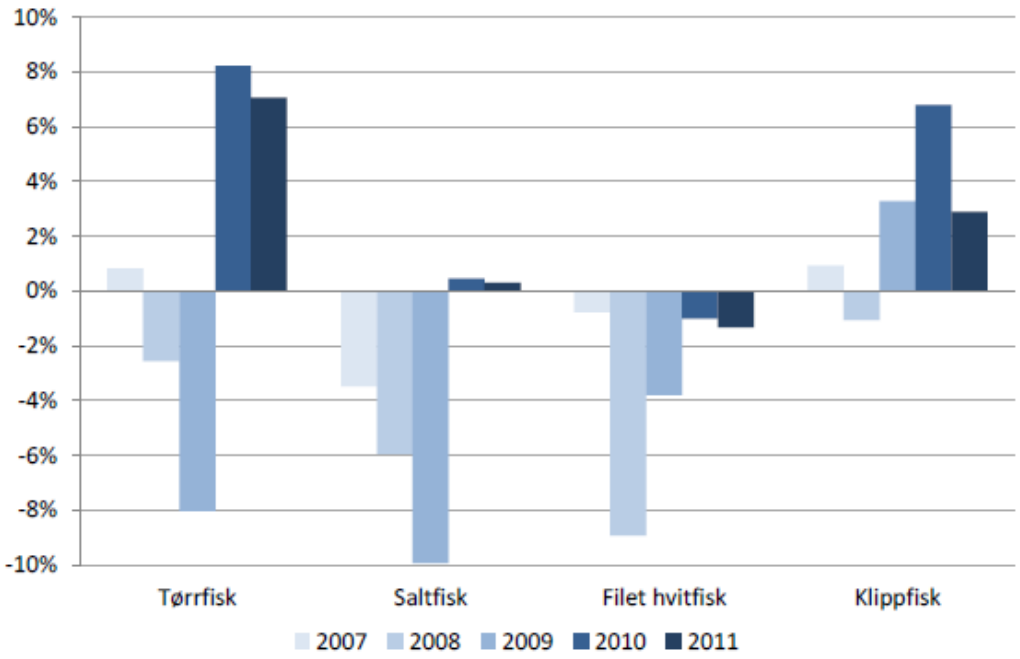
Hvis en skal oppsummere utviklingen i produksjon og eksport av norsk sjømat siden 1985 så er ***de viktigste konklusjonene at totalkvantumet har økt hovedsakelig på grunn av oppdrettsnæringens vekst, men at bearbeidingsgraden er redusert.*** Det finnes imidlertid en rekke viktige nyanser. Den viktigste er at fersk fisk er den mest verdifulle produktformen i de fleste markeder. Det foregår følgelig en betydelig «verdiskaping» i oppdrettsnæringen ved at størstedelen av oppdrettslaksen eksporteres fersk. ***En stadig større del av laksen prosesseres imidlertid før den når den endelige konsumenten, og dette er et verdiskapingspotensial som i liten grad tas ut i Norge.*** Det foregår også en rivende produktutvikling i laksenæringen, men for norske produsenter handler dette i stor grad om det innenlandske markedet. Det har også vært en betydelig utvikling i hvitfisknæringen og spesielt for torsk. En har etablert en fersk filet eksport fra Norge, en utvikling som delvis følger utviklingen på Island. En har også etablert Skrei som et høyverdiprodukt. Spesielt etter at kvotene begynte å øke fra 2008 har imidlertid en stadig større del av torsken blitt eksportert som hel frossen og hel fersk i stor grad for å bli bearbeidet andre steder. De siste 15 årene er den landbaserte fryseriindustrien som hovedsakelig produserte frossen fillet i stor grad blitt utradert, og den delen av hvitfisknæringen som hadde størst bearbeidingsgrad målt ved kostnadsandelen av andre innsatsfaktorer enn fisk følgelig er i stor grad forsvunnet.

A.1.2 Næringsstruktur og lønnsomhet

I 2012 utgjorde foredlingsindustrien totalt 9600 årsverk, hvorav 3 920 årsverk var knyttet til havbruksbasert foredling og 5680 årsverk knyttet til fiskeribasert foredling. Bidrag til BNP var på totalt 6,5 mrd NOK i verdiskapning (havbruk 2,8 mrd og villfisk 3,7 mrd NOK). Produksjonsverdien var totalt på 40,1 mrd NOK, fordelt mellom havbruk og fiskeri på hhv. 10,7 mrd og 29,4 mrd NOK (Sandberg et al, 2014). Lønnsomheten i foredlingsindustrien er lav, med en overskuddsgrad på henholdsvis 1,3 %, 1,4 % og 0,3 % for laks, pelagisk og torsk i 2011/ 2012. Spesielt er situasjonen i hvitfisksektoren kritisk.

Den norske hvitfiskindustrien består av ca. 220 bedrifter med rundt 3 300 årsverk. Sektoren omfatter konvensjonell sektor som produserer klippfisk, saltfisk, tørrfisk og/eller tar i mot og videreselger fersk hel fisk (210 bedrifter med 2 500 årsverk) og filetindustrien som produserer fersk og fryst filet (10 bedrifter med 800 årsverk). I 2013 ble det fangstet om lag 472 000 tonn torsk, 148 000 tonn sei og 101 000 tonn hyse (Kilde: Norges Råfisklag). Av tilgjengelig råstoff i 2012 gikk 4% til fersk filet, 12% til frosset filet, 12% til saltet fisk, 1% til saltet filet, 8% til tørrfisk og 32% til klippfisk (Kilde: Kontali Analyse AS). Lønnsomheten

i hvitfiskindustrien har over lang tid vært svak, særlig innen filetindustrien (Figur 10), og en rekke fabrikker har blitt nedlagt de siste årene. Driftsundersøkelsen for fiskeindustrien viser at filetindustrien bare har hatt positivt resultat i to av de siste 12 årene, ca. 0,3 % inntjening i 2012. Klippfisk og saltfisk gikk i minus i 2012, mens tørrfisk fikk et resultat på 4% av driftsinntekt (Henriksen, 2013). På grunn av lav lønnsomhet har det vært politisk debatt rundt hvitfiskindustrien i Norge de siste årene (Meld st 22, Hav21, Olafsen et al, 2012).



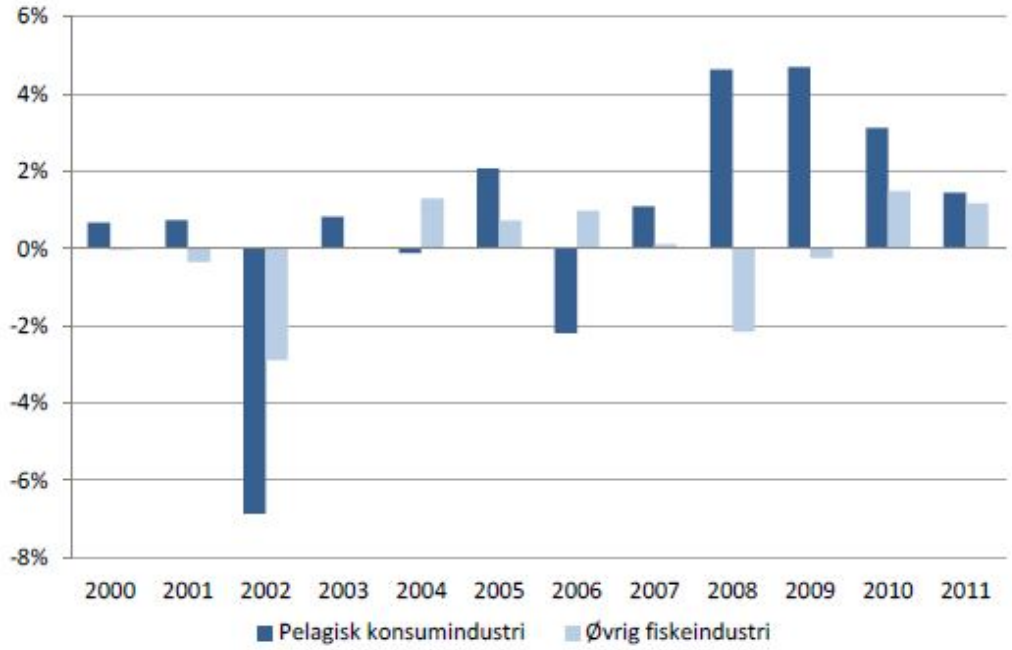
Figur 10. Ordinært resultat før skatt i % av driftsinntekt (veid gjennomsnitt) i utvalgte sektorer i hvitfiskindustrien (Bendiksen, 2013).

Antall bedrifter i hvitfiskfiletindustrien fra 1970-tallet og frem til 2012 er redusert fra cirka 100 til 10. Filetbedriftene har tradisjonelt hatt stor politisk legitimitet i Norge fordi produksjonen er arbeidsintensiv og lokalisert nært fiskefelt med få alternative arbeidsplasser. For å sikre denne industrien råstoff har landanleggene fått dispensasjon fra Deltakerloven[4] til å eie trålere. I senere år er dette forsterket ved å pålegge trålerne både leveringsplikt og industrien som eier trålerne bearbeidingsplikt.

Pelagisk konsumindustri har gjennom lang tid hatt lav lønnsomhet, men har siden 2008 tjent penger. Derimot har lønnsomheten i denne perioden vært fallende og var i 2011 kun på 1,4 % av driftsinntektene (se Figur 11, Bendiksen 2013). Store landinger av sild, makrell og lodde i årene 2008 – 2010 er en viktig årsak til den bedrede lønnsomheten i disse årene, samt muligens også strukturendringene som har skjedd i pelagisk konsumindustri. Samlet landet norske fartøy 1,1 millioner tonn pelagisk fisk i 2013. De viktigste artene til

[4] Deltagerlovens formål er (http://lovdata.no/dokument/NL/lov/1999-03-26-15/KAPITTEL_1#§3):
a) å tilpasse fiskeflåtens fangstkapasitet til ressursgrunnlaget for å sikre en rasjonell og bærekraftig utnyttelse av de marine ressurser,
b) å øke lønnsomheten og verdiskapingen i næringen og gjennom dette trygge bosetting og arbeidsplasser i kystdistriktene, og
c) å legge til rette for at høstingen av de marine ressurser fortsatt skal komme kystbefolkningen til gode.

konsum er sild, makrell og lodde. Sild sto alene for 507 000 tonn av den totale fangsten, mens det så langt i år er fangstet 112 000 tonn sild (pr. 20. sept 2014, Norges sildesalgslag). I 2013 var førstehåndsprisen på NVG sild og makrell til konsumanvendelse henholdsvis på 5,14 kr/kg og 8,87 kr/kg, tilsvarende tall så langt i 2014 for sild og makrell er hhv. 5,04 kr/kg og 7,71 kr/kg (pr. 24. sept 2014, Norges sildesalgslag). Produktene fra konsumindustrien er i stor grad halvfabrikata i form av fryst filet eller fryst hel fisk (se Figur 9). Tre store aktører står for nærmere 70 % av kvantumet som kjøpes av denne industrien (Bendiksen, 2013).



Figur 11. Ordinært resultat for skatt i % av omsetning for pelagisk konsumindustri sammenlignet med øvrig fiskeindustri (Bendiksen, 2013).

Mellom 15-20% av laksen fileteres i Norge (se Figur 8), og andelen har ligget på samme nivå over flere år. Det eksisterer omtrent 50 lakseslakterier i Norge, og 35 foredlingsbedrifter. De fleste slakteriene er eid og drevet av oppdrettsselskap, men det eksisterer også flere frittstående slakterier som slakter på kontrakt (Winther et al., 2011). De 10 største foredlingsanleggene håndterte ca 135 000 tonn råstoff i 2010, tilsvarende 80 % av det totale råstoffet som ble foredlet. Lønnsomheten i bearbeiding av laks ser ut til å variere omvendt proporsjonalt med prisen på fersk hel laks. I perioder med høye laksepriser er det vanskelig å ta ut tilsvarende prisøkning på ferdige produkter. Foredling av laks og ørret er først og fremst utrimmet filet som går til videreforedling i andre land, men det produseres også mer bearbeidede og konsumpakkede produkter som hovedsakelig blir solgt på hjemmemarkedet (Bendiksen, 2013). For regnbueørret ligger foredlingsgraden mellom 8-12%, som er lavere enn laks. Mens lønnsomheten i matfiskleddet lenge har vært svært tilfredsstillende, har den vært svak til meget svak innen slakting og foredling av laks (Bendiksen 2013).

For å ta SalMar som eksempel var det kun foredlingsdelen som gikk med underskudd i 2013, mens både matfisk/settefisk, slakteri og restråstoff (Nutrimar) hadde god lønnsomhet. Restråstoff industrien er imidlertid avhengig av restråstoff fra norsk videreforedling av laks og ørret. På samme måte som for foredlingsvirksomheten er også restråstoff-foredlingen skilt ut som egen virksomhet hvis denne er eid av samme selskap. Anslagsvis over 70% av restråstoffet fra norsk laks og ørret oppdrett blir i dag foredlet i utlandet hvor de fileterer sløyd og iset laks. Økt norsk foredling av laks og ørret utgjør derfor et svært stort potensial for norsk restråstoffindustri (se også kap.C3). I Winther et al. (2011) viser lønnsomhetsanalysene at oppdrett med integrert foredling over tid oppnår bedre lønnsomhet enn oppdrett uten foredling. Akkumulert,

i perioden 2006-2009 oppnådde aktører med integrert foredling 47 % høyere driftsmargin per kg slaktet laks enn oppdrettere uten integrert foredlingsaktivitet.

A.1.3 Utviklingstrender for sjømatprodukter

I norsk sjømatindustri produseres et vidt spekter av produkter tilpasset ulike markeders og kunders spesifikasjoner. Utviklingstrender for sjømat er premissgivere for hvilke retning utviklingen av en fremtidig sjømatindustri vil ta. Sjømatmarkedet er i hurtig utvikling, og det er vanskelig å forutsi hva som vil være fremtidens produkter. Ved å se mot annen masseproduserende industri er det rimelig å anta at fleksibilitet og mulighet for hurtig endring i produksjon samt markedstilpassing vil være en nøkkel til en robust industriell sjømatproduksjon. Det viktigste kjennetegnet ved en fremtidsrettet sjømatindustri vil da være at den er fleksibel og kan utnytte de muligheter og møte de utfordringene som dukker opp.

Forbrukerne sitter med nøkkelen til utviklingen i næringsmiddelindustrien. Gjennom valg av hva og hvor de spiser påvirker forbrukerne både egen situasjon og næringsmiddelindustriens verdikjede (NTP Food for life, 2010). Helsefokus, matvaretrygghet, global urbanisering, økonomi og klimatrusselen påvirker i stor grad dagens trender innen næringsmiddelindustrien. De viktigste trendene for sjømatkonsum er helse, lettvinthet, smak og miljø beskrevet i Iversen et al. (2011):

1) Helsebringende mat defineres som matvarer som ivaretar forbrukernes helse og velvære. Fiskens helsemessige fordeler, spesielt mht innhold av essensielle fettsyrer, gir mange kjøpsargumenter i forhold til kjøtt.
2) Lettvinthet - Forbrukere vil ha lettvinte måltidsløsninger for enkel tilberedning hjemme, ferdige produkter, mindre porsjoner og produkt pakket i praktisk emballasje (Hoen et al., 2009). Maten skal likevel være sunn og fersk. Her har sjømat et potensial, da utvalget av ferdigrette eller halvfabrikata er i de fleste markeder mindre enn for kjøtt (Iversen et al., 2011).
3) Smak – All mat som gir god smaks- og spiseopplevelse er den beste garanti for gjenkjøp. Fisk er gjerne nøytral på smak, og kan tilpasses det meste av retter. Ulike karakteristika ved fisken kan brukes for å differensiere den fra konkurrerende fisk. Forskjellene kan utnyttes mht fiskens opprinnelse, historie og karakteristika til å skape gode historier som kan brukes i markedsføringen. Et typisk eksempel på dette er tørrfisk fra Lofoten, som fikk godkjent geografisk beskyttelse i EU i april 2014.
4) Miljø - Sjømat har flere fordeler mht miljørelaterte kriterier, med bl.a. et veldig lavt CO2 fotavtrykk sammenlignet med kjøtt (Winther et al., 2009). Det er en sterk interesse for kortreist mat. Trusselen omkring klimaendringer samt høy etterspørsel etter ferske produkter kan sette fortgang i denne trenden. Sjømat har også sine utfordringer knyttet til miljøperspektivet, særlig har problemstillinger rundt oppdrett vært aktuell de siste årene; hvordan oppdrettsfisken påvirker ville bestander gjennom bl.a. rømming og lus.

To av de viktigste utviklingstrendene i sjømatmarkeder i industrialiserte land er økt konkurranse og mer konsentrerte detaljister både mot forbruker og i HoReCa[5] segmentet. I tillegg er avlastningsmarkedene blitt stadig klarere og sterkere segmentert fra resten av sjømatmarkedet. Norge har lenge hatt tradisjon for å sende lavverdifisk til slike markeder, og lenge var for eksempel Afrikafisk et etablert begrep i eksportstatistikken. I disse markedene er etterspørselen svært prissensitiv, da hovedproduktet som etterspørres er billig protein og ikke spesifikke fiskearter eller produkttyper.

[5] HoReCa (Hotel, Resturant og Catering) er et forretningsbegrep som brukes om den sektoren innen næringslivet som tilbereder og serverer mat og drikke (www.wikipedia.no)

Sjømatmarkedet i industrialiserte land er preget av noen få supermarkedkjeder som dominerer detaljistleddet, og for å få hylleplass her må en kunne levere et betydelig sett tilleggstjeneste utover det fysiske produktet fisk (Kvaløy og Tveteras, 2008). Det viktigste er at en kan passe inn i effektive logistikk-kjeder, og om en ikke kan levere store nok kvantum alene, så må en selge til en handler som sourcer for en supermarkedkjede. I tillegg er en mengde garantier i forhold til kvalitet og leveringssikkerhet viktig, og i stadig flere markeder er et miljømerke også et krav.

Salg av store volum med sjømat forutsetter en konkurransedyktig pris. Det er bare et begrenset antall produkter som vil lykkes med å differensiere seg fra handelsvaremarkedene. Wiegan (2014) gir et eksempel på hvordan merkeordninger og kjedemerker har større markedsandel i sjømatmarkedet enn i mange andre segmenter, noe som kan gjøre det vanskelig å utvikle egne merkevarer. Det er en tendens til at norske leverandører må samarbeide med bedrifter i landene hvor produktet selges for porsjonering, pakking og riktig presentasjon. Fleksibilitet i forhold til leveringsevne gir imidlertid mange muligheter, med fremveksten av sushi segmentet som et av de beste eksemplene.

Andre viktige moment innen utviklingstrender for sjømatindustrien er utnyttelse av råstoffet i tidligere prosesseringsfaser og at ferske høykvalitetsprodukter er de mest verdifulle, noe som tyder på en økt spesialisering av råvareutnyttelsen i tråd med trender fra annen næringsmiddelindustri. Moderne kylling eller griseslakteri utnytter hele dyret fordi det gir best lønnsomhet (Gardner, B.L. 2002). Å stykke opp dyrene i den grad det gjøres i dag er av forholdsvis ny oppfinnelse, på begynnelsen av 1980-tallet ble de fleste kyllinger fremdeles solgt hele. Ved å stykke opp kyllingene oppnår man flere høyere kvalitetsprodukter som fillet, samtidig so man produserer flere lavverdiprodukter som pålegg, farse, patè og fjærmel. Som følger av dette er fjærmelet blitt stadig mer proteinfattig som et resultat av at større del av avskjæret blir brukt i produkter med høyere verdi.

Dette er en utvikling en i stadig større grad ser også for laks. Tall fra Rubinstiftelsen (www.rubin.no) viser hvordan avskjær i stadig større grad ble utnyttet frem til midten av 1990-tallet, og deretter har så godt som alt avskjær blitt benyttet. Samtaler med foredlingsanlegg indikerer at en ny strukturell endring begynte å skyte fart rundt 2005. Skalaen i mange av anleggene ble da så stor at en kunne utvikle markeder for spesifikke deler av fisken, som hoder, skinn og ryggbein. Dette har gjort at verdien av avskjæret har økt fra om lag 1% av omsetningen til om lag 5% av omsetningen.

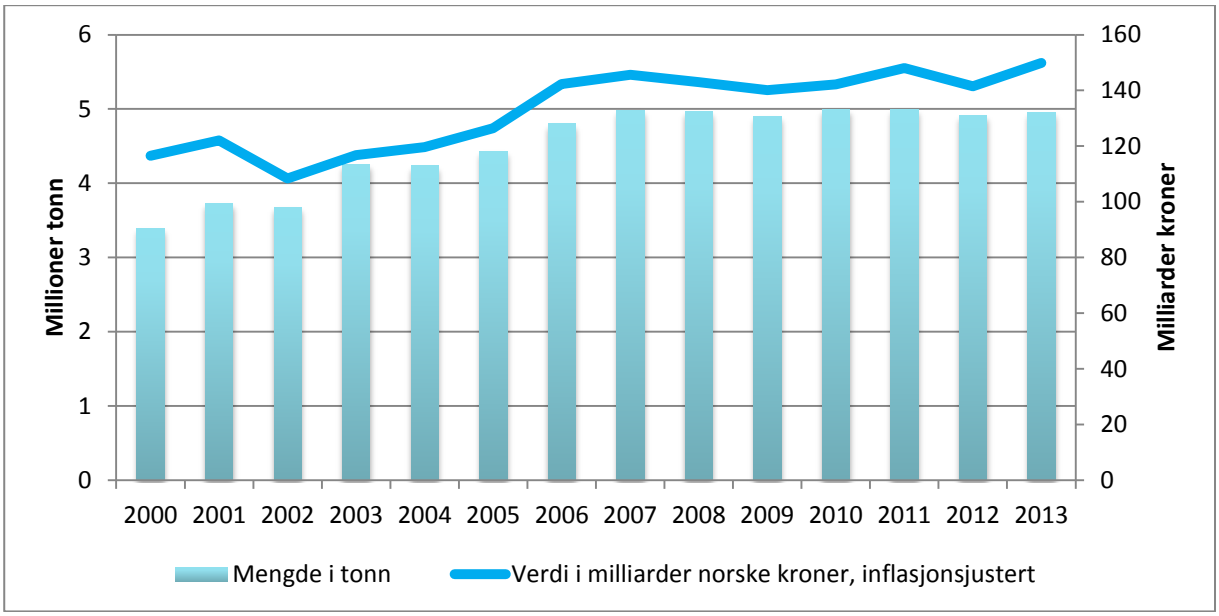
Et hovedtrekk i en såkalt ”high road" strategi for produktinnovasjon på laks, beskrevet av Winthers et al., (2014) er at de beste stykkene fra laksen i stadig større grad prosesseres, og en får mer spesialiserte produkter rettet mot mer spesifikke markedssegment. Dette fremstår i stor grad som en utvikling parallell til det en har observert for kylling. Det er ikke tilfeldig at over 90% av den norske lakseeksporten er fersk. Det skyldes at for de fleste sjømatprodukter er ferske produktformer de mest verdifulle (Asche og Bjørndal, 2011). Også for frossen fisk har de beste kuttene i relativ ubearbeidete produktformer største verdi. For eksempel konkluder Roheim et al. (2007) i en studie av frosne sjømatprodukter i Storbritannia i forhold til mer bearbeidede produkter at: ”*These products involve more use of input factors, but the results show that their final value is lower. Thus, while typically considered ‘value-added’ products, they are adding value to a product which is of lower value from an initial state, perhaps because of lower quality. In other words, if the product were of sufficiently high quality, one would expect that the fish be marketed as the higher-valued product, natural*.”

Utvikling mot høykvalitetsprodukter kan også observeres for hvitfiskprodukter, men i noe mindre grad. Et produkt som torskeloin er imidlertid et godt eksempel. Lenger nede i verdikjeden, nærmere konsumenten skjer det også en rivende utvikling med betydelig produktutvikling. Igjen er laks ledende i sjømatsegmentet. I Europa i perioden 2008-2009 ble det introdusert 1367 nye lakseprodukter, mot 267 nye torskeprodukter (Dekeyzer, 2010). Det er imidlertid fremdeles langt frem til kylling, som hadde 2724 produktlanseringer.

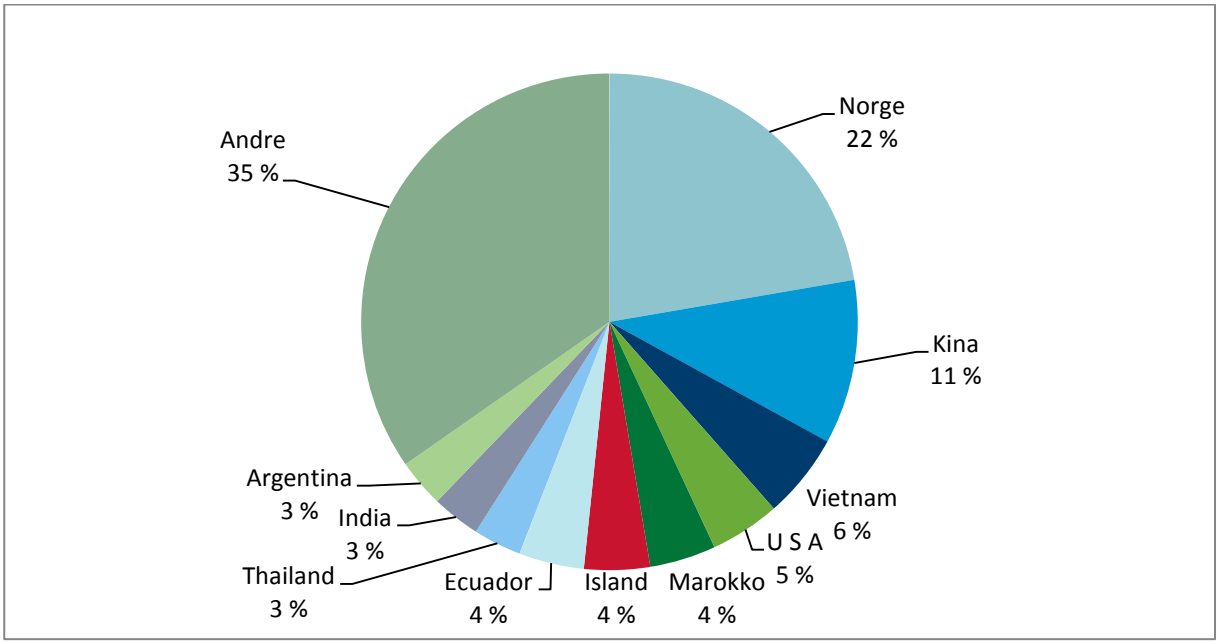
Med disse trendene er ”high road" strategien for norsk sjømat et fokus på ***ferske produkter*** eller ***frosne produkter av høy kvalitet***, samt ***god restråstoffutnyttelse*** av det avskjær som følger med. Det synes klart at mer primærprosessering kan gjøres i Norge.

A.1.4 Markedsutvikling

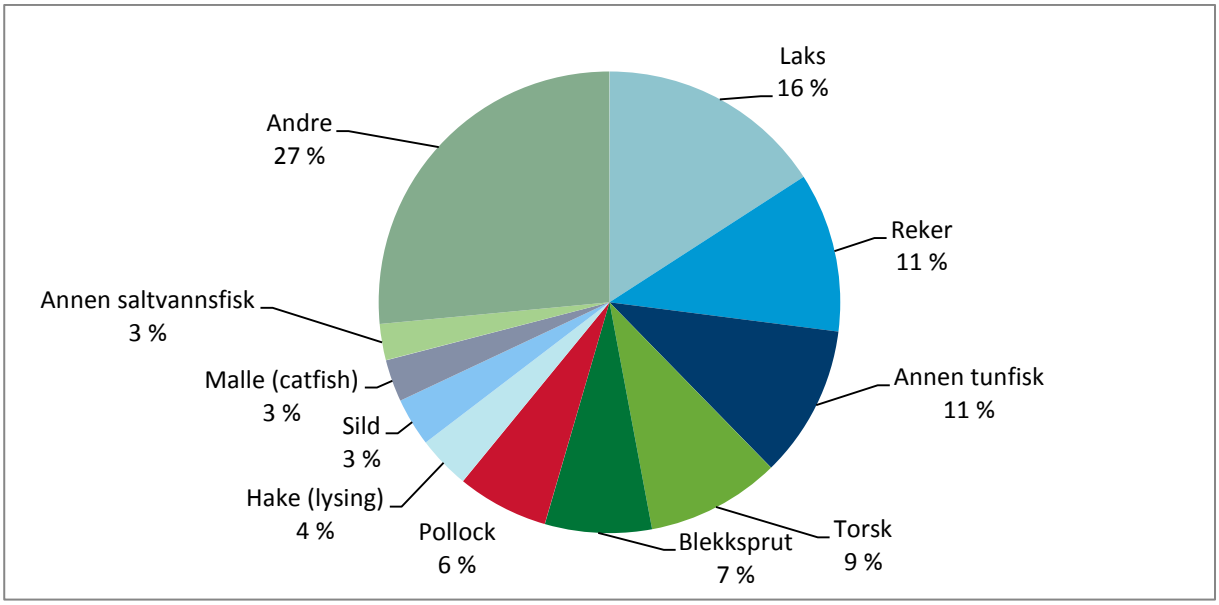
Sjømat er i større grad enn andre matvarer et handelsprodukt. Ifølge FAO blir 39% av all sjømat eksportert, og over 80% av eksporten går til industrialiserte land, hvorav nesten tre fjerdedeler går til EU, USA og Japan (Tveteras et al., 2012). Handelen øker også sterkt, og mer i kvantum enn i verdi. EU og USA er ledende i denne utviklingen, mens den japanske importen synker. Utviklingen for EU er vist i Figur 12, mens Figur 13 og Figur 14 viser fordelingen på opprinnelsesland og arter. Som en kan se er det stor variasjon i både arter og opprinnelsesland. Det er også interessant å påpeke at Norge er største eksportland til EU, noe som selvfølgelig også gjør EU til det klart viktigste enkeltmarkedet for norsk sjømatnæring.



Figur 12. EUs sjømatimport, 2000-2013 (Kilde: Norges sjømatråd).



Figur 13. Importandeler per land, EU, 2013 (Kilde: Norges sjømatråd).



Figur 14. Importandeler per art, EU, 2013 (Kilde: Norges sjømatråd).

Den store handelen med sjømat gir både muligheter og utfordringer for norsk sjømatnæring, og mulighetene er i betydelig grad forskjellig for fangst og oppdrettsdelene av næringen. For fangstsektoren er kvantum tilgjengelig i hovedsak gitt fra naturens side, om enn med betydelig kortsiktig variasjon. Mulighetene for sektoren handler da om å finne de beste utnyttelsene for råstoffet. I hvitfisknæringen er begrenset utnyttelse av restråstoffet en betydelig utfordring, og bedre utnyttelse har et betydelig verdiskapingspotensial. For oppdrett kan en også øke produksjonen, og laksenæringens suksess er i stor grad basert på at innovasjoner har redusert produksjonskostnadene og dermed gjort laksen mer konkurransedyktig på pris.

Utfordringene relaterer seg i stor grad til den betydelige handelen med sjømat. Lenge var hovedutfordringen at stadig nye konkurrenter dukket opp i internasjonale markeder. Asche, Roll og Trollvik (2009) beskriver for eksempel hvordan hvitfisk markedet gikk fra å være regionalt rundt Nord-atlanteren frem til 1980 til å bli globalt ved at Alaska Pollock og Stillehavstorsk, Sør-atlantisk hake, hoki fra New Zealand og andre ville arter med en hvit nøytralt-smakende filet ble tatt i bruk. Etterhvert ble artsspekteret utvidet med ville tropiske arter som Nile Perch, og oppdrettsarter som pangasius og tilapia. Tilapia er i dag den største hvitfiskarten som importeres til USA målt i kvantum, og pangasius er blant de tre viktigste som importeres til EU.

Utfordringene for den norske fiskeindustrien ble forsterket av at tredjelandsbearbeiding for reeksport er blitt stadig vanligere. Dette gjør at den naturgitte fordelen ved å være lokalisert nær naturressursene ikke lenger er like viktig, og den tradisjonelle strukturen ved at bearbeiding enten skjedde nær produsent eller nær konsument er betydelig endret. For norsk næring tar denne konkurransen to hovedformer. Med bedre transportmuligheter for fersk fisk, ble bearbeiding i Nord-Europa en mulighet, spesielt siden EU har høyere tollsatser på bearbeidet fisk enn på ubearbeidet fisk. Dette gjorde dansk foredlingsindustri svært viktig for norsk laksenæring, men også fangster av vill fisk landes i Danmark og Storbritannia. De siste årene har Polen i stor grad tatt over for Danmark som tredjepartsforedler av norsk laks og viser at også blant tredjeland er konkurransen hard. Den andre hovedformen skyldes ny teknologi muliggjorde dobbeltfrysing uten at kvaliteten ble betydelig forringet. Dette har bidratt sterkt til å gjøre Kina til verdens største sjømateksportør, og det er et av de viktigste markedene for helfrossen norsk torsk.

Detaljistsektoren for sjømat, spesielt i den velstående verden, har også endret seg mye de siste tiår. På slutten av 1980-tallet var spesialiserte forhandlere som fiskehandler og markedsplasser den viktigste salgskanalene for sjømat. I store europeiske markeder som Frankrike og Storbritannia tok supermarkedkjedene hurtig over denne funksjonen i løpet av 1990-tallet slik at ved århundreskiftet sto kjeden for over 80% av detaljistomsetningen av sjømat, og en har sett en lignende utvikling i de fleste andre velstående land (Asche og Bjørndal, 2011). Supermarkedkjedene har stor fokus på effektiv logistikk og pris er viktig i konkurransen dem i mellom og i forhold til andre typer detaljister. Dette gir en betydelig fokus på skala- og samdriftsfordeler, og gjør at en mengde parametere som ikke var viktig i tradisjonelle verdikjeder blir viktig. Eksempler er leveringsdyktighet, ensartet produktkvalitet, garantier i forhold til produksjonsmetode etc. Fordi utsalgsstedene blir større og utvalget ofte skal være ensartet i et stort antall butikker, setter dette krav til hele verdikjeden. Det gjør at bearbeidingsbedrifter blir større, og også at arter eller bedrifter som er for små ikke får mulighet til å markedsføre sine varer i mange av kjedene. Fordi tradisjonelle fiskedisker er kostbare i drift er det også en klar tendens mot mer bearbeide og ferdigpakkede produkter, et annet forhold som igjen får betydning for hele verdikjeden.

De forskjellige hovedsegmentene i norsk sjømatnæring har respondert svært forskjellig på den muligheten/utfordringen fremveksten av supermarkedkjedene er. Laksenæringen har endret seg mot større og færre bedrifter, og er blant de viktigste leverandørene til kjedenes sjømatsortiment. Næringen er imidlertid i stor grad en leverandør av primærråstoff til bearbeidingsbedrifter som er lokalisert mellom Norge og konsumenten. En stor del av disse bedriftene ligger i det endelige konsumlandet, men en ser at denne industrien i stadig større grad er lokalisert i tredjeland med Polen og Danmark som de viktigste, og at de største bedriftene og produksjonsanleggene blir stadig større. Fiskeindustrien for laks driver også en stor grad av produktutvikling både i Norge og andre land hvor det finnes en fiskeindustri. For pelagisk sektor og konvensjonell hvitfisk har utviklingen i liten grad ført til endringer, og det har vært liten produktutvikling. Det er litt bekymringsfullt at andelen av pelagisk fisk som går til svært prissensitive markeder som Nigeria og Egypt synes å øke i perioder når kvotene er høye. Etterspørselen i de tradisjonelle markedene for konvensjonell sektor er fremdeles sterk og lite prissensitiv. Utviklingspotensialet synes imidlertid begrenset da størstedelene av økningen i fangstene i tider med høye kvoter ikke finne kjøpere her selv om prisen synker sterkt. Som vist i kapittel A.1.2 så er den tradisjonelle hvitfiskfiletindustrien i stor grad forsvunnet de siste årene. I noen grad har høyverdiprodukter som fersk filet og fersk skrei overtatt, men hovedsakelig har

det gjort denne delen av hvitfisknæringen likere de andre hovedsegmentene ved at lite bearbeidet råstoff sendes ut av landet for bearbeiding andre steder.

Kort oppsummert er sjømatmarkedet internasjonalt i sterk vekst. At supermarkedkjedene har overtatt fra fiskehandler og andre spesialiserte detaljister som skar fisken til for kundene har også økt bearbeidingsgraden i verdikjeden. Bortsett fra produksjonsveksten i laksenæringen har imidlertid norsk fiskerinæring i liten grad vært i stand til å benytte de mulighetene denne utviklingen har skapt.

A.1.5 Handelsbarrierer

Det er to mulige hovedforklaringer på at norsk sjømatnæring eksporterer lite bearbeidede fiskeprodukter:

1) Norsk fiskeindustri er ikke konkurransedyktig
2) Handelsbarrierer som diskriminerer mot norsk bearbeiding vanskeliggjør dette.

Steinshamn, Asche og Tveterås (2001) gir en drøfting av dette sakskomplekset, og det har ikke i årene etter vært vesentlige endringer som påvirker konkusjonene der i nevneverdig grad.

Norges viktigste eksportmarked, EU, har et tollsatsregime som klart diskriminerer mot bearbeidet importert fisk, inkludert norsk. For mange arter er ubearbeidet eller lite bearbeidet fisk uten toll eller med svært lav tollsats som for hel laks eller laksefilet, hvor tollsatsen er 2%. For noen bearbeidede produkter, og da spesielt konvensjonelle hvitfiskprodukter er det betydelige tollfrie kvoter, mens for de fleste mer bearbeidede produkter, som røykt laks er den nominelle tollsatsen 13%. Den reelle er betydelig høyere da tollen pålegges varens verdi, og det dermed ikke er bare fisken men også verdien av de andre faktorene i bearbeidingsprosessen som toll-legges. At det ikke er tollfrie kvoter for nye typer produkter vanskeliggjør også produktutvikling fra norsk bedrifter for markedet i EU. De fleste andre markeder har en tilsvarende struktur, selv om et betydelig antall frihandelsavtaler gir bedre markedsadgang til enkeltland.

Dagens norske fiskeindustri er i liten grad konkurransedyktig for mer bearbeidede produkter, selv uten tollbarrierer. Frihandelsavtalene har i liten grad ledet til en økning i eksporten av mer bearbeidede sjømatprodukter, og for kategorier hvor en viss grad av bearbeiding ikke rammes av høyere tollsatser observerer en likevel at størstedelen av eksporten er enda mindre bearbeidet. Laks er et godt eksempel på dette ved at det ikke er høyere tollsats på filet enn på hel fisk. Likevel eksporteres fisken i hovedsak som hel. Dette er indikasjoner på at det norske kostnadsnivået er en betydelig utfordring i forhold til å få til ytterligere bearbeiding av norsk fisk. Imidlertid gir flere laksebedrifter uttrykk for at andelen pre-rigor laksefilet vil øke dersom teknologi for automatisk fjerning av pinnebein pre-rigor utvikles. Med det datagrunnlaget som finnes kan en imidlertid ikke gi et klart svar på om det er handelshindringene eller kostnadsnivået som er den største utfordringen.

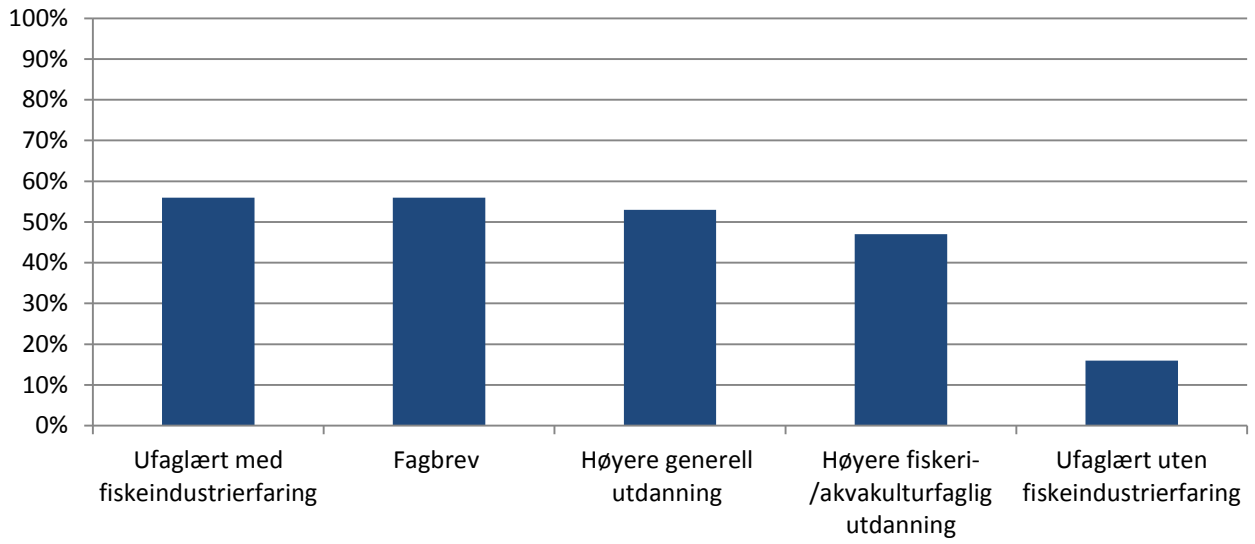
A.1.6 Tilgang til kompetanse

Dagens sjømatnæring sysselsatte i 2012 tilnærmet 47 400 årsverk, hvorav tilnærmet 6533 er tilhørende i kjerneaktivitet fiskeindustri (Sandberg et al. 2014). En gjennomgang av kompetansebehov i sjømatnæringen er gjort både av Winther et al. (2014), Henriksen et al. (2014) og Sandberg et al. (2014). Kort oppsummert viser disse at over 50% av arbeidstokken i sjømatindustrien består er ufaglært arbeidskraft med kun grunnskoleutdanning, men at 89% av bedriftene likevel er fornøyd med kompetansen blant sine ansatte (Henriksen et al., 2014). Henriksen et al. (2014) har sett på kompetansebehovet frem mot 2020 og ser følgende trender:

- Det vil ikke bli en stor økning i antall årsverk i sjømatnæringen
- Innenfor fiskeindustrien vil det ikke bli økning i antall årsverk, muligens en reduksjon pga. strukturering og automatisering

- Innenfor leverandørindustrien vil det trolig være behov for en økning av antall årsverk
- Både innenfor fiskeri, havbruk og fiskeindustri vil det være en økt etterspørsel etter formell utdanning og særlig fagbrevets rolle ser ut til å styrkes (se Figur 15)
- Spesielt innenfor fiskeindustrien vil det etterspørres arbeidskraft med kompetanse innenfor mekanikk, elektronikk og automasjon.
- Økt fokus på produktutvikling, marked og differensiering vil gi økt etterspørsel etter høyere utdannet arbeidskraft

En av utfordringene for sjømatindustrien er stor variasjon i behov for arbeidskraft gjennom året og fra år til år. Dette skyldes i stor grad ujevn tilgang på råstoff, både på grunn av sesongvariasjoner i fiskeriene og naturlige variasjoner i årlige fiskekvoter. I følge Reve og Sasson (2012) kan sjømatnæringens lave kompetansemessige situasjon til en viss grad ses i sammenheng med at sjømatnæringen ikke har klart å tilby attraktive karriereveier i spennende selskaper. Høyere utdannet arbeidskraft stiller bl.a. krav til karriereløp og spennende arbeidsoppgaver.



Figur 15. Fiskeindustribedrifters etterspørsel etter type kompetanse fram mot 2020 (Henriksen et al. 2014).

Norsk industris konkurranseevne er svekket de siste ti årene, målt ved relative timelønnskostnader, og differansen har vært økende. I 2013 var timelønnskostnadene i industrien i Norge 55 % høyere enn handelspartnerne i EU *(Conference Board, Eurostat, SSB og Beregningsutvalget)*. Til sammenligning tjener ingeniører i deler av Kina dobbelt så mye som kolleger i Norden, og land som Indonesia, Romania, Ukraina og Spania er i større grad lavkostland enn Kina (Teknisk ukeblad, 25. sept 2012).

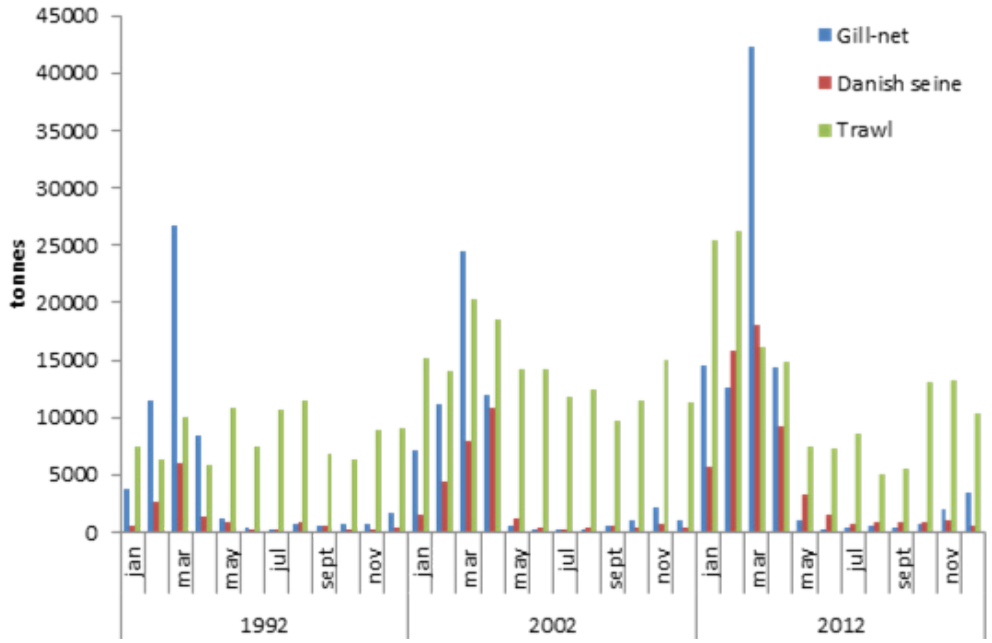
> *Konklusjonen er derfor at; Hvis alle andre faktorer er like, må en arbeidstime i norsk industri bestå av noe annet enn hos andre. Dette noe annet kan for eksempel skapes ved å fokusere på markeder som tåler høye priser, at vi er i front teknologisk og at vi også utnytter "norske" særtrekk ut over eventuelt naturgitte fortrinn som nærhet til mærdkant og fiskefelt.*

Et "norsk" særtrekk, er at det i den enkelte bedrift er relativt små forskjeller i status, prestisje og lønnsnivå, med en bedriftskultur preget av involvering og medvirkning. I tillegg er det etablerte prosedyrer for å håndtere uenighet mellom ansatte og ledelse, veldig lavt streikenivå og lang tradisjon for konstruktiv forhandling mellom partene i arbeidslivet***. Ingen andre land har sammenligningsvis så høy grad av tillit og så lav grad av konflikter. I tillegg har vi arbeidskraft med høy kompetanse.*** Dette gjør det mulig å utnytte likheter gjennom robuste samarbeidsstrukturer som skaper en helhetlig og effektiv produksjonsflyt. En bedriftskultur preget av involvering, verdiskapningsforståelse, sammen med relativt lavt behov for styring "ovenfra", gir gode forutsetninger for innovasjon i norsk fiskeindustri.

A.2Biologiske forhold

A.2.1 Råstofftilgang

Det er en utfordring for sjømatindustrien å få tilgang til ferskt råstoff av god kvalitet gjennom hele året. En lønnsom kontinuerlig drift av foredlingsanlegg krever en gitt råstoffbase. Dagens kunder er blitt større aktører som ønsker færre, men sikre leverandører som kan sikre daglig tilstedeværelse i butikkhyllene med produktene. En av hovedutfordringene for å få jevn råstofftilgang i hvitfisk sektoren er store sesongvariasjoner (Standal og Utne, 2007), illustrert i Figur 16. Dette skyldes dels reguleringer (olympisk fiske) og biologi (gytevandring). Om lag 50% av årets fangst tas i månedene januar til april. Dette kan skape utfordringer som kapasitet i mottak, lagring for lenge av råstoff før prosessering som fører til tap av restholdbarhet og kvalitetsreduksjon, og jevnhet i tilførsel til markedet. Etter torskesesongen er det andre arter som er viktige som feks hyse, men da er produksjonskapasiteten på anleggene gjerne for høy til å drive lønnsomt. Markedet krever helårs leveranser av råstoff, gjerne ferskt, noe som krever et annet fangstregime enn dagens.



Figur 16. Sesongvariasjoner i landing av torsk for de ulike redskapstypene (Standal og Hershoug, 2015).

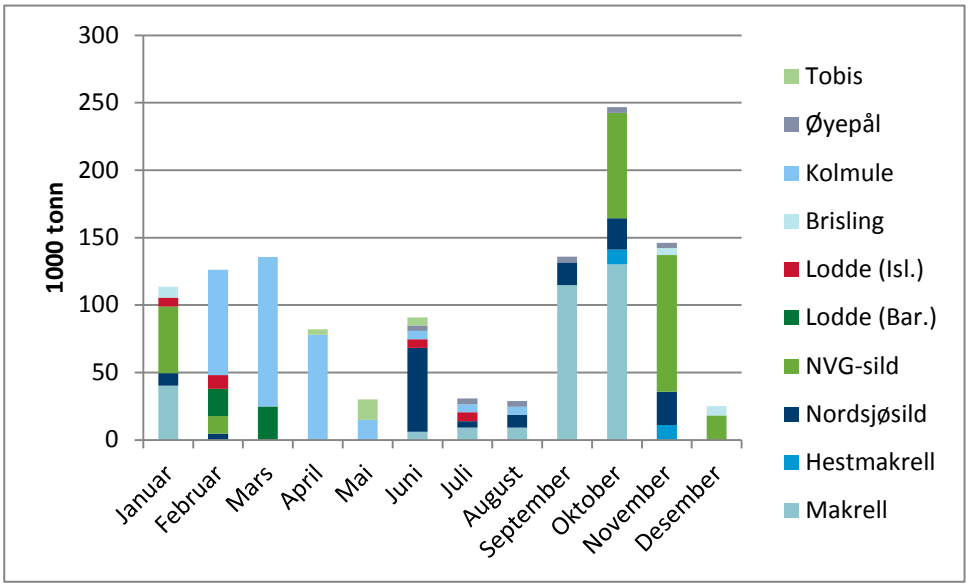
Fangstbasert oppdrett (FBO) er foreslått som et virkemiddel for jevnere råstofftilgang utover dagens sesong, og flere prosjekter og tiltak er satt i gang for å styrke denne næringen (Strategiplan for levendelagring av torsk, 2014[6]). Målsettingen med FBO er å øke biomassen, forbedre råstoffkvaliteten og muligheten til å opptre strategisk i forhold til markedene ved selv å bestemme når fisken skal slaktes og selges. Beregninger av økonomien i fangstbasert oppdrett av torsk viser at lønnsomheten er mest følsom for endringer i salgspris, tilvekst og førstehåndspris (Hermansen, 2010). Store torskekvoter (og lavere priser på torsk) slik som de siste 2-3 årene har derfor vært negativt for lønnsomheten i FBO. For å stimulere til levering av levende torsk får båter som leverer levende et påslag på kvoten på 50 prosent. Vilkåret er at torsken blir stående i en

[6] http://www.regjeringen.no/pages/38727231/StrategiLevendeLagringFisk100614.pdf

ventemerd i minst en uke. Slik som situasjonen er pr.d.d. mht råstoffpris, tilgjengelig volum etc er FBO et helfisk-konsept. Vi snakker her om ypperste kvalitet, og i dag er råstoffet for «eksklusivt» til å kunne brukes til filetproduksjon. For fremtidig grunnlag for filetproduksjon må volumet øke betydelig, samt også være tilgjengelig større deler av året (lavsesong) (Personlig meddelelse Trond Rismo, Improvement & development manager, Norway Seafoods, 2014).

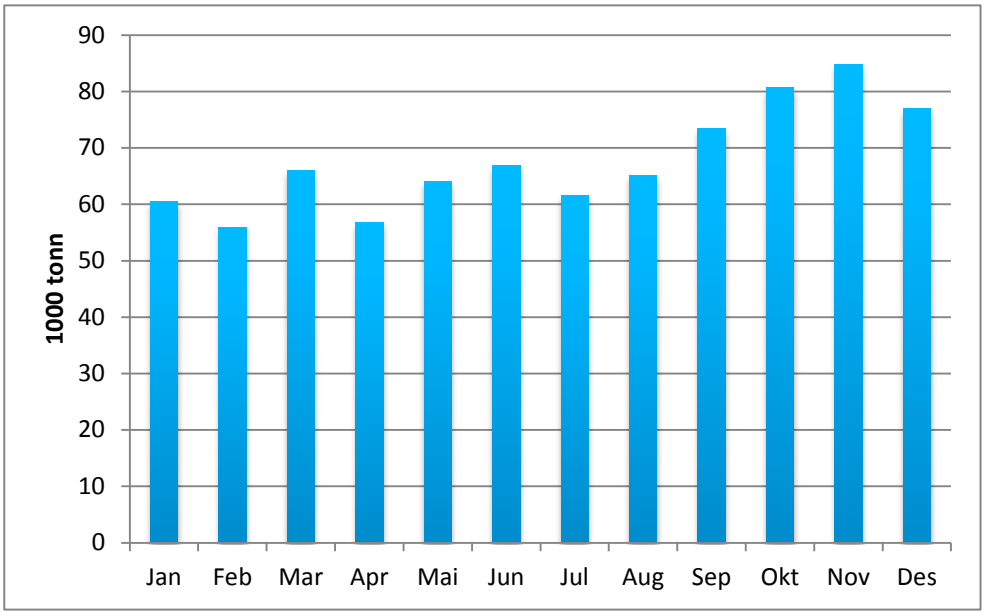
Bruk av frosset/tint råstoff er også foreslått som et alternativ til jevnere råstofftilgang i hvitfisksektoren (Grimsmo og Digre 2012), men slik som råstoffprisen på frosset råstoff er i dag (dyrere enn fersk) er ikke dette så aktuelt. Tint råstoff av høy kvalitet er i utgangspunktet godt egnet til filetproduksjon, men i følge fiskeindustrien har kvaliteten (dårlig utblødning og filetspalting) på tilgjengelig fryst råstoff blitt dårligere (Grimsmo og Digre 2012). Det er også slik at kvaliteten på fryst rund hodekappet fisk først blir synlig etter tining og filetering. Dermed utgjør kjøp og foredling av fryst råstoff en betydelig kvalitetsrisiko for industrien, spesielt hvis produktene skal inn på godt betalte markedssegmenter for filetprodukter. Det er også utfordringer knyttet til dårligere utbytte på råstoff som har vært fryst.

På samme måte som hvitfisk er også pelagisk fiskeri sesongbasert. De viktigste pelagiske fiskeartene som brukes til konsum, sild, makrell og lodde, fangstes i hovedsak om høsten (Figur 17). I årene 2008-2010 var det rekordstore råstoffkvantum som ble landet, og 60% mer enn snittet for årene 2004-2007 (Bendiksen, 2013). De neste årene kan by på utfordringer knyttet til tilgang på råstoff, spesielt NVG sild (norsk vårgytende). NVG sild er fortsatt verdens største sildebestand, men bestanden har gått ned som følge av svak rekruttering i flere år (www.imr.no). Fra 2009 til 2012 ble den norske andelen av NVG silde-kvoten halvert fra 1 million tonn til ca 500 000 tonn. I følge Bendiksen (2013) har råstoffsituasjonen og utsiktene til fortsatt reduksjon i kvotene på norsk vårgytende sild, medført at flere fabrikker er lagt ned eller tatt ut av drift i påvente av en eventuell økt tilførsel senere. Derimot har det vært en nesten dobling av makrell kvoten fra 2013 til 2014 (kvoteråd 2013 og 2014, www.imr.no). Videre opplever også pelagisk konsumindustri utfordringer lik hvitfiskindustrien med sesongfiskeri som fører til for høy produksjonskapasitet i perioder med lite tilgang på råstoff.



Figur 17. Forventede fangster av pelagisk fisk i Norge per art, 2014 (Kilde: Pelagia AS).

Når det gjelder laks er tilgangen til råstoff mer jevn gjennom året sammenlignet med fiskerisektoren. Figur 18 viser gjennomsnittlig utslakting per måned av laks fra 2005 til 2012. Det er en noe økt utslakting de siste månedene av året. Slakteriene har i dag et behov på ca 30-40 000 tonn slaktevolum i basis for strategisk utvikling, etablering og drift av foredlingsfabrikk. Per i dag er det 10-12 (av 50) aktører/slakteri som har tilsvarende råstoffbase, og flere hevder at råstofftilgang er en stor barriere for økt grad av foredling (Winther et al., 2011). Næringen ønsker innføring av rullerende MTB slik at en kan få et jevnere uttak av råstoff til slakteri- og foredlingsaktivitet. Slik regelverket er i dag er konsekvensen et slaktemønster som en konsekvens av biologiske forhold og eventuelle uforutsette forhold, og ikke styrt etter etterspørsel fra markedet. Regelverket knyttet til reguleringsregime er under vurdering.



Figur 18. Gjennomsnittlig utslakting per måned av laks, 2005-2012. (Kilde: Fiskeridirektoratet).

A.2.2 Nærhet til fangstfelt og merdkant

Myndighetene har gjennom mange år ønsket å bygge opp under den norske hvitfiskindustriens konkurransefortrinn gjennom nærhet til fiskefeltene og ferskt råstoff av høy kvalitet.

Nærhet til fangstfelt er avgjørende for den delen av fiskeindustrien som tar i mot fersk fisk (i hovedsak hvitfisk) fra den mindre kystflåten. Den norske salt- og klippfiskindustrien, som har sitt tyngdepunkt i sunnmørsregionen, er imidlertid i liten grad avhengig av nærhet til fangstfelt, da råstoffet til denne industrien består i hovedsak av fryst stor fisk (inkl. en viss import av fryst råstoff, hovedsakelig stillehavstorsk), og fersk fisk som saltes på i Nord-Norge under torskesesongen.

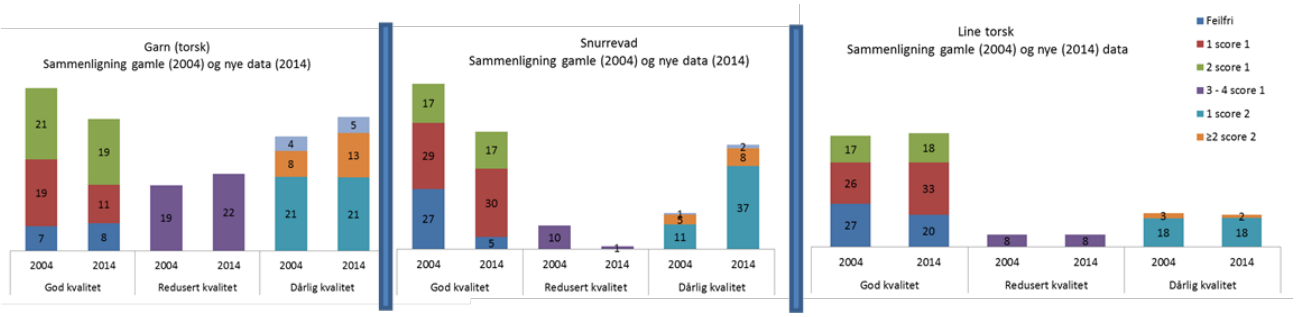
Når det gjelder pelagisk fisk er ikke nærhet til fangstfelt like viktig, da havgående ringnotfartøy kan levere fersk og kjølt fisk i et ganske stort utbudsområde, også til Danmark og Skottland. De pelagiske fangstene blir omsatt på auksjon drevet av Norges Sildesalgslag og moderne ringnotfartøy fører fangsten over forholdsvis lange avstander slik at det i liten grad er den nærmeste (norske) kjøperen som har det største konkurransefortrinnet.

Nærhet til oppdrett/merdkant har i dag lite å si for hvorvidt laksen blir foredlet i Norge eller ikke. Utvikling av automatisert pre rigor beinfjerning av laks anses imidlertid som den viktigste muligheten for å øke andelen av foredling i Norge. Da vil nærhet til merdkant kunne bli et viktig konkurransefortrinn for norsk foredlingsindustri. I og med at filetproduksjonen er ganske arbeidskraft intensiv fins det også et betydelig potensial i videreutvikling av automatiseringsteknologi her.

A.2.3 Råstoffkvalitet

Råstoffkvaliteten for villfisk har en naturlig biologisk variasjon som er av stor betydning. Denne variasjonen er derimot ikke kontrollerbar, og derfor lite å gjøre noe med. Det er imidlertid betydelige kvalitetsproblemer som oppstår under selve fangstoperasjonen og prosesseringen av råstoffet ombord. Derfor er det viktig at man optimaliserer fangstbehandlingen fra fisken fangstes til den er ferdig prosessert og kjølt frem til forbruker. Dette kan man optimalisere gjennom å forbedre bl.a. teknologien gjennom verdikjeden.

Når det gjelder kvaliteten på hvitfisk har bl.a. Nofima gjennomført fangstskaderegistreringer i 2004 og 2014 for redskapene garn, snurrevad og line (se Figur 19). De har sammenlignet fangster som er fangstet på samme årstid, og levert i samme område. Med hensyn til fangstskader på garnfisken er bildet relativt likt i 2004 og 2014, men med en liten reduksjon av andelen «god kvalitet» og tilsvarende økning av «dårlig kvalitet». For snurrevadfanget fisk er det derimot skjedd en negativ utvikling, hvor andel fisk med god kvalitet er betydelig redusert fra 2004 til 2014. Med hensyn til fangstskader på linetorsk er bildet tilnærmet identisk i 2004 og 2014 (Akse et al., 2014).

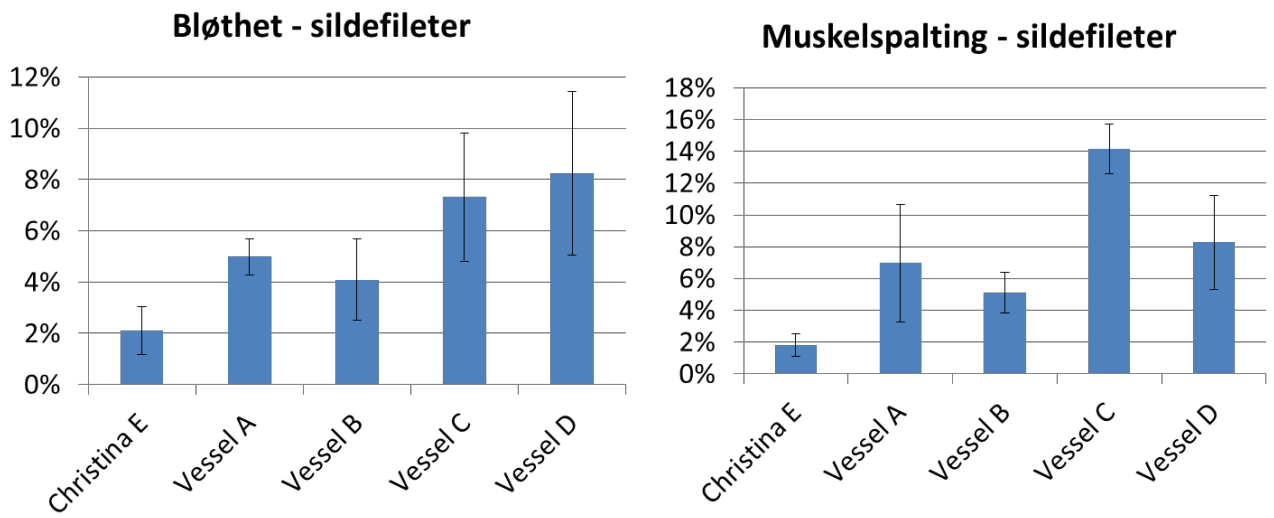


Figur 19. Fangstskaderegistreringer på fisk fangstet med garn, snurrevad og line i 2004 sammenlignet med 2014. Figuren viser samlet gjennomsnittlig fordeling mellom kvalitets-klassene (%)(Akse et al., 2014).

Grunnen til at spesielt snurrevad kommer så dårlig ut m.h.t. råstoffkvalitet skyldes at det er meget vanskelig å størrelsesbegrense enkeltfangster og problemene oppstår når det fangstes mye fisk. Til tross for at det er gjennomført flere prosjekt og forsøk med fokus på størrelsesbegrensning i snurrevadfiske de siste årene er det fortsatt en utfordring at det fangstes for mye fisk i enkelthal (se også info om pågående prosjekt hos FHF: 900865: Fangstkontroll i snurrevad, http://www.fhf.no/prosjektdetaljer/?projectNumber=900865). Dette medfører ofte at kvaliteten på fisken forringes og gir dårlig filetkvalitet, dårlig utblødning og skader. For å redusere kvalitetsrisikoen er det mye å hente på forbedret fangstbehandling (menneskelige faktorer, rutiner etc.), ettersom tapt kvalitet her ikke kan kompenseres i etterfølgende ledd. Utvikling av automatiserte slaktelinjer om bord hvor man inkluderer både bedøving og automatisk bløgging vil derfor være et stort fremskritt m.h.t. å levere god kvalitet på fisken til foredlingsanleggene. Dette er et av de viktigste tiltakene næringen selv har påpekt for å styrke konkurranseevnen og sikre rekrutteringen. Det er under utvikling

fullautomatiserte slaktelinjer som er tilpasset ombord, både med utstyr fra Baader og Seaside AS[7]. Video av et av konseptene finner du her: http://gemini.no/multimedia/automatisering-inntar-fiskeflaten/.

Noen av de viktigste kvalitetsbestemmende faktorer i pelagiske fiskearter er forekomsten av parasitter og åte (buksprenging), i tillegg til fiskens fettinnhold. Disse faktorene er naturgitte og er ikke kontrollerbare. Det er store variasjoner i disse faktorene både når det gjelder årstid, fiskeslag og fangstområde (Falch et al., 2006), noe som gjør det vanskelig å forutse hvordan kvaliteten på fisken er gjennom året og i den enkelte fangst. For å ta vare på fiskekvalitet i fangstleddet har en tradisjonelt fokusert på tiltak ombord i fartøyet som hurtig nedkjøling, skånsom håndtering, forbedret renhold og kvalitetssikringssystemer. Operasjonelle forhold rundt fangstprosessen og konstruksjon av fangstredskapet vil også innenfor pelagisk sektor ha stor betydning for råstoffets kvalitet. Utforming av silkasser og logistikk til mottakstanker anses også som vesentlig. Ringnot fartøyet "Christina E" har nylig installert et helt nytt laste-/losse- og kjølesystem, som har gitt en kvalitetsgevinst på råstoffet sammenlignet med andre ringnot fartøy som har tradisjonelt utstyr ombord (se Figur 20, Aursand, I.G. og Sævik R., 2014).



Figur 20. Filetkvalitet på sild fangstet av ringnot fartøyet Christina E, som har installert et helt nytt laste-/losse- og kjølesystem, sammenlignet med andre ringnot fartøy som har tradisjonelt utstyr om bord (Aursand, I.G. og Sævik R., 2014).

Laks er anerkjent som høykvalitetsmat globalt sett. For å opprettholde denne kvaliteten er man avhengig av å optimalisere en rekke forhold langs produksjonskjeden fra sykdomsforebyggende tiltak, foringsregime, sikre fiskevelferd, minske stressbelastning før avliving etc. Ved økt foredling i Norge vil det være viktig å kvalitetsdifferensiere råstoffet for å oppnå en optimal anvendelse. Kvalitetsparametere som er aktuelle å sortere etter hos laks er f.eks. fargefeil på grunn av blod, melanin og pigmentinnhold, måling av fett, fettfordeling og fettsammensetning, påvisning av bein, spalting/bløt muskel, deformiteter og vintersår (Heia et al., 2009). Instrumentelle måleteknikker kan benyttes til slik kvalitetsdifferensiering. Figur 21 viser QMonitor (QVision AS) en potensiell løsning som kan anvendes til automatisk måling av fettinnhold og farge i laksefilet.

[7] Mer om automatiserte slaktelinjer for villfisk kan finnes her:
http://www.fhf.no/prosjektdetaljer/?projectNumber=900930
http://www.fhf.no/prosjektdetaljer/?projectNumber=900526

Figur 21. QMonitor (QVision) for automatisk måling av fettinnhold, pigment og farge i pre-rigor laksefilet (Norsk sjømat, 5-2008).

A.3Utfordringene - kort oppsummert

Foredlingsindustrien, inkludert alle de tre verdikjedene; hvitfisk, pelagisk og laks, har flere utfordringer som må løses dersom denne industrien skal kunne drive lønnsomt i årene som kommer. Nedenfor følger noen av dem:

- Produksjonskapasiteten på anleggene må utnyttes gjennom hele året, dette gjelder spesielt hvitfisk og pelagisk sektor. Tiltak må settes inn for å redusere de sesongmessige svingningene.

- Fiskeindustrien har for liten kontroll med kvaliteten på fisken som leveres. Det vil være mye å hente på forbedret fangstbehandling, ettersom tapt kvalitet i fangstleddet ikke kan kompenseres i etterfølgende ledd.

- Lav grad av automatisering i foredlingsleddet. Det er skjedd svært lite teknologiutvikling de siste 30 årene i foredlingen av hvitfisk. Dette forklares til en viss grad av at markedet for slik teknologi har skrumpet inn (Pers. meddelelse Lind-Olsen, Baader Norge AS, 2012). Spesielt er det behov for automatisering av arbeidsintensive operasjoner som trimming og beinfjerning for å redusere lønnskostnadene og øke verdiskapingen.

- Innenfor deler av dagens sjømatindustri består over 50 prosent av arbeidsstokken av ufaglært arbeidskraft. Med den forventede framtidige utviklingen innenfor sjømatindustrien, med blant annet økt automatisering og behov for mer innovasjon innenfor produkt, marked og strategi vil det kreve økt etter- og videreutdanning av dagens arbeidskraft og økt kompetanse på nyansatte

- Foredlete norske sjømatprodukter møter handelshindringer i form av høye tollsatser i viktige markeder for norske fiskeprodukter og norske fiskeprodukter blir utsatt for sanksjoner i ulike typer internasjonale konflikter.

- Dagens regelverk gir den fiskeribaserte sjømatindustrien mindre mulighet til å kontrollere verdikjeden, slik bedriftene i den havbruksbaserte verdikjeden kan, blant annet med den konsekvens at fiskerleddet ikke får tilbakeført viktig markedskunnskap.

DEL B) Teknologiutvikling og økt automatisering

B.1 Bærekraftig industrielt Norge

Industriell virksomhet er bærebjelken i den norske verdiskapingen og i utvikling av velferdssamfunnet. Norsk vareproduserende industri er sterkt påvirket av et globalt marked. Endringer i et globalt marked fra masseproduksjon til fleksibel og differensiert råstoffsutnyttelse påvirker hvordan fremtidig industriell virksomhet må utformes for å være lønnsom i Norge (European Union, 2013). Vekst innen vareproduserende industri anses av EU-kommisjonen å være veien til løsning på dagens sosioøkonomiske utfordringer i regionen, og veien mot et sosialt, økonomisk og miljømessig bærekraftig samfunn (European Union, 2013). Ryggraden innen industri er antatt å bestå av SMEer, noe som kan tolkes som et behov for spesialisering av kunnskap og produkter. Økende behov for kompetanse blir også nevnt som et ledd i sosialt bærekraftig vekst.

Mange av teknologiutfordringene som må løses for å få til en lønnsom bærekraftig fiskeforedling i Norge gitt rammebetingelsene beskrevet i rapportens del A, er generiske for industriproduksjon generelt og vil kunne overføres mellom ulike sektorer og produksjonstyper. Dagens norske teknologileverandører har en overvekt av SMEer. Ved å bygge opp spisskompetanse innen automatisk bearbeiding av biologisk råstoff, både direkte ved å utvikle sammensatte teknologiske løsninger for fiskeforedlingsindustrien, men også indirekte ved å utvikle komponenter som inngår i denne type løsninger (som for eksempel kamera og vision-teknologi for å kunne identifisere art og individ, samt automatisk trimming, se figur 22) vil Norge kunne være i forkant av den tredje industrielle revolusjonen slik den blir beskrevet i EU kommisjonens veikart for fremtidens fabrikker og gjør det mulig å utvikle en industriell posisjon som er attraktiv og konkurransedyktige på det internasjonale markedet (European Union, 2013; Made in Sweden 2030; Vinnova, 2013). Teknologiutvikling som øker utbyttegraden og utnyttelsen av biologisk råstoff er også beskrevet i rapporten BioVerdi 2014 som et viktig ledd i å få norsk næringsmiddelproduksjon inn et bioøkonomisk perspektiv. For å få dette til må teknologileverandørene styrkes, og er nærmere beskrevet i kap. B.2.3.

Figur 22. Automatisk trimming av laks – teknologi under utvikling i prosjektet RoboTrimNo1 (Forskningsrådet Prosjekt No 228500/O30, Foto: TYD AS).

Høye lønnskostnader tvinger frem automatisering og investering i roboter. Likevel er vi sammenlignet med våre naboer og EU-land langt bak i investeringstakten. Ved å øke graden av automatisering og anvendelse av roboter i vareproduserende industri, er det helt nødvendig med kompetanse.

> *En fremtidig konkurransedyktige norsk fiskeindustri er avhengig av gode (konkurransedyktige) rammevilkår, teknologiutvikling, kompetanseutvikling, innovasjon og anvendelse av forskningsbasert kunnskap. Den må videre være attraktiv som leverandør i det internasjonale markedet, og attraktiv som arbeidsplass.*

For å lykkes med å utnytte våre særnorske konkurransefortrinn både biologisk som nærhet til råvaren og samfunnsmessig som flat organisasjonsstruktur og høy utdanningsgrad (nærmere beskrevet i del A og C), er det viktig med en helhetlig tilnærming til foredlingsleddet i sjømatindustrien. Man må se på strategiene og prinsippene som brukes for å styre produksjonen i et verdikjedeperspektiv, i forhold til utviklingstrendene i markedet og potensialet knyttet til teknologiutvikling og økt automatisering.

Norske fiskeforedlere står overfor en særdeles vanskelig oppgave ved at de både skal håndtere stor usikkerhet og variasjon i råstofftilgangen, samtidig som de må være i stand til å møte behovene i markedet – og alt dette må gjøres så kostnadseffektiv som mulig for å maksimere lønnsomheten. Matprodusenter har tradisjonelt konkurrert på å tilby kundene gode produkter til lave priser. For å kunne tilby lave priser, har produsentene i stor grad fokusert på prinsipper fra masseproduksjon for å holde enhetskostnadene lave. De senere årene har imidlertid nye strategier for planlegging og styring av produksjon vokst fram som alternativ til masseproduksjon og disse representerer nye muligheter for mer lønnsom og markedstilpasset produksjon i norsk fiskeindustri.

B.1.1 Lean Manufacturing

Lean Manufacturing fokuserer på å optimalisere prosessene og eliminere tap (waste). Fokuset er med på å kutte kostnader, og levere det kunden ønsker og er villig til å betale for. Lean-filosofien er knyttet til en grunntanke om kontinuerlig forbedring i alle ledd. Istedenfor å gjøre raske, uregelmessige endringer som er forstyrrende for arbeidsplassen, gjøres små og varige endringer for at ansatte som faktisk jobber med prosesser, utstyr og materialer er med på å ta utviklingen fremover. Dette er sentralt for å styrke den globale konkurransekraften til norske vareproduksjonsbedrifter – hvor medarbeiderdrevet forbedring og innovasjon blir stadig viktigere. Denne systematiske tilnærming er svært effektivt på tvers av alle typer bransjer, og den reduserer svinn eller uproduktivt arbeid i alle ledd.

> *Lean manufacturing: Kontinuerlig forbedring av prosess med kundens verdiperspektiv i fokus. Alt som ikke skaper verdi for kunden er definert som "waste"*

Lean er ikke et universelt system, men handler primært om en type ledelse, et menneskesyn og en kultur, som vil avspeiles i hvilket land, sektor og virksomhet det anvendes i. Lean relaterer seg til Toyotas produksjonsmetoder og metodikken fokuserer på å eliminere såkalt sløsing (waste) og ser på kundens

opplevelse av produktets verdi fremfor kostnadselementer. Det underliggende målet er å forbedre den bedriftsøkonomiske lønnsomheten. Sentralt i denne tenkningen er det å skape merverdi med mindre innsats av ressurser (Krijnen, 2007).

Lean er et samlebegrep for ulike verktøy, teknikker og metoder som anvendes i utviklingsprosjekter. Metoden oppstod hos Toyota og deres måte å utvikle og produsere bidro til å gjøre Toyota i stand til å konkurrere med amerikansk og europeisk bilindustri gjennom å levere høgverdige kvalitetsprodukter. Metodene og tankegangen har siden blitt banebrytende for all industri og har også senere blitt tilpasset for bruk i offentlig sektor.

Lean kjennetegnes først og fremst av fem grunnleggende prinsipper:

- *Verdi er spesifisert ut fra kundenes perspektiv (Hva er kunden villig til å betale for? Alt annet er definert som "waste")*
- *Identifisere verdistrømmene (innsatsfaktorene vs. utbytte)*
- *Skape flyt igjennom alle prosesser (reduserte gjennomløpstider)*
- *Etterspørselen igangsetter vareproduksjon (pull). Dette medfører redusert kapitalbinding i delelager, mellomlager og ferdigvarelager*
- *Arbeide mot perfeksjon (alt som gjøres i dag kan gjøres bedre i morgen)*

B.1.2 Planlagt styring og økt markedstilpasning

Masseprodusert skreddersøm er et begrep som brukes om produksjon av varer og tjenester som er tilpasset den enkelte kundes ønsker og behov med tilnærmet masseproduksjonens effektivitet. Masseprodusert skreddersøm er basert på masseproduksjon, lean manufacturing og håndverksorientert produksjon (Gilmore & Pine, 2000).

*Eksempler på **Masseprodusert skreddersøm:***

***Nike** introduserer inntil 300 nye modeller av løpesko hver 6. måned, i tillegg kan kunden selv "designe" sin egen sko uten at dette koster stort mer enn masseproduserte sko.*

*Et annet eksempel er det suksessfulle stol-konsernet **Scandinavian Business Seating** (SB Seating) som produserer kontor- og besøksstoler med merkenavnet Håg på Røros. Bedriften har sluttet å lage serier og gått over til enkeltprodukter, hvor hver stol settes sammen individuelt basert på kundens ordre. Kunden kan velge mellom 12 typer hjul, 20 typer armlener, tusen ulike trekk. to mekanismer. osv.*

Et viktig poeng med denne produksjonsteknikken er at ingenting produseres før det er solgt. Det betyr at man ikke produserer for lager, men for forsendelse basert på kundeordre, og dette reduserer kostnadene.

Både lean og masseprodusert skreddersøm inngår i et nytt produksjonsparadigme som fokuserer på fleksibilitet og smidighet (agility). Lean fokuserer på å redusere kostnader og sløsing, mens masseprodusert skreddersøm muliggjør produksjon av et bredt variantspekter skreddersydd til kundenes ønsker uten betydelig kostnadsøkning. ***Konseptene trenger imidlertid tilpasning før de kan overføres til mat.***

Matvarer produseres i dag i stor grad til lager basert på prognoser. Ettersom fortjenestemarginene på produktene er små, har produsentene vært avhengige av å produsere effektivt og i store volum for å opprettholde lønnsomheten – for deretter å «dytte» produktene ut i markedet. Store batcher og produksjon til lager kan være økonomisk lønnsomt fordi det muliggjør færre omstillinger av produksjonsutstyret, jevnere produksjon og rask levering av produkter til kunden. Samtidig medfører en slik strategi risiko for at man har produsert feil produkt og dermed ikke er i stand til å levere variantene kundene etterspør, eller at man har produsert for mye slik at varelageret må kastes, eventuelt selges til reduserte priser. Disse utfordringene forsterkes av den generelle trenden mot økt produktvariasjon og økende etterspørsel etter ferske matvarer. Selv om total etterspørsel innenfor en produktkategori kan være forholdvis stabil og forutsigbar, gjør økt produktvariasjon det vanskeligere å prognostisere behovet for hver enkelt variant.

Som et alternativ til det ensidige fokuset på kostnadseffektivitet gjennom høyvolumproduksjon framheves nå responsevne og fleksibilitet som en av de viktigste egenskapene for å skape og opprettholde konkurransefortrinn i vareproduksjon (Bernardes & Hanna, 2009; Christopher & Holweg, 2011). Dette betyr at produsenter må kunne reagere stadig raskere på endringer i markedet. Matprodusenter står dermed overfor et krav om både økt fleksibilitet og høy kostnadseffektivitet – to strategier som normalt oppfattes som motpoler og uforenelige med hverandre. De senere årene har imidlertid ulike differensieringsstrategier vokst fram, hvor produkter med ulike karakteristika planlegges og styres på ulike måter.

> *For å møte behovet for mer fleksibilitet og høyere responsevne har for eksempel matprodusenter de siste par tiårene adoptert mer markedsorienterte produksjonsplanleggingsprinsipper gjennom å produsere enkelte varer på kundeordre i overensstemmelse med «pull»-prinsippene fra lean.*

Ren kundeordrestyrt produksjon som i masseprodusert skreddersøm er imidlertid lite gjennomførbart i matproduksjon, blant annet fordi produksjonsledetiden oftest er betydelig lengre enn kundenes krav til leveringsledetid (Soman, 2005). Derimot har flere studier pekt på at en hybridløsning som kombinerer produksjon på ordre med produksjon til lager kan være et godt alternativ for matprodusenter (Romsdal, 2014; Soman, 2005; van Donk, 2001). ***For eksempel kan man da se for seg at produkter med kort holdbarhet og usikker etterspørsel produseres på ordre, mens produkter med lengre holdbarhet og mer forutsigbar etterspørsel kan produseres til lager.*** I tillegg kan pakking på ordre være et alternativ i situasjoner hvor halvfabrikata kan lagres en viss tid. Potensialet knyttet til slike løsninger vil øke betraktelig etter hvert som det utvikles mer fleksibelt og automatisert produksjonsutstyr som både muliggjør raskere omstillinger mellom produktvarianter og eventuelt også én-stykkshåndtering i bearbeidings- og pakkingsprosesser.

> *Ved å kombinere masseproduksjonens kostnadsfordeler med løsninger for mer fleksibel produksjon, kan norsk industri dermed klare seg med høyere lønnsnivå og ekspandere gjennom mer markedsorienterte produksjonsstrategier.*

B.2Økt automatisering for en bærekraftig foredling av sjømat i Norge

I dette avsnittet behandles dagens teknologistatus og fremtidige teknologiske behov basert på trender innen fiskeri- og havbruksnæring sett i sammenheng med trender generelt innen industriproduksjon. Det er flere utfordringer som må løses for å lykkes med en bærekraftig foredling i dagens Norge. For å få til en effektivisering av sjømatproduksjonen kreves bl.a. standardisering av operasjoner, standardisering av maskiner samt fleksibelt utstyr og operatører med høyere teknisk kompetanse. Avsnittet tar for seg hvordan teknologiske løsninger på kjente utfordringer, og utvikling av ny generisk teknologi kan bygge opp under en mulig lønnsom og bærekraftig fiskeforedlingsindustri i Norge. Utfordringer i leverandørindustrien for å utvikle teknologien det er behov for i fremtiden er blir også omtalt senere i dette avsnittet.

> *Økt teknologiutvikling i sjømatproduksjon med hovedvekt på å utvikle miljøvennlig prosessteknologi som innebærer utvikling av automatiserte produksjonslinjer for foredling av alt råstoff.*
>
> *Kilde: Hav 21 Mat*

B.2.1 Situasjonen i dag

For å kunne være konkurransedyktige må fiskeindustrien tilpasse seg store internasjonale næringsmiddelkonsern som stadig utvikler nye produkter og konsepter, men i filetindustrien har det samtidig skjedd svært lite teknologiutvikling de siste 30 år. Den nasjonale strategien Hav 21 (Hav 21, 2012) peker på at teknologiutvikling og effektivisering av norsk produksjon er nødvendige tiltak for å kunne møte internasjonal konkurranse. Utvikling og implementering av mindre arbeidskrevende teknologi er en hovedstrategi for å opprettholde og utvikle foredling av fisk i Norge (illustrert i figur 23), og er pekt på som en av hovedutfordringene i den nasjonale strategien Hav 21. Fremtidens produksjonslinjer må ha fleksibilitet i forhold til tilgjengelig og varierende råstoff og produkt som etterspørres i markedet.

Figur 23. Fra manuelt arbeid til fullautomatisering (Bilde: SINTEF Fiskeri og havbruk og TYD).

Hvitfiskindustrien må i større grad bli en kompetanse- og teknologibasert industri med fokus på markedstilpassete høykvalitetsprodukter for å overleve. Lakseindustrien ligger foran hvitfiskindustrien når det gjelder innovasjon og teknologiutvikling innen førstehåndtering/slakting og filetering, men i både hvitfisk- og lakseindustrien er det et spesielt behov for automatisering av arbeidsintensive operasjoner som trimming og beinfjerning. I norsk pelagisk industri foregår det relativt lite foredling i dag, men viktige

teknologiske utfordringer og økonomiske potensialer ligger i utvikling av automatiserte sorteringssystemer som sorterer fisk effektivt og med stor nøyaktighet.

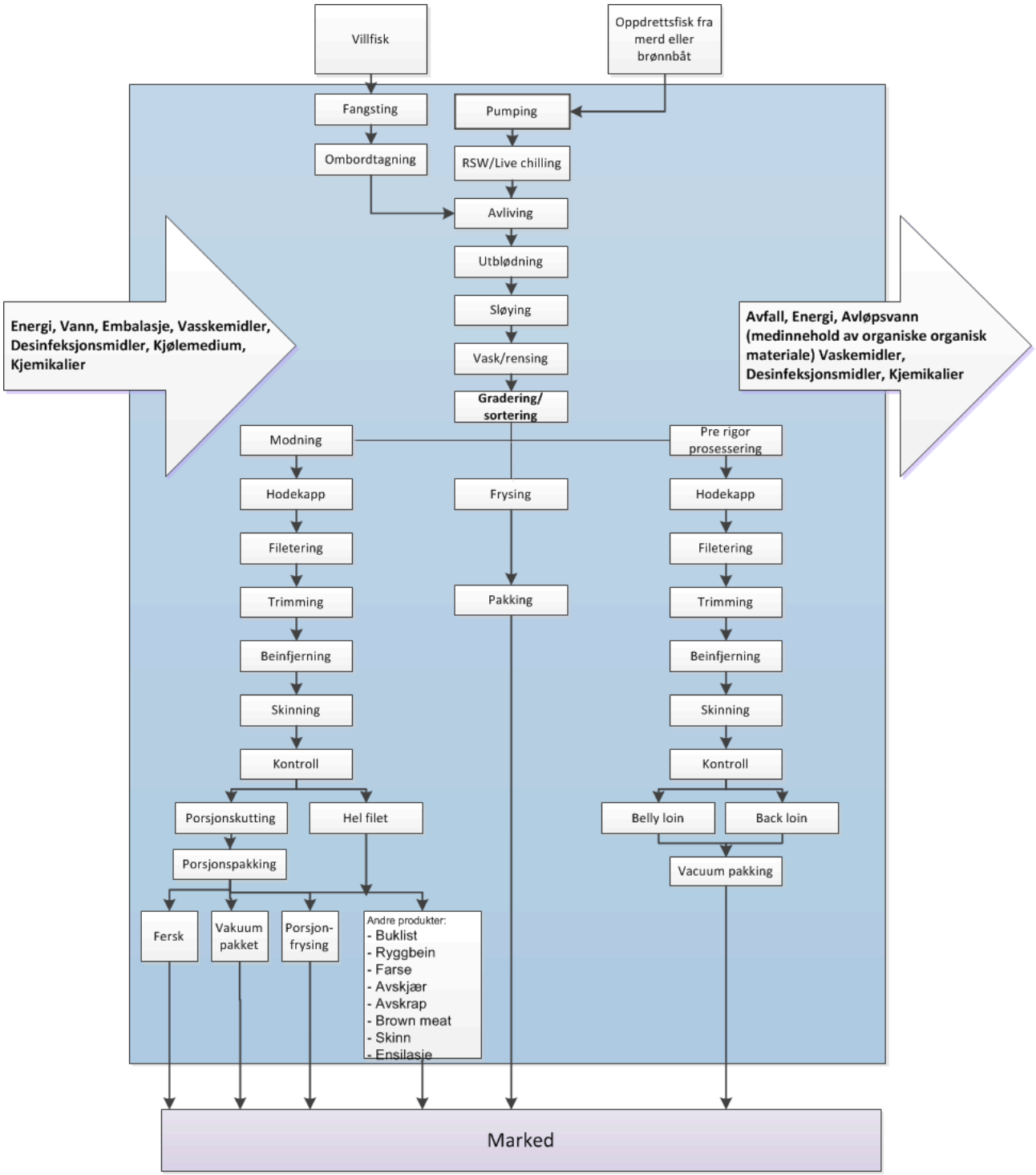
Forskning på teknologisk forbedring innen fiskeforedling har hatt hovedfokus på automatisering av enkeltprosesser i foredlingslinjen, med formål om å effektivisere produksjonen og redusere operatøravhengigheten. Dette er i tråd med den globale trenden i næringsmiddelindustrien som går mot økt bruk av roboter og automatisering til bruk i kvalitetsgradering og prosesseringsoppgaver (Bondø et al. 2011).

Robotikk og automatisering har blitt gradvis implementert i sjømatindustrien på global basis, med noen konkrete verktøy spesielt utviklet for fiskeforedling (Buljo et al. 2013).

Utfordring:
I global sammenheng er imidlertid industriell fiskeforedling en liten sektor (med begrenset lønnsomhet og betalingsevne) med et begrenset marked for teknologileverandører. Dette har konsekvenser for teknologileverandørenes og fiskeindustriens vilje og evne til å satse på egen FoU. Mye av den teknologiutviklingen som skjer i fiskeindustrien er derfor tilpassing av eksisterende teknologi til nye applikasjoner.

En skjematisk oversikt over ulike prosesseringsforløp for hvitfisk og laks er vist i Figur 24. Post-rigor og pre-rigor filetering av fisk er vist hhv til venstre og høyre i figuren nedenfor. For å kunne benytte en høy grad av automatiserte maskinelle løsninger for f.eks. pinnebeinfjerning kreves det pr i dag en viss grad av modning av fisken på grunn av mekaniske utfordringer med behandling av pre-rigor fisk. Pre-rigor filet er hovedsakelig benyttet til produksjon av "high end" fiskeprodukter beregnet til for eksempel sushi og et kresent ferskvaremarked (Olafsen et al 2012).

I dag eksisterer det flere automatiske og maskinelle løsninger for flesteparten av de enkeltstående enhetsoperasjoner i prosesseringslinjen. Antallet arbeidstimer som er nødvendig for å utføre operasjonen er redusert, men det krever fremdeles samhandling med en eller flere maskinoperatører for å kunne oppnå samme nøyaktighetsgrad som en manuell prosess. De nye filetmaskinene fra Marel (www.marel.no) og Baader (www.baader.com) er eksempler på automatisering av enhetsoperasjoner som utvikles av ledende utstyrsleverandører.



Figur 24. Flytskjema over mulige prosesstrinn for hvitfisk og laks.

Dagens mekaniske, semi-automatisert og automatiserte løsninger er ennå ikke i stand til å utføre en høyere grad av automatisert håndtering, bearbeiding, og effektiv råstoffutnyttelsen (Bondø *et al.* 2011). Sammenlignet med samvirkende menneskelig arbeidskraft, er fiskeforedlingsanlegg i dag satt sammen av en rekke påfølgende individuelle automatiserte eller maskinelle operasjoner med lite fleksibelt prosessutstyr

som er vanskelig å tilpasse i forhold til individ og art, og det er liten/dårlig kommunikasjon mellom prosesser hvor det er behov for menneskelige operatører for å tilrettelegge inn og ut-mating mellom enhetsoperasjoner (Roulet-Dubonnet et al. 2009). For både havbruks- og villfisksektoren er det fortsatt store potensialer gjennom videreutvikling av teknologi for industriell foredling av ferskt restråstoff som er nærmere beskrevet senere. For eksempel er det meste av kvalitetsgraderingen ennå manuelt basert (Bondø et al 2011).

B.2.2 Teknologiske hovedutfordringer og fremtidige muligheter

Med utgangspunkt i rapporter som Hav21, FoodManufacture (EU, 2013), Stortingsmelding 22 (2012-2013) med flere er visjonen for fremtidens fiskeforedlingsteknologi for norsk sjømatindustri i tråd med ønsket om en økonomisk lønnsom og samtidig bærekraftig sjømatproduksjon som kan produsere produkter som markedet ønsker når markedet ønsker det (Figur 25). Dette fordrer ideelt sett en sjømatindustri som kan tilpasse seg variasjoner i både tilgangen til råstoff samt variasjoner og trender i markedets preferanser både innen pelagisk, hvitfisk og laks/ørret.

Figur 25. Teknologiutvikling påvirker både hvilket marint råstoff som kan benyttes, samtidig som utvikling av foredlingsteknologi både påvirkes av og påvirker etterspørsel fra markedet og sluttbruker.

Lønnsom foredling av sjømat i Norge forutsetter en høy grad av automatisering og robotisering, av foredlingsprosessen, både selve bearbeidingen og vaske- og vedlikeholdsoperasjoner for å få ned produksjonskostnadene. Dagens relativt lave antall produktvariasjoner er et resultat av begrenset mulighet for adaptiv produksjon. Det er i dag mere lønnsomt å produsere et fåtall produktvariasjoner og øke lønnsomheten via erfaren produksjonsledelse og enkelte produksjonsstyringsverktøy.

> For å kunne øke markedstilpasningen og lønnsomheten i norsk videreforedling av sjømat krever det at flere teknologiske hovedutfordringer løses, som hver er generelle på tvers av laks, hvitfisk og pelagisk sektor

Når det gjelder hovedutfordringer innen behov for fremtidige teknologiske løsninger og identifiserte teknologi-gap kan dette sees ut fra to ulike tidsperspektiver. Teknologiske løsninger for nær fremtid, et 5års perspektiv, bygger videre på dagens retning innen teknologiutvikling og er beskrevet i punkt 1, mens punkt 2

skisserer et fremtidig senario (>10 år frem i tid) og bygger på tanken om en fremtidig fullautomatisert industri:

1. **Automatisering av enhetsoperasjoner** i en fabrikk eller om bord på en båt, hvor råstoff, arbeidsoppgaver og andre rammer er klart definert på forhånd.
2. **Fullautomatisert adaptiv produksjon og selvlærende fabrikker/produksjonsanlegg** på land og om bord, som må håndtere store variasjoner i råstofftilgang og markedskrav **uten hjelp fra mennesker.**

I tabellene nedenfor følger noen konkrete eksempler av identifiserte teknologiske gap og mulig teknologiske løsninger i et nært tidsperspektiv, som angitt i punkt 1. Tabellene beskriver dagens situasjon, hva som trengs av ny teknologi og anslår mulig gevinst ved bruk av ny teknologi innenfor foredling av hvitfisk (filet), pelagisk (sildefilet) og laks (*Tabell 4*, *Tabell 5*, og *Tabell 6*). Lønnsomhetspotensialet ved innføring av ny teknologi er beskrevet i del. C.2**.**

Tabell 4. Overordnet prosesslinje for hvitfisk filet, som viser tilgjengelig teknologi, behovet for ny teknologi og hva gevinsten er ved innføring av ny teknologi.

Prosesslinje	Tilgjengelig teknologi	FoU-behov – ny teknologi	Gevinst med ny teknologi
Mottak og råstoffhåndtering	• Truck transport • Store lastebærere i plast (kar) • Grading -og sorteringsteknologi • Kjølemetoder som f.eks. slurry is	• Nye interntransportløsninger SVOOSJ (FIFO, prinsipp i større grad) • Automatisk kvalitetssdifferensiering av hel fisk • Automatisert lagerstyring	• Redusert bemanning • Redusert behov for plastkar • Enklere renhold og bedre hygiene • Bedre sortering og logistikk videre i produksjonslinjen • Større andel råstoff til høykvalitetsprodukt ved at høy kvalitet inn gir høy kvalitet ut
Filetering og skinning	• Mekanisk fileteringsmaskin med manuell innmating tilpasset bestemte størrelser/art • Mekanisk skinning • Kjølemetoder som f.eks superkjøling	• Automatisk innmating. • Automatisk og adaptiv innjustering av fileteringen for hver enkelt fisk, uavhengig av størrelse og art. • Kun 1 person til etterkontroll per linje.	• Redusert bemanning • Mindre flaskehalser og raskere produksjon • Muliggjøre adaptiv produksjon uavhengig av størrelse og art. • Muliggjøre kontinuerlig automatisk linje uten menneskelig intervensjon. • Økt utbytte • Større andel råstoff til høykvalitetsprodukt
Kutting/renskjæring/trimming	• Mekanisk nakkekutter med manuell innmating • Fjerning av bein v/vannjet (utstyr til Valka og Marel, nylig tilgjengelig)	• Adaptiv justering av nakkekutt for hver enkelt fisk, uavhengig av størrelse og art, automatisk innmating. • Automatisk enkeltvis fjerning av pinnebein. • Adaptiv trimming automatisk med 3D maskinsyn og roboter. • Automatisk kvalitetskontroll	• Redusert bemanning • Mindre flaskehalser og raskere produksjon • Muliggjøre adaptiv produksjon uavhengig av størrelse og art. • Muliggjøre kontinuerlig automatisk linje uten menneskelig intervensjon. • Økt utbytte • Større andel råstoff til høykvalitetsprodukt
Pakking	• Flowlinje med manuelle pakkestasjoner • Delvis automatiske pakkelinjer f.eks. for standardiserte filetstykker	• Automatiske ileggingsløsninger • Automatisk kvalitetskontroll / inspeksjon før pakking	• Redusert bemanning • Mindre flaskehalser og raskere produksjon • Reduksjon av personer • Muliggjøre kontinuerlig automatisk linje uten menneskelig intervensjon. • Dokumentert mottatt og levert kvalitet • Redusert manuell håndtering reduserer risikoen for kontaminering av patogene bakterier. • Bevaring av kvaliteten gjennom hele produksjonsprosessen bidrar til bedre sluttkvalitet
Renhold	• Vaskemaskiner for kar og bakker • Manuelt renhold spyling	• Helautomatiske vaskestasjoner • Vaskeroboter for produksjonslokaler • Hygienisk design av alle maskiner, logistikkløsninger og produksjonslokale.	• Redusert bemanning • Enklere/raskere renhold og bedre hygiene • Økt utnyttelse av produksjonsutstyr • Fjerning av tunge manuelle arbeidsoperasjoner (gjelder hele prosesslinja)

Tabell 5. Overordnet prosesslinje for filetproduksjon av sild, som viser tilgjengelig teknologi, behovet for ny teknologi og hva gevinsten er ved innføring av ny teknologi.

Prosesslinje	Tilgjengelig teknologi	FoU-behov – ny teknologi	Gevinst med ny teknologi
Mottak/grading	• Mekaniske gradere med noe manuell etterkontroll.	• Helautomatisk grading ved bruk av 3D maskinsyn og automasjon.	• Mer nøyaktig grading, og dermed mindre give-away. • Adaptiv grading i forhold til mer optimal filetering eller (robotisert) pakking i etterkant.
Pakking – hel fisk	• Manuelt	• Helautomatisk robotisert pakking (4 roboter per linje), med kun få (1-2 per linje) personer for korrigering og kontroll i etterkant.	• Innsparing på inntil 10-20 personer på en typisk pakkelinje. • Ingen menneskelig berøring. • Mindre give-away, adaptiv produksjon av bestemte pakningsstørrelser.
Filetering sild	• Mekanisk filetering med maskinsyn i forkant for å detektere utkast og returfisk.	• Adaptiv filetering basert på størrelse og formen til fisken, samt basert på kundens krav.	• Bedre utbytte på fillet, samt dynamisk og adaptiv tilpasning etter kundens behov.
Pakking – filet	• Manuelt	• Robotisert pakking med kun 1-2 personer for korrigering og etterkontroll.	• Redusert bemanning • Mulighet for nye og mer tilpassede produkter. • Mindre give-away. • Ingen menneskelig berøring. • Redusert manuell håndtering reduserer risikoen for kontaminering av patogene bakterier. • Bevaring av kvaliteten gjennom hele produksjonsprosessen bidrar til bedre sluttkvalitet
Renhold	• Manuelt renhold spyling	• Vaskeroboter for produksjonslokaler • Hygienisk design av alle maskiner , logistikkløsninger og produksjonslokale.	• Redusert bemanning • Enklere/raskere renhold og bedre hygiene • Økt utnyttelse av produksjonsutstyr • Fjerning av tunge manuelle arbeidsoperasjoner (gjelder hele prosesslinja)

Tabell 6. Overordnet prosesslinje for filetproduksjon av laks, som viser tilgjengelig teknologi, behovet for ny teknologi og hva gevinsten er ved innføring av ny teknologi.

Prosesslinje	Tilgjengelig teknologi	FoU-behov – ny teknologi	Gevinst med ny teknologi
Hodekapping/filetmaskin	• Maskiner som krever manuell innmating, med fast størrelsesinnstilling per linje. • Manuell innmating.	• Automatisk innmating og adaptiv justering av hodekapp og filetering etter størrelse og form (indre og ytre).	• Redusert bemanning • Bedre utbytte etter filetering, samt færre feil som må korrigeres i trimmemaskin og ettertrimming.
Trimming	• Trimmemaskiner som tar buklist, ryggfett, bukhinne og halekutt. Krever manuell ettertrimming med 4-5 personer per linje per skift.	• Fullautomatisk trimming med maks 1 person til etterkontroll og ettertrimming per linje.	• Innsparing 3-4 personer per linje per skift. • Økt utbytte
Pinnebein/skinning	• Manuell pinnebeinfjerning (pre-rigor) og automatisk pinnebeinfjerning (post-rigor)	• Automatisk fjerning av pre-rigor pinnebein enkeltvis. • Automatisk kvalitetskontroll	• Redusert bemanning • Større andel råstoff til høykvalitetsprodukt • Økt utbytte
Porsjonering/Pakking	• Automatisk porsjonering, men delvis manuell pakking	• Robotisert pakking, helautomatisk med 1 person til etterkontroll og justering.	• Redusert bemanning • Fjerner menneskelig berøring. • Dokumentert mottatt og levert kvalitet • Redusert manuell håndtering reduserer risikoen for kontaminering av patogene bakterier. • Bevaring av kvaliteten gjennom hele produksjonsprosessen bidrar til bedre sluttkvalitet
Renhold	• Vaskemaskiner for kar og bakker • Manuelt renhold spyling	• Helautomatiske vaskestasjoner • Vaskeroboter for produksjonslokaler • Hygienisk design av alle maskiner , logistikkløsninger og produksjonslokale.	• Redusert bemanning • Enklere/raskere renhold og bedre hygiene • Økt utnyttelse av produksjonsutstyr • Fjerning av tunge manuelle arbeidsoperasjoner (gjelder hele prosesslinja)

På overordnet nivå er det ingen forskningsmessige eller teknologiske hindre for å automatisere norsk sjømatindustri slik situasjonen er i dag. Ved en fremtidsrettet teknologiutvikling og kunnskapsbygging innen norsk utstyrsleverandørindustri vil man forvente positive ringvirkninger utenfor sjømatindustrien hvor samfunnet blir mer teknologisk avansert, og tilrettelegger for økonomisk utvikling i et bioøkonomisk perspektiv. Akkurat som oljeindustrien har fått norsk ingeniørkunst og akademisk ekspertise til å blomstre, er en mulig positiv effekt at Norge blir unikt i verdenssammenheng innen bærekraftig teknologifremmende samfunnsutvikling.

> *Det er også ønskelig at norske miljøer kan bli globalt ledende innen teknologi og automatisering med fokus på lønnsom foredling og økt råstoffutbytte i kombinasjon med reduksjon av svinn som en følge av fokus på lønnsom og bærekraftig sjømatindustri med videreforedling av sjømat i Norge.*

Fremtidig teknologisk utvikling i et langtidsperspektiv mot **fullstendig automatiske og adaptive enhetsoperasjoner** innebærer at hver enkelt enhetsoperasjon, for eksempel filetering med en fileteringsmaskin, tilpasser seg automatisk og adaptivt til størrelsen, arten og anatomien til hver enkelt fisk, samt til ønsket produkt som er output fra operasjonen. I praksis ønsker man at enhetsoperasjonene skal gi optimalt resultat hver gang. Dette krever ny teknologi i form av 3D maskinsyn med avansert

belysningsteknologi og annen sensorteknologi for å identifisere kvalitetsvariasjoner, størrelse, art og anatomi til hver enkelt fisk som går inn i enheten som utfører operasjonen. Det kreves også ny teknologi for å gjøre selve håndteringen adaptivt, på bakgrunn av informasjon om hver enkelt fisk. Her er adaptiv regulering og robotikk sentrale utfordringer.

Lignende grad av automasjon er i dag å finne i noen vareproduserende industrier. Treindustrien, metallurgi og plast har løst førstestadiet i produksjonen og har oppnådd full individuell forståelse av råmaterialet. Merk at trevareindustrien først har blitt svært effektive i senere tid i forhold til 3D deteksjon av kvister ved hjelp av lavenergirøntgenteknologi, som muliggjør optimal kutting av tømmerstokker m.m. Vareproduserende industri har nå blitt svært automatisert der hvor montasje-oppgavene er enklere, og andre mer kompliserte 3D montasje oppgaver begynner å bli robotisert, slik som for eksempel montasje av kontorstoler ved bruk av roboter (eks. Håg). Synergi med den teknologiske utviklingen innen vareproduserende industri gjør at "de teknologiske legoklossene" stort sett er tilgjengelig, men det krever fortsatt fokus på teknologiutvikling som er spesialtilpasset fiskeforedling. For at enhetsoperasjonene (maskiner og roboter) skal kunne måle de relevante parameterne til råstoffet – i praksis hver enkelt fisk – må det utvikles nye algoritmer, 3D maskinsyn og sensorer til slik at maskinen får det like lett som i vareproduserende industri – hvor råstoffet er standardisert. Selvlærende foredlingsfabrikker som dynamisk tilpasser produksjonen i forhold til råvaretilgang og markedsbehov er nødvendig for å kunne øke markedstilpasningen og lønnsomheten i fiskeforedlingsindustrien.

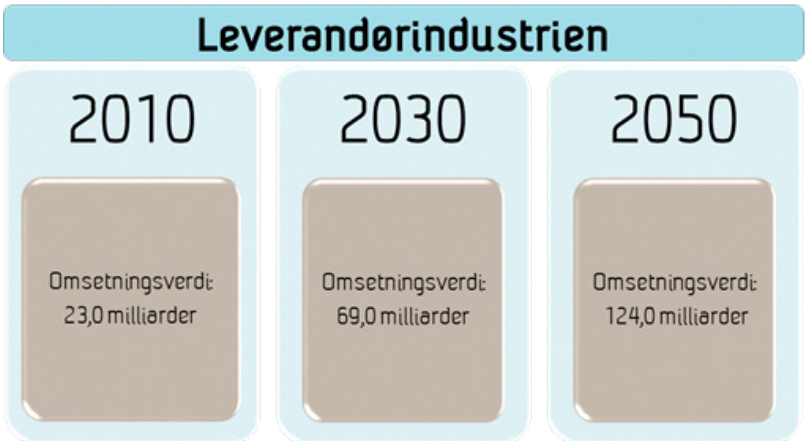
Fremtidens foredlingsfabrikk må dekke tre ulike forhold:

1. Tilfredsstille kundebehov.
2. Maksimere lønnsomhet.
3. Maksimere totalutnyttelse av råstoffet i et bærekraftig perspektiv.

Fremtidsvisjon: *Kjøleskapet er autonomt og forbruker legger inn ønsket bestillingsliste for kommende uke, med prioriteringer dersom varene ikke er tilgjengelig. Bestillinger sendes automatisk til grossist og videreformidles til sjømatindustrien. En supercomputer beregner og optimaliserer vareflyten fra innhøsting til produksjon. Den beregner hvor varen kan hentes, hvilke anlegg som har produktet tilgjengelig og eventuelt gir beskjed til fiskebåter om det må fiskes mer. Fiskebåtene er også autonome og gjør fiske og fangst etter en totalvurdering av lokalisering av biomassen i havet samt alle bestillinger som har blitt gjort i forkant. Fra fiskebåt til kjøleskapet går da varen gjennom en rekke prosesser med minimalt svinn, maksimal kvalitet til rett tid for middagen som eieren av kjøleskapet ønsket. (Food factory of the future EU, 2011).*

B.2.3 FoU-innsats mot leverandørindustrien til marin industri

Med leverandørindustri menes leverandører av de innsatsfaktorer i form av varer og tjenester (teknologi, maskiner, redskap osv) som må til for enten å høste eller produsere marine produkter. Leverandørindustrien er en viktig del av sjømatnæringen i Norge og omsetningsverdien innenfor leverandørindustrien var på 23 mrd NOK i 2010 i et verdianslag gjort av Olafsen *et al.* (2012), se Figur 26.



Figur 26. Omsetningsverdien innenfor leverandørleddet (Olafsen et al. 2012).

I følge Olafsen *et al.* (2012) er de viktigste premisser for å ha en sterk leverandørindustri i Norge i 2050 knyttet til:

- Økt aktivitet og produksjon i selve kjernevirksomheten (fiskeri, havbruk m.m.)
- Økt etterspørsel etter norsk teknologi og kompetanse fra oppdrettsvirksomhet i andre deler av verden
- At det skjer en viss strukturering i leverandørleddet
- At aktørene samarbeider på nye måter og i større grad leverer helhetlige løsninger

Sjømatnæringen i Norge vokser og den økende aktiviteten vil kunne gi grunnlag for vekst og ringvirkninger for marin leverandørindustri som vist ovenfor.

> *FoU i leverandørindustrien for offshoresektoren har spilt en avgjørende rolle i utviklingen av den norske olje- og gassnæringen. Det samme gjelder for maritime utstyrsleverandører til rederi, verft, deres rolle i utviklingen av Norge som sjøfartsnasjon og den norske maritime næring som ei global kompetansenæring. Leverandører til marin sektor (sjømatnæringen) må imidlertid forholde seg til en langt mer fragmentert og mindre teknologitung næring med svakere tradisjon for å initiere, prøve ut og ta i bruk FoU-resultater.*

En innovasjon i fiskeindustrien kan defineres som en ny prosess/teknologi og/eller et nytt produkt. Sjømatprodukter, så vel som andre konsumentprodukter, får stadig kortere livssyklus. Dette stiller økende krav til teknologiens fleksibilitet. Teknologileverandørene spiller en sentral rolle i forhold til utviklingen av

fiskeindustrien, og samspill mellom teknologileverandører er helt avgjørende for utvikling av nye produkter og innovasjon (se Figur 25). Det ligger imidlertid store utfordringer i å fremskaffe risikovillig kapital til ferdigutvikling av teknologi og ideer som ennå ikke har bevist sin kapabilitet. Viktige trender i europeisk matvareindustri (Østvik *et al.* 2010) som også norsk fiskeindustri må forholde seg til er; a) matvaretrygghet, b) fleksibilitet i forhold til produksjon og marked og c) konkurransedyktig og effektiv produksjon.

Kunnskap er grunnlaget for innovasjon og fiskeindustriens behov for å redusere kostnader er driveren for utvikling av ny teknologi og nye tjenester. Som vist i Del C er råstoffkostnaden den desidert viktigste kostnadsbæreren for norsk fiskeindustri, derfor får teknologiutvikling mht. å forbedre utbytte høyeste prioritet. Maskiner og teknologi for fremtidens produksjonslinjer må også ivareta fleksibilitet både i forhold til varierende råstoff (størrelse, art og kvalitet), ønsket produkt og volum (ref. differensiert styring i kapittel B.1.2) og produksjonsmetode, sammen med en effektivitet som sikrer konkurransedyktighet og lønnsomhet i et globalisert marked.

I følge Aslesen *et al.* (2002) "Studie av innovasjonssystemer for marine innsatsvarer STEP rapport" er markedet for ny teknologi og innovasjoner i norsk marin industri ikke i stand til å finansiere utviklingen av denne (nødvendige) teknologien. Dette teknologiutviklingsproblemet kan løses med offentlig innsats i forskning og teknologiutvikling. Slik innsats bør gis i flere faser av innovasjonsprosessen;

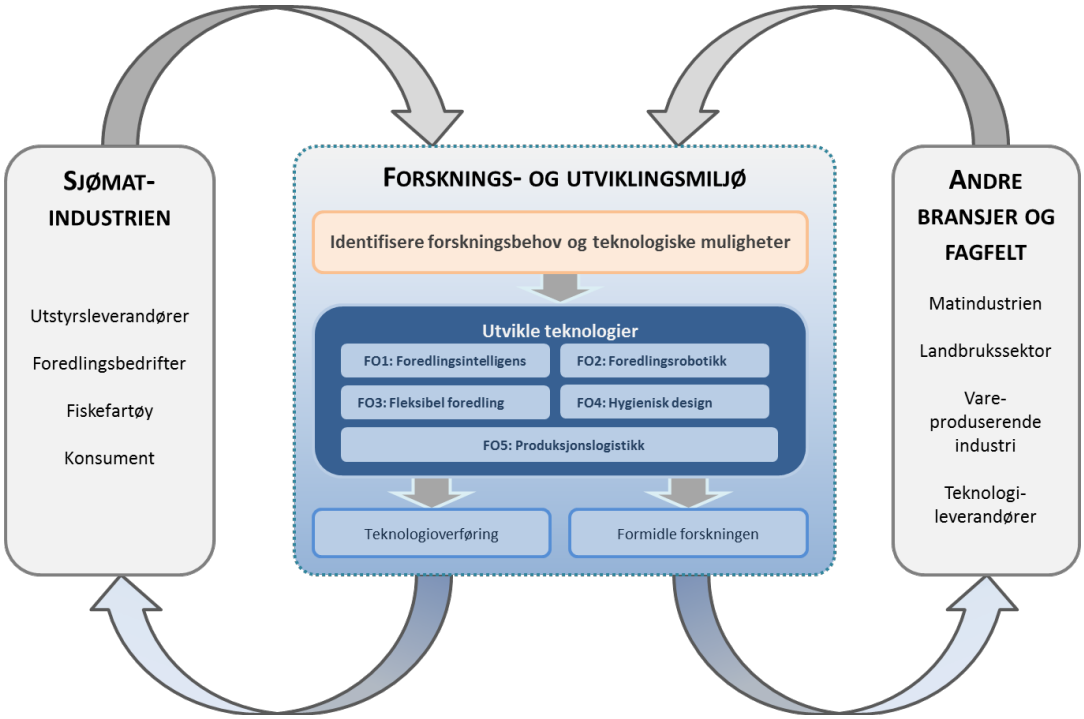
(1) tidlig i utviklingen av en ny ide,
(2) gjennom utviklingsfasen,
(3) for å få testet ut teknologien, og
(4) få sertifisert denne hos potensielle kunder

Aslesen *et al.* (2002) viser også til at konsesjonspolitiske rammebetingelser, (sterk) råvareavhengighet og konjunktursvingninger representerer de viktigste føringene for fiskerinæringen, noe som bidrar til "teknologikonservatisme". Å stimulere til teknologioverføring fra petroleum- og maritim industri kan også være viktig for utviklingen av marin leverandørindustri. I en sammenlikning av leverandørindustrien for offshore-, maritim og marin sektor utført av Norges Forskningsråd og Innovasjon Norge (Forskningsrådet og Innovasjon Norge, 2013) påpekes det at; *offshoresektoren* har et eget demonstrasjonsprogram gjennom DEMO2000, *maritim sektor* har MAROFF som delvis fungerer som et piloterings- og demonstrasjonsprogram, mens *marin sektor* ikke har noe (eget) FoU-program som tar hånd om utfordringene med pilotering og demonstrasjon av FoU prosjekter før kommersialisering. Det konkluderes med at: *en styrking av den utstyrsteknologiske FoU innsatsen i marin sektor ville øke mulighetene for samhandling med maritim- og marin leverandørindustri*.

> *I dag er det teknologileverandørleddet som i hovedsak alene må bære omkostningene ved teknologiutvikling. For å sikre utvikling og lønnsomhet i norsk fiskeindustri anbefales det derfor at marin utstyrsindustri får eget program for utvikling av pilot- og demonstrasjonsteknologi eller subsidiært bedre tilgang til eksisterende programmer for finansiering av bygging og uttesting av prototyp teknologi hos potensielle kunder i norsk fiskeindustri.*

B.2.4 Nødvendige fokusområder i fremtidens forskning og utvikling

I dette kapitlet vil vi gå gjennom de nødvendige fokusområder i fremtidens forskning og utvikling, og forklare og begrunne disse fokusområdene ut fra den store sammenhengen som norsk sjømatindustri befinner seg i og ut fra situasjonen globalt innenfor teknologiutvikling og industrier med synergier til norsk sjømatindustri. Med dette forsøker vi å danne et helhetlig bilde av hva det skal forskes på og utvikles, og hvorfor. Sammenhengen mellom sjømatindustrien, andre bransjer og aktiviteter som gjøres i forsknings- og utviklingsmiljø (FoU), enten i FoU-sektoren (universitet, høyskoler og institutt) eller hos tilsvarende miljø innad i bedrifter – eksempelvis utstyrsleverandører – i sjømatindustrien er vist i Figur 27. Hverken fiskeforedlingsindustrien eller FoU-miljø eksisterer i isolasjon, og det er viktig å se på synergiene og overføringsmekanismer mellom disse. Vi går nærmere inn på dette i det følgende avsnittet, og leseren anbefales å referere til figuren for å få en visuell oversikt over hvor informasjonen hører hjemme.



Figur 27. Sammenhengen mellom sjømatindustrien, andre bransjer og aktiviteter som gjøres i forsknings- og utviklingsmiljø (FoU), enten i FoU-sektoren (universitet, høyskoler og institutt) eller hos tilsvarende miljø innad i bedrifter – eksempelvis utstyrsleverandører – er skissert (illustrasjon: SINTEF Fiskeri og havbruk).

Forskning og utvikling rettet mot sjømatindustrien ***både på land og om bord*** har noen utfordringer som er unike. Innenfor automatisk foredling er den relevante forskningen i hovedsak fokusert på teknologiutvikling og grunnforskning innenfor utvalgte områder – hvor forskningsresultatene er bestemte teknologier eller teknologiske metoder. I sjømatindustrien er utfordringene ikke bare de teknologiske aspektene av forskningen, men hvordan man identifiserer detaljerte forskningsbehov og faktisk får anvendt forskningen og teknologien.

Oppsummert ser vi at man må:

1. **Identifisere forsknings- og teknologibehov** i foredlingsleddet i norsk sjømatindustri og detaljere dette i nasjonal skala.
2. **Utvikle teknologier** for automatisk foredling av fisk, både på land og om bord.
3. **Kanalisere de utviklede teknologier** inn i innovasjoner og kommersiell utnyttelse, gjennom innovasjonsprosjekter og produktutvikling hos utstyrsleverandører og foredlingsbedrifter.
4. **Formidle forskningen** slik at den kan påvirke andre industrier – utover sjømatindustrien.

Merk at **punkt 1** er delvis ivaretatt ved gjennomføring av denne rapporten. Likevel ser vi at både tilgjengelig teknologi og teknologibehov endrer seg dynamisk og må kontinuerlig oppdateres og detaljeres i større grad. Dette er fundamentet for å vite "hvor skoen trykker" i sjømatindustrien og dets skjæringsflate med forskningsverdenen, og for å vite hvilke teknologier som trengs til enhver tid. Årsaken til at dette må gjøres på nasjonal skala er at Norge er for lite til at man kan sitte på hver sin tue og finne opp det samme hjulet. Ved å identifisere fellestrekk eller fellesutfordringer som eksisterer på nasjonal skala – flere steder i landet – vil man kunne sette mer FoU-midler og energi til for å løse disse utfordringene - sammen.

Innenfor foredling vil en automatisering medføre behov for utvikling av teknologier – noe som er motivasjonen for **punkt 2.** ***Ettersom teknologibehov på land og om bord har likheter, er det naturlig å fokusere på generell teknologi for automatisk foredling, som kan anvendes begge steder.*** Foredling om bord har større krav til kostnadseffektivitet, arealbruk og har vanskelige operasjonsforhold på grunn av stor bevegelse, spesielt under stor sjøgang, og det vil derfor variere hvorvidt en teknologi som er moden for bruk på land også kan brukes om bord. På den annen side må teknologi beregnet for ombordforedling bli presset til å være kompakte, robuste og effektive. Utviklingen av teknologi med slike rammebetingelser kan muliggjøre svært arealeffektive og fleksible foredlingsanlegg også på land. I forskningsøyemed er det derfor naturlig å se disse i sammenheng, slik at man kan utnytte synergier mellom landbasert foredling og ombordforedling.

Kanalisering av de utviklede teknologier, som er **punkt 3,** er noe av det mest utfordrende ettersom det krever en tettere kobling mellom forskningsverdenen og sjømatindustrien - hvor sjømatindustrien kan være representert av utstyrsleverandører (som skal integrere ny teknologi i nytt utstyr) og foredlingsbedrifter som skal bruke det nye utstyret i sine fabrikker. Spesielt i forhold til rammeverk er det nødvendig at utstyrsleverandøren får økonomiske støtte i større grad enn i dag til å eksperimentere og jobbe med å integrere ny teknologi og nye forskningsresultater i sitt utstyr.

Formidling av forskningen til andre industrier, som satt opp i **punkt 4,** er helt essensielt fordi Norge og sjømatindustrien ikke lever i isolasjon. Noen teknologier utviklet i forskningsprosjekter rettet mot norsk sjømatindustri vil kunne være enten for umoden, dyr eller komplisert til at det kan brukes direkte. Gode idéer forsvinner aldri, og en formidling av resultatene vil kunne stimulere andre og større industrier til å ta ballen videre og gjøre teknologien mer moden, mer rimelig og mer praktisk anvendbar. Ettersom det er store likheter mellom fordelingsoppgaver i fiskeindustrien og det som finnes i matindustri og avansert robotikk, vil man ved formidling av forskningen kunne utnytte disse synergiene på tvers av industrier, bransjer og forskningsområder.

B.2.4.1 Teknologiske fokusområder

Innenfor automatisk foredling er den relevante forskningen i hovedsak fokusert på teknologiutvikling og grunnforskning innenfor utvalgte områder – hvor forskningsresultatene er bestemte teknologier eller teknologiske metoder. Disse teknologiene for automatisk foredling – uavhengig av spesifikk anvendelse – kan deles inn i fem fokusområder (FO1-FO5):

1. **FO1:** Foredlingsintelligens.
2. **FO2:** Foredlingsrobotikk.
3. **FO3:** Fleksibel foredling.
4. **FO4:** Hygienisk design av foredlingsutstyr og foredlingsfabrikker.
5. **FO5:** Produksjonslogistikk

En beskrivelse av disse teknologiene følger nedenfor:

FO1: Foredlingsintelligens inkluderer ulike typer kunstig intelligens, sensorsystemer og maskinsyn for å muliggjøre gradering, sortering og andre avgjørelser, som trenges innen automatisk foredling, på en intelligent måte – på lik linje med en erfaren menneskelig foredlingsarbeider. Foredlingsintelligens kan brukes enten alene til overvåkning og prosessforståelse (se, men ikke røre), eller sammen med foredlingsrobotikk for fysisk håndtering eller bearbeiding fisken.

FO2: Foredlingsrobotikk inkluderer robotsystemer, aktuatorsystemer, robotstyringsalgoritmer og spesialverktøy for å muliggjøre trimming, beinfjerning, singulering og orientering og andre fysiske håndterings og foredlingsoppgaver, som trengs innen automatisk foredling, på en nøyaktig og dynamisk måte – på like linje igjen med en erfaren menneskelig foredlingsarbeider.

FO3: Fleksibelt foredling inkluderer styringssystemer som muliggjør automatisk optimalisering og fleksibel tilpasning av foredlingsutstyr og fabrikk-konfigurasjoner, slik at råvareflyt og logistikk tilpasses råvaretilgangen og markedsbehov på en dynamisk måte. Dette er analogt til hvordan menneskelige operatører fininnstiller foredlingsutstyr og hvordan skiftleder fordeler foredlingsarbeiderne til de ulike enhetsoperasjonene dynamisk i forhold til hvordan situasjonen er i øyeblikket og planlagt.

FO4: Hygienisk design av foredlingsutstyr og foredlingsfabrikker inkluderer både utforming av foredlingsutstyr slik at det ikke blir skittent, overflatebehandlinger som minimerer kontaminasjon, utforming av fabrikker slik at foredlet vare holdes ukontaminert, og design av vaskesystemer som effektivt vasker hele fabrikken og hvert enkelt foredlingsutstyr. Å minimere det foredlede produktets kontakt med menneskelige smittebærere er et viktig aspekt av hygienisk design av fabrikker.

FO5: Produksjonslogistikk omhandler planlegging og styring av den integrerte flyten av varer og informasjon mellom aktører i en verdikjede. Hovedmålet er å balansere tilbud med etterspørsel slik at man produserer og leverer nøyaktig de produktene kundene etterspør på en mest mulig kostnads- og ressurseffektiv måte. Matvarer krever i tillegg en rask verdikjede med minimal lagring og håndtering for å bevare produktets kvalitet.

B.2.4.2 State-of-the-art innen hvert teknologiske fokusområde

En revolusjon av norsk foredlingsindustri krever teknologi som muliggjør fremtidens foredlingsfabrikker. Fremtidens foredlingsfabrikker vil kunne være tilnærmet helt automatiserte, med optimalt utbytte og med en fleksibilitet som gjør at det kontinuerlig tilpasser seg råvaretilstand/-tilgang og markedsbehov. Den ideelle måten å komme dit på er en helhetlig og industribred innovasjonsprosess i nasjonal skala. Dersom vi ser for oss forskning og teknologiutvikling i de fire nevnte fokusområdene, kan vi se hvor vi står i dag (state-of-the-art) og hvor det er mulig å komme ved økt fokus. Tabell 7 viser en oversikt over *state of the art* til de ulike fokusområder (FO1-FO5).

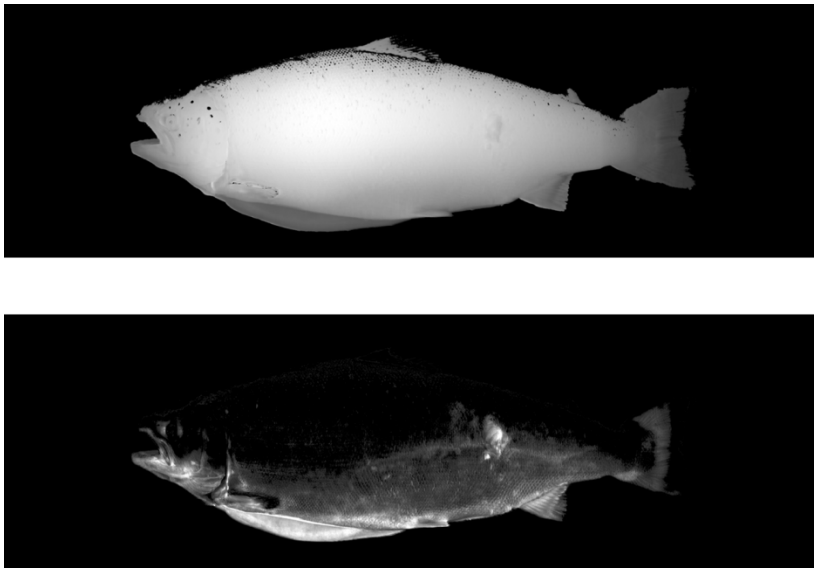
Tabell 7. Fokusområder (FOer), state-of-the-art relevant til hvert FO og mulig progresjon forbi state-of-the-art ved prioritering av forskning og teknologiutvikling innenfor disse fokusområdene.

	State-of-the-art	Progresjon forbi state-of-the-art ved prioritering av FOer.
FO1: Foredlings-intelligens	Spesialiserte maskinsyn og sensor-systemer som er underlegne relativt til en erfaren foredlingsarbeider. Betydelig utviklingstid og spesialisering av teknologier for hver anvendelse/produkt/art.	Generelle teknologier som muliggjør adaptiv og intelligent persepsjon og avgjørelser som er på nivå eller bedre enn en erfaren foredlingsarbeider. Teknologier som muliggjør enkel og rask utvikling av løsninger til nye anvendelser/produkter/arter.
FO2: Foredlings-robotikk	Spesialisert automasjons- og robotikkløsninger som er i stand til å løse repetitive arbeidsoppgaver. Betydelig utviklingstid for hver applikasjon.	Teknologier for generelle og adaptive robotsystemer som kan anvendes til mange ulike foredlingsoperasjoner. Kortere utviklingstid for nye løsninger, muliggjort av generell kapabilitet i robotverktøy, robotsensorer og robotstyringsmetodikk.
FO3: Fleksibel foredling	Automatiserte enhetsoperasjoner hvor menneskelige foredlingsarbeidere kompenserer for og korrigerer feil gjort av foredlingsutstyret. Foredlingsutstyr og foredlingsfabrikker blir betydelig redusert produktivitet når råvaretilgangen eller markedsbehov endrer seg uten for et lite og begrenset parameterområde.	Fleksibel og autonom foredling, som klarer seg uten signifikant medvirkning fra mennesker. Muliggjøre foredlingsutstyr og foredlingsfabrikker som tilpasser seg fremtidige variasjoner i råvaretilgang og markedsbehov.
FO4: Hygienisk design	Foredlingsutstyr krever vanligvis mye manuelt arbeid for å vaske rent. Produktets levetid, mattrygghet og kvalitet er suboptimale. Renhold er hovedsakelig manuelt arbeid som krever mye arbeidsinnsats, både for enkeltutstyr og fabrikken som helhet.	Hygieniske foredlingsløsninger for utstyr, verktøy og fabrikker, inkludert selvrensende hygieniske overflater og designløsninger som minimerer kontaminering. Muliggjør trygge sjømatprodukter med høyere kvalitet og lengre levetid, og dermed øker matvaretrygghet og matsikkerhet. Automatisk, robotisert og kontrollert renhold av hele foredlingsfabrikken.
FO5: Produksjonslogistikk	Fokus på kostnadseffektivitet på bekostning av fleksibilitet og markedstilpasning, men økende interesse for markedsorienterte planleggingsprinsipper. Håndtering av usikkerhet i råstofftilgang: få alternativer, liten kunnskap og begrenset IKT-støtte. Begrenset informasjonsdeling, spesielt mellom aktører i den fiskeribaserte verdikjeden.	Dynamisk og integrert styring og koordinering av fangst, foredling, pakking, salg og distribusjon - i sanntid. Fleksibel og markedstilpasset foredling og pakking av et bredt variantspekter. Produksjonsstyringsprinsipper og IKT-systemer som kan håndtere usikkerhet i råstofftilgang. Informasjonsdeling i sanntid som muliggjør dynamisk balansering av tilbud og etterspørsel.

FO1 Foredlingsintelligens: 3D maskinsyn begynner å bli mer utbredt i foredlingsutstyr og i forskningsarbeid som retter seg mot en høyere grad av automatisering i fiskeindustrien (Mathiassen et al., 2011; Mathiassen et al., 2012). Røntgenavbildning har også sett en utviklende trend innen fiskeindustrien, hvor det nå finnes røntgensensorer som muliggjør følsom og nøyaktig lavenergi-røntgenavbildning i industriell fiskeforedling (Rheinlænder et al., 2003) som blant annet er nylig anvendt på deteksjon av pinnebein i hvitfiskfilet og porsjonering av beinfrie filetporsjoner (Valka X-ray Guided Cutting Machine, Valka ehf, Island). I tillegg er det gjennomført et prosjekt i regi av FHF[8] om deteksjon av pinnebein i pre-rigor laksefilet ved bruk av lavenergirøntgen.

Optisk spektroskopi er også en teknikk som med hell har blitt anvendt på å måle ulike kvalitetsparametere på fiskeprodukter i industrielle foredlingsprosesser (Isaksson et al., 2001; Wold et al., 2010, se Figur 28), primært i fillet og ellers direkte i fiskemuskel (Segtnan et al., 2009; Heia et al., 2009). Med romlig-skiftet Raman spektroskopi (Afseth et al., 2014) er det også mulig å måle *gjennom* skinn, og dette er vist å fungere på laks. Teknologi for 3D-avbildning og gjenkjenning av 3D-objekter har utviklet seg betydelig de senere årene (Thielemann et al., 2009; Skotheim et al., 2012), selv om anvendelse av denne teknologien har blitt mer utbredt i vareproduserende industri og FoU-anvendelser enn direkte i fiskeforedlingsindustrien. Mange anvendelser innen fiskeforedling, f.eks. på håndtering eller bearbeiding av fisk, krever en automatisk klassifisering eller måling av fiskens parametere for bruk i et styringssystem. Styringssystemet velger på grunnlag av dette om eller hvordan en sorteringsmekanisme, bearbeidingsverktøy eller lignende skal styres (Mathiassen et al., 2011).

En hoved begrensing i state-of-the-art per i dag er at hver nye anvendelse/applikasjon krever et betydelig utviklingsarbeid for å tilpasse eller utvikle nye løsninger – både med hensyn til utstyrskomponenter og programvare/algoritmer. Ytterligere en begrensning i dagens state-of-the-art er det manglende, evne i mange tilfeller, til å gjøre jobben like godt eller bedre enn en erfaren menneskelig foredlingsarbeider.



Figur 28. 3D og scatter for automatisk singulering, orientering og kvalitetssortering av hel laks (Illustrasjon: SINTEF Fiskeri og havbruk).

[8] *Automatisk etterkontroll av restpinnebein i pre-rigor laksefilet. FHF-prosjekt #900832*

FO2 Foredlingsrobotikk: Robotikk og automasjon har blitt benyttet i mange anvendelser i sjømatindustrien, og noen spesifikke verktøy har blitt utviklet for bruk i robotisert fiskeforedling (Buljo et al., 2013). Robotisert håndtering av ettergivende, fleksible eller deformerbare objekter er et viktig forskningsområde innen matvareindustri, kirurgi og tekstilindustri. Modellering av kontaktflaten mellom et robotverktøy og objektet som bearbeides har blitt gjort av flere forskere; se f.eks. Siciliano (2008). De Silva (1995) utviklet en metode for on-line måling av den mekaniske impedansen ved grenseflaten mellom verktøy og objekt, mens Navarro-Alarcon (2013) utnytter maskinsyn til å gjøre visuelle målinger som brukes for å estimere objektets deformasjon i real-time. Fiskeforedling med roboter er utfordrende, og resulterer ofte i robotsensorsignaler som medfører behov for raske endringer i robotens bevegelsesbane (Kröger, 2010), hvis man ønsker tilpasningsdyktige roboter og robotverktøy. Til tross for bruk av robotverktøy i fiskeforedling, inkludert det som er brukt i foredlingsutstyret til Marel, Baader og andre, er det fortsatt et gap mellom modenhetsgrad av det som implementeres i fiskeforedlingsindustrien sammenlignet med kjøttindustrien. Kjøttindustrien, spesielt i Danmark – en av de største svineksportørene i verden – har sett en høy grad av robotisering med tilsvarende utvikling i robotverktøy (Madsen et al., 2006; Hinrichsen, 2010; Guire et al., 2010).

FO3 Fleksibel foredling: Sammenlignet med et team med samarbeidende menneskelige foredlingsarbeidere, er dagens fiskeforedlingsfabrikker dominert av relativt uavhengige enhetsoperasjoner og ufleksibelt foredlingsutstyr. Tilsvarende er det i dagens situasjon er det ofte minimal kommunikasjon mellom foredlingsutstyr for hver enhetsoperasjon, og menneskelige foredlingsarbeidere må ofte gjøre manuell innmating til utstyret og korrigere resultatet ved utmating før innmating til neste enhetsoperasjon. Selv om det foreløpig ikke er anvendt til fiskeforedling, kan man muligens oppnå samarbeidsevne mellom fiskeforedlingsutstyr ved bruk av såkalte multi-agent kontrollsystemer som har vist seg å fungere utmerket i andre industrier (Roulet-Dubonnet et al., 2009; Gellein and Nyen, 2010; Lind et al., 2009; Wadhwa and Lien, 2011).

FO4 Hygienisk design av foredlingsutstyr og foredlingsfabrikker: Manglende hygienisk design er en fare for allmennsikkerheten, og dessuten for lønnsomhet, rykte og muligheter for eksport i sjømatindustrien. De viktigste hygieneutfordringer i hvitfisk- og lakseforedling er henholdsvis tilstedeværelsen av bedervelsesbakterier og *Listeria monocytogenes* (kjent som Listeria). Flere eksportmarkeder har nulltoleranse for Listeria (Donnelly, 2001; Farber & Peterkin, 2000). Hovedkildene til Listeria er krinkelkroker og nisjer i foredlingsutstyr som er vanskelig å komme til ved rengjøring (Carpentier & Cerf, 2011; Heir & Langsrud, 2013). For å sørge for at fremtidens fiskeforedlingsfabrikk er designet for god hygiene, trenger man selv-rensende overflater, enda mer fokus på hygienisk design, og automatisert og robotisert renhold med kontroll. Minimal kontakt med menneskelige smittebærere vil kunne oppnås ved en høyere grad av automasjon.

FO5 Produksjonslogistikk: Matprodusenter håndterer en heterogen gruppe produkter, med ulik grad av forgjengelighet og usikkerhet i etterspørsel. Produktene leveres til markeder med stadig større krav til kvalitet, stor variantbredde, korte leveringstider og høy servicegrad. Foredlingsleddet for sjømat og andre deler av matindustrien står imidlertid i en særstilling ved at de også må forholde seg til usikkerhet i råstofftilgang (Chaudhuri, Dukovska-Popovska, Damgaard, & Hvolby, 2014; Ottesen & Grønhaug, 2003). Dette betyr at man ofte må produsere i henhold til kvalitet og mengde råstoff man mottar framfor de varianter og volum som markedet etterspør. Svingninger i råvaretilførsel fører også til dårlig kapasitetsutnyttelse. I annen industri bruker man gjerne lager for å bufre mot usikkerhet i både etterspørsel og råvaretilgang (van der Vorst, Beulens, & van Beek, 2005). Denne strategien er imidlertid begrenset for mat ettersom kvaliteten på både råvarer, halvfabrikata og ferdigvarer reduseres ved lagring. Til tross for dette, er produksjon til lager i store volum den mest vanlige strategien fordi den gjør det mulig å holde enhetskostnadene lave (van Donk, Akkerman, & van der Vaart, 2008; Verdouw & Wolfert, 2010). Prosesser, teknologi og utstyr er dermed tilpasset store produksjonsvolum og få produktvarianter – noe som igjen reduserer produksjonsapparatets fleksibilitet til å reagere på signaler fra markedet (Romsdal, 2014). Mer markedstilpassede strategier som produksjon på ordre har fått oppmerksomhet i matforedling i senere tid, gjerne i kombinasjon med produksjon til lager (Romsdal, 2014; Soman, 2005). Det gjenstår imidlertid å løse

en del utfordringer før en slik strategi kan implementeres i stor skala, både på taktisk og operativt nivå og knyttet til IKT-støtte og informasjonsdeling. Målet er å muliggjøre dynamisk og integrert styring på tvers av verdikjeden – hvor både fangst, foredling, pakking, salg og distribusjon er koordinert i sanntid.

B.2.4.3 Konkrete forskningstema innenfor hvert teknologiske fokusområde

Innenfor hvert fokusområde er det konkrete forskningstema som det må detaljfokus på for å realisere en tilnærmet helautomatisert foredlingsindustri med maksimalt utbytte. State-of-the-art har illustrert hvor skoen trykker, og hvordan man ønsker at progresjon forbi state-of-the-art skal se ut. I det følgende beskriver vi konkrete forskningstema som muliggjør denne progresjonen, dersom det fokuserer spesifikt på disse.

FO1 Foredlingsintelligens: Det må utvikles avbildnings- og sensorteknologier som egner seg tilnærmet til alle typer enhetsoperasjoner innen håndtering og bearbeiding av fisk og fiskeprodukter – med fokus på metoder og systemer som muliggjør adaptiv foredlingsintelligens på nivå med en erfaren menneskelig foredlingsarbeider. Spesifikt må det forskes på:

> **FO1.1 Multimodale 3D maskinsynsystemer** og programvare/algoritmer som måler i flere optiske modus og røntgen i samme 3D volum. Tema som inngår her er: 1) Fleksible maskinvarekonfigurasjoner som egner seg til avansert multimodal avbildning av fisk. 2) Sømløs integrasjon mellom røntgenavbildning og 3D-maskinsyn, som muliggjør anatomisk deteksjon og lokalisering av bein uten behov for dyre CT-skannere. 3) Fleksible programvarekomponenter og algoritmemoduler som muliggjør praktisk anvendelse hos alle utstyrsleverandører.
>
> **FO1.2 Intelligente sensorer**, med fokus på optiske målemetoder som egner seg til prosessmålinger av viktige kvalitetsparametere i fisk.
>
> **FO1.3 Modell- og vision-basert 3D gjenkjenning av føyelige objekter**, med fokus på utvikling av algoritmer og programvaremoduler som er i stand til å gjenkjenne formen og anatomiske avvik og posisjoner i fisk og fiskeprodukter, uavhengig av hvordan de er deformert eller bøyd.
>
> **FO1.4 Robuste mulivariate klassifikatorer**, med fokus på programvaremoduler for robust multivariate, multiklasse klassifikatorer som er i stand til å gi optimale klassifiseringsresultater under vanskelige operasjonsforhold (Provost & Fawcett, 2001) og på forhånd ukjente kost-nytte avveininger – hvor klassifikatorene er designet for bruk på multimodale bildedata, geometridata og spektrale data fra fisk og fiskeprodukter.

FO2 Foredlingsrobotikk: Det må utvikles teknologier for robotsystemer som kan anvendes til mange oppgaver innenfor håndtering og bearbeiding av fisk og fiskeprodukter – med fokus på følsomme multifunksjonelle robotverktøy, adaptive robotstyringsmetoder og kontrollprogramvare designet for deterministisk manipulering av skjøre og føyelige objekter, slik som fisk og fiskeprodukter. Spesifikt må det forskes på:

> **FO2.1 Robotverktøy med flernytteverdi**, for deterministisk håndtering og bearbeiding, med fokus på robotverktøy som nærmer seg den fleksibilitet og flernytteverdi som finnes i hånden – med eller uten kniv – til en erfaren foredlingsarbeider. Det er kjent at mangel på robotverktøy som fungerer på fleksible materialer er en av de to hindrene som gjør at roboter foreløpig ikke er allment brukt i *deterministisk* håndtering i anvendelser i dette domenet (euRobotics, 2014).
>
> **FO2.2 Ulineære observer-modeller for robotisert håndtering og bearbeiding** av føyelige objekter, hvor fokus er på matematiske modeller som muliggjør *deterministisk interaksjon mellom robotverktøy og et føyelig objekt*. Det bør fokuseres på ulineære observer-modeller for føyelige objekter – med fokus på modeller av fisk og fiskeprodukter som kan egne seg som modell for kontrollert og deterministisk håndtering og bearbeiding. Hensikten med dette er å bygge en nøyaktig matematisk modell av objektet som manipuleres av roboten, slik at man kan programmere en nøyaktig styringsalgoritme for robotverktøyet. Evnen til å modellere og matematisk forutsi

oppførselen til fleksible objekter under håndtering er den andre av de to teknologiske barrierene som må brytes for å kunne anvende robotikk deterministisk i dette domenet (euRobotics, 2014).

FO2.3 Adaptiv bevegelsesplanlegging og styring for robotisert håndtering og bearbeiding av føyelige objekter, med fokus på utvikling av kontrollteori og algoritmer for modell-baserte feedback reguleringsalgoritmer (f.eks. model-predictive control (MPC), passivitet-baserte metoder m.m.) som egner seg til fisk og fiskeprodukter.

FO2.4 Sensor-verktøy-robot integrasjon for adaptiv foredlingsrobotikk, med fokus på utvikling av programvaremoduler og konseptuelt rammeverk som muliggjør anvendelser med føyelige objekter og tilpasning til uforutsette hendelser.

FO3 Fleksibel bearbeiding: Det må utvikles styringsmetodikk og fleksible design for automasjonsmoduler som muliggjør fleksibel foredling på enkeltprosessnivå (én enkelt enhetsoperasjon) likeså som på flerprosessnivå (en hel foredlingsfabrikk). Spesifikt må det forskes på:

FO3.1 Prosess-spesifikk produksjonsoptimalisering, med fokus på å utvikle metoder og metodikk for produksjonsoptimalisering av én enkelt håndterings- eller bearbeidingsprosess. Dette muliggjør en fremtidsrettet tilnærming til å designe foredlingsutstyr for enkeltprosesser.

FO3.2 Fleksible automasjonsmoduler, med fokus på å utvikle generelle design på automasjonsmoduler som gir helt eller tilnærmet optimal produksjon av flere prosesser med en enkelt modul. Dette er automasjonsmoduler som – lik en menneskelig foredlingsarbeider – kan bløgge en fisk eller trimme en filet, alt ettersom hvordan han er fordelt på et skift. Hensikten her er å komme nærmere den type fleksibilitet som finnes hos den menneskelige arbeider, for dermed å muliggjøre automatisk foredling som er adaptiv of fleksibel på fabrikknivå.

FO3.3 Multi-agent styringssystem for fiskeforedling, med fokus på metodikk som egner seg til styring på fabrikknivå. Her hensikten å utvikle autonomt styringssystem som kan fordele arbeid til de fleksible automasjonsmodulene som finnes på fabrikken – på samme måte som skiftleder på en foredlingsfabrikk fordeler oppgaver til foredlingsarbeidere.

FO4 Hygienisk design av foredlingsutstyr og foredlingsfabrikker: Det må utvikles hygieniske løsninger og metodikk for design og konstruksjon av foredlingsutstyr og robotsystemer, på enkeltprosessnivå og på fabrikknivå. Spesifikt må det forskes på:

FO4.1 Identifisering av hygieniske designkriterier, som muliggjør en standardisert måte å vurdere hvor vaskbart eller kontamineringssikkert et foredlingsutstyr er. Hensikten med dette er at dette gir grunnlaget for å designe rett og hygienisk.

FO4.2 Robuste selv-rensende og anti-mikrobielle overflater, med fokus på å identifisere, karakterisere og teste funksjonelle selv-rensende og antimikrobielle overflatematerialer- eller overflatebehandlinger som egner seg til bruk på foredlingsutstyr generelt, eller på kontamineringsutsatte steder som f.eks. robotverktøy eller krinkelkroker. Her anbefales det å se på nanostrukturer og mikrooverflatestruktur inspirert at biologiske løsninger som finnes i naturen – f.eks. i naturlig vannavstøtende eller antimikrobielle overflater i planter og insekter (Liu et. al., 2010; Gundersen et. al., 2014).

FO4.3 Praktisk anvendelse av funksjonelle overflater i hygienisk design, med fokus på utvikling av metodikk og designprinsipper for hvordan funksjonelle overflater skal integreres i foredlingsutstyr, renholdes og vedlikeholds for å minimere kontaminering.

FO4.4 Automatisk og robotisert renhold av foredlingsutstyr og foredlingsfabrikker, med fokus på utvikling av systemer som kan gjøre en like god renhold hver gang, gjøre grundigere renhold med samme effektivitet som mennesker. Det bør også fokuseres på renholdssystemer som automatisk kan observere og lokalisere områder av foredlingsutstyr som krever ekstra renhold.

FO5 Produksjonslogistikk: Det må utvikles konsepter, rammeverk og metodikker for planlegging og styring som kombinerer høykostnadseffektiv foredling med prinsipper for markedstilpasset produksjon av flere produktvarianter i mindre volum. Spesifikt må det forskes på:

FO5.1 Differensiert produksjonsstyring, hvor ulike planleggingsprinsipper kombineres for å ta hensyn til både produktkarakteristika og behovene i markedet. Nye løsninger muliggjøres av mer fleksibelt produksjonsutstyr og økt automatisering, men samtidig må utfordringer knyttet til hvordan én produksjonsressurs kan styres med to ulike planleggingsprinsipper løses.

FO5.2 Håndtering av usikkerhet i råstofftilførsel, hvor det er behov for utvikling av konsepter og rammeverk for hvilke håndteringsmekanismer som er egnet for ulike arter, markeder, årstider, osv., med erfaringsoverføring fra andre sektorer. IKT-systemer som APS (Advanced Planning Systems) og ERP (Enterprise Resource Planning) må videreutvikles for å kunne håndtere denne typen usikkerhet.

FO5.3 Informasjonsdeling mellom verdikjedeaktører er kritisk for å muliggjøre planlegging og styring som balanserer både fangst/råstofftilgang, kapasitet i foredlingsleddet og behov i markedet. Forskning trengs for å 1) utvikle kompetanse og forståelse i næringa for viktigheten av å dele informasjon framover og bakover i verdikjeden, og 2) utvikle og teste konkrete løsninger for utveksling av informasjon i sanntid.

B.3 Marint restråstoff

Restråstoff gir i dag betydelig verdiskaping i fiskeri- og havbruksnæringen, og mange bedrifter har økt fokus på (økt)restråstoffutnyttelse. Det meste av restråstoffet utnyttes i dag av norsk marin ingrediensindustri hvor det i hovedsak produseres ulike proteinprodukter og olje. Mesteparten anvendes som fôringredienser og bare 9% av volumet går til konsum- og sjømatprodukter.

Lønnsom produksjon basert på marint restråstoff krever tilførsel av restråstoff av god kvalitet. I FHF forprosjektet (FHF#900949); "Råstoffbehandling og -kvalitet for marin ingrediensindustri" var målsettingen å avklare FoU-utfordringer og FoU-behov knyttet til råstoffbehandling og – kvalitet for marin ingrediensindustri. Forprosjektet har konkludert med at det er behov for å teste ut nye metoder og teknologiløsninger for råstoffbehandling og logistikk for både laks, pelagisk og hvitfisk for å ivareta råstoffkvaliteten slik at dette råstoffet i større grad kan benyttes til produksjon av produkter til humant konsum. I del 0 gis en oversikt over utnyttelsesgraden av restråstoff fordelt på sektor for 2013. Utnyttelsesgrad, sammen med teknologistatus og hvor potensialene ligger for økt verdiskapning fra restråstoff, er vist i Tabell 8 nedenfor.

Tabell 8. Utnyttelsesgrad, teknologistatus og hvor potensialene ligger for økt verdiskapning fra restråstoff.

Sektorer	Hvitfisk	Pelagisk	Havbruk	Skalldyr
Ikke utnyttet (%)	77%	0%	11%	59%
Prosessering: Båt= B, Land = L	B, L	L	L	L
Teknologistatus: G = gammel, N = nyere	G, + nisje	G	G, N	G
Hvor ligger potensialet?				
Økt utnyttelse	X	-	-	X
Økt verdi av biprodukter (økt konsumandel)	X	X	X	X
Utvikling av ny- og implementering av eksisterende teknologi	X	X	X	X

Hvis en tar hensyn til tilgjengelig volum og verdiskapingspotensial for norsk utnyttelse av restråstoff er det noen områder som skiller seg ut vist i Tabell 9.

Tabell 9. Verdiskapingspotensial fordelt på prosess-sted (om bord/på land) og verdiskapingspotensial fordelt på hvitfisk-, pelagisk og havbrukssektoren.

Sektor	Prosessted	Verdiskapingspotensial
Hvitfisk	Om bord	Øke utnyttelsesgraden med fokus på humant marked, utvikling av prosessteknologi (kompakt) og sorteringsteknologi.
	På land	Tilgang til sortert/fraksjonert restråstoff av høy kvalitet for produksjon av marine ingredienser.
Pelagisk	På land	Øke andelen til humant marked gjennom bedre tilgang til sortert/fraksjonert restråstoff av høy kvalitet . Utvikling av prosessteknologi og produktutvikling
Havbruk	På land	Øke andelen til humant marked gjennom bedre tilgang til sortert/fraksjonert restråstoff av høy kvalitet . Utvikling av prosessteknologi og produktutvikling

B.4 Ombordproduksjon som strategi for filetproduksjon?

B.4.1 Innledning

De vedvarende lønnsomhetsproblemene i filetindustrien kombinert med et høyt lønns- og kostnadsnivå, indikerer at Norge i stadig større grad har blitt en råvareksportør, og at Norge taper posisjon i forhold til eksport av filet fra både Island og Russland. Fra 2011 til 2013 økte norsk eksport av ubearbeida råstoff fra 33 000 tonn torsk til 87 000 tonn torsk. I samme periode økte den russiske eksporten av ombordprodusert torskefilet fra 20 000 tonn filet til 36 700 tonn filet til det europeiske markedet. Tilsvarende ble det bare eksportert 13 000 tonn fryst filet av torsk fra Norge. Den sterke økningen av fryst torskefilet refererer til at russiske rederier har kjøpt hhv. norske- og islandske fabrikktrålere for fiske på russiske kvoter i Barentshavet (FiskeribladetFiskaren, 5. mai- 2014).

Lønnsomhetsproblemer i filetindustrien og eksport av ubearbeida råstoff ut av Norge, bidrar med dette til at Norge taper markedsandeler innen filetsegmentet og at potensielle arbeidsplasser innen filetproduksjon eksporteres til andre land. De nye varestrømmene medvirker til at prosesseringen av råstoff fra Nord-Atlanteren lokaliseres til områder med betydelig lavere produksjonskostnader, før ferdige produktene eksporteres tilbake til europeiske markeder. For fiskeri-Norge fører dette til tap av alternative arbeidsplasser og globaliseringen fører til økt miljøbelastning som følge av økt transport/frakt av fisk.

På denne bakgrunn kan det være et spørsmål om ombordproduksjon kan vurderes som strategi for å øke sysselsettingen- og omfanget av filetproduksjon, og om det kan bidra til å kople sammen nye verdikjeder som består av en ny arbeidsdeling mellom sjø- og land i Norge. Mens ombordproduksjon i seg selv representerer autonomi og et alternativ til dagens tradisjonelle arbeidsdeling mellom sjø og land, kan det være et viktig spørsmål om filetprodukter fra ombordproduserende fartøyer, alternativt kan leveres til landindustrien i Norge for videre prosessering.

Denne problemstillingen refererer til at organiseringen av fiskerinæringen kan omtales som en gjennomregulert sektor, med betydelig innslag av samhandlingsproblemer mellom fangst- og foredlingsleddet. I denne delen av notatet skal vi ta utgangspunkt i institusjonell økonomi og fokusere på begrepet transaksjonskostnader i en gitt verdikjede.[9] Vi beskriver noen faktorer som generer slike kostnader og hvordan de kan reduseres. Ombordproduksjon kan dermed oppfattes som en hypotese om at produksjonsformen kan redusere transaksjonskostnadene mellom fangst- og foredlingsleddet, gi grunnlag for en mer kostnadseffektiv produksjon av filet og skape grunnlag for en ny arbeidsdeling mellom sjø og landbasert foredling.

Tilnærmingen tar utgangspunkt i at aktørene i fiskeribaserte verdikjeder representerer egne beslutningssystemer med iboende institusjonelle rammer og organisasjonsformer. Graden av autonomi og omfanget av transaksjonskostnader, har med dette en direkte korrespondanse til hvordan man organiserer økonomiske virksomheter. Og ettersom fangst- og foredlingsleddet er gjensidig avhengig av hverandre, fordrer den organisatoriske rasjonaliteten at faktorene fungerer mot hverandre på en mest mulig friksjonsfri- eller kostnadseffektiv måte, som gir lavest mulig transaksjonskostnader. Eksempelvis kan sårbar teknologi, lav tekniske mobilitet, store sesongvariasjoner, stive organisatoriske strukturer, manglende kapasitetsutnyttelse og uforutsigbarhet hva gjelder prisdannelsen gjennom ulike ledd, være faktorer som generer transaksjonskostnader mellom ulike aktører i verdikjedene.

I norsk fiskerinæring har det til dels vært et sterkt motsetningsforhold mellom den landbaserte fiskeindustrien og den delen av fiskeflåten som produserer filet om bord. I debatten har hovedargumentet vært at den ombordproduserende fiskeflåten eksproprierer potensielle arbeidsplasser innen den landbaserte

[9] *For en omtale av begrepet transaksjonskostnader, se Williamson, 1975 og 1986.*

foredlingsindustrien eller at flåten ikke genererer arbeidsplasser på land. I tillegg gjelder det at ombordproduserende fartøyer er beskrevet som en direkte konkurrent til landindustrien hva gjelder tilgangen på- og anvendelsen av ressursgrunnlaget i Norsk økonomisk sone (NØS). Med referanse til den betydelige eksporten av ubearbeida råstoff til bl.a. Kina og Polen, har imidlertid argumentet mot ombordproduksjon fått redusert legitimitet.

Norge har lange tradisjoner og høy kompetanse hva gjelder drift av fartøyer som driver med ombordproduksjon av filet (Olsen 1990, Nilsen 1994, Standal 1989 og 2007). På 1970-tallet var det ca. 12 fabrikktrålere i Norge. Med opphevelsen av frysekonsesjonslova midt på 80-tallet og kombinert med gode utsikter for bestandsutviklingen av torsk i Barentshavet, skjedde det en storstilt fornyelse av den ombordproduserende flåten. I tillegg ble i alt 9 fartøyer fra den opprinnelige gruppa saltfisktrålere konvertert til fartøy med ombordproduksjon. I tillegg ble 2 – 3 fartøy fra gruppen småtrål-/frysetrål bygget for slik produksjon. På slutten av 1980-tallet var det ca. 25 fartøyer som produserte filet om bord.

Historisk sett har fabrikkskipsflåten vært en av de mest lønnsomme fartøygruppene i norsk fiskerinæring (Fiskeridirektoratets Lønnsomhetsundersøkelse, div. årg.). I rapporten "Noen samfunnsøkonomisk vurderinger av ombordproduksjon" (Olsen, 1990), viser Olsen (op. cit) til at ombordproduksjon av filet, kan være en betydelig mere lønnsom produksjonsform enn tilsvarende landbasert produksjon som baseres på leveranser fra frysetrålere for videre filetering på land. [10] På 1980- og 1990-tallet, var det derfor stor interesse fra andre trålgrupper å legge om driften fra saltfisk, ferskfisk og frysetråling (HG), til produksjon av filet om bord.

Av hensyn til fiskeindustrien og målet om å holde ved like landbaserte arbeidsplasser, etablerte derfor myndighetene sterke restriksjoner for å hindre en ytterligere vridning mot omlegging til ombordproduksjon for den øvrige trålerflåten. Sterk nedgang i ressursgrunnlaget på slutten av 1980-tallet og begynnelsen av 1990-tallet, førte imidlertid til reduksjon i antall fartøyer samt et betydelig omfang av eierskifter i trålgruppen. Introduksjonen av strukturpolitiske tiltak som først enhetskvoteordningen og senere strukturordningene på slutten av 1990-tallet, har ført til ytterligere konsentrasjon av kvotegrunnlaget på stadig færre fartøyer. Mens trålerflåten på slutten av 1980-tallet var ca. 120 fartøyer, er det i dag (2014) ca. 38 fartøyer igjen, inkludert fartøyer som har konsesjon for å produsere filet om bord.

Over tid er imidlertid omfanget av ombordproduksjon gradvis blitt redusert. Pr. i dag, er det konkret 3 trålere og to autolinefartøyer som produserer filet av kvotegrunnlaget. Ved siden av at markedet utvikla seg i favør av å produsere rundfrossen fisk (HG) av et gitt kvotegrunnlag ut over slutten på 1990-tallet, kan reduksjonen i ombordproduksjon også forklares med endringer i institusjonelle rammebetingelser for den ombordproduserende flåten. Historisk sett refererer dette til tap av kvotefaktorer som opprinnelig var knytta til en fabrikktråler- og saltfisktrålkonsesjon samt at også omregningsfaktorer for filetutbyttet er redusert i forhold til et rund vekt kvotegrunnlag. [11] Over tid har denne utviklingen ført til en betydelig reduksjon av ferdig produktmengde (filet) i forhold til en rund vekt kvote (Standal, 2007). Slik har ombordproduserende fartøyer heller ikke hatt noen prioritet i det øvrige virkemiddelapparatet hva gjelder lån og tilskudd til flåtefornying etc.

---

[10] *Beregningene av ombordproduksjon som er utført av Olsen (1990) tar utgangspunkt i Johansen's (1977) vilkår for samfunnsøkonomiske analyser. For et komparativt studie mellom hhv. ombordproduksjon og tradisjonell filetproduksjon, er det grunnleggende at variable faktorer kan sammenlignes på en korrekt måte, eksempelvis lønn i foredlingsindustrien mot lott om bord i fabrikktråleren, produktavgift om bord mot arbeidsgiveravgift på land osv.*

[11] *Trålerflåtens totale gruppekvoter referer til trålstigen, som angir fordelingen av torsk m.v. mellom ulike fartøy- og redskapsgrupper. Trålerflåtens samla gruppekvote er videre delt inn i ca 90 kvotefaktorer. Videre var trålerflåten delt inn i ulike grupper som småtrål, ferskfisk/frysetrål, saltfisktrål og fabrikktrål. Mens fartøy i gruppen småtrål hadde en kvotefaktor på 0.35-0.65, hadde gruppen saltfisktrål og fabrikktrål en kvotefaktor på hhv 1.6 og 1.9. Over tid er denne justert til 1.0 for fartøyer fra ulike trålgrupper.*

Endringene i rammebetingelsene for den ombordproduserende trålerflåten, har likevel ikke redusert fordelene med konseptet produksjon av filet om bord i fangstleddet. Ombordproduksjon kan i første rekke beskrives som autonomi; fartøyene fangster egen fisk som produseres ferdig om bord. Man samhandlingsproblemer slik vi kjenner de fra den tradisjonelle arbeidsdelingen mellom fangst- og landbasert foredlingsledd. Dette betyr at ombordproduserende fartøyer er definert som selvtilvirkere og gitt en rett til å kjøpe egen fangst. Følgelig er ikke ombordproduserende fartøyer omfatta av Råfisklagets system for minstepriser. Den totale inntjeningen er utelukkende reflektert i brutto fangstverdi og herunder delingen av inntekter mellom hhv. rederi og mannskaper. [12] I tillegg gjelder det at både fangst- og foredlingsleddet om bord baseres på lottsystemet. Sistnevnte har en direkte korrespondanse til omfanget av fangst, variasjoner i fangstmønsteret, produserte mengder og oppnådd markedspris som grunnlag for deling av definerte felles kostnader og brutto fangstverdi mellom rederi og mannskap.

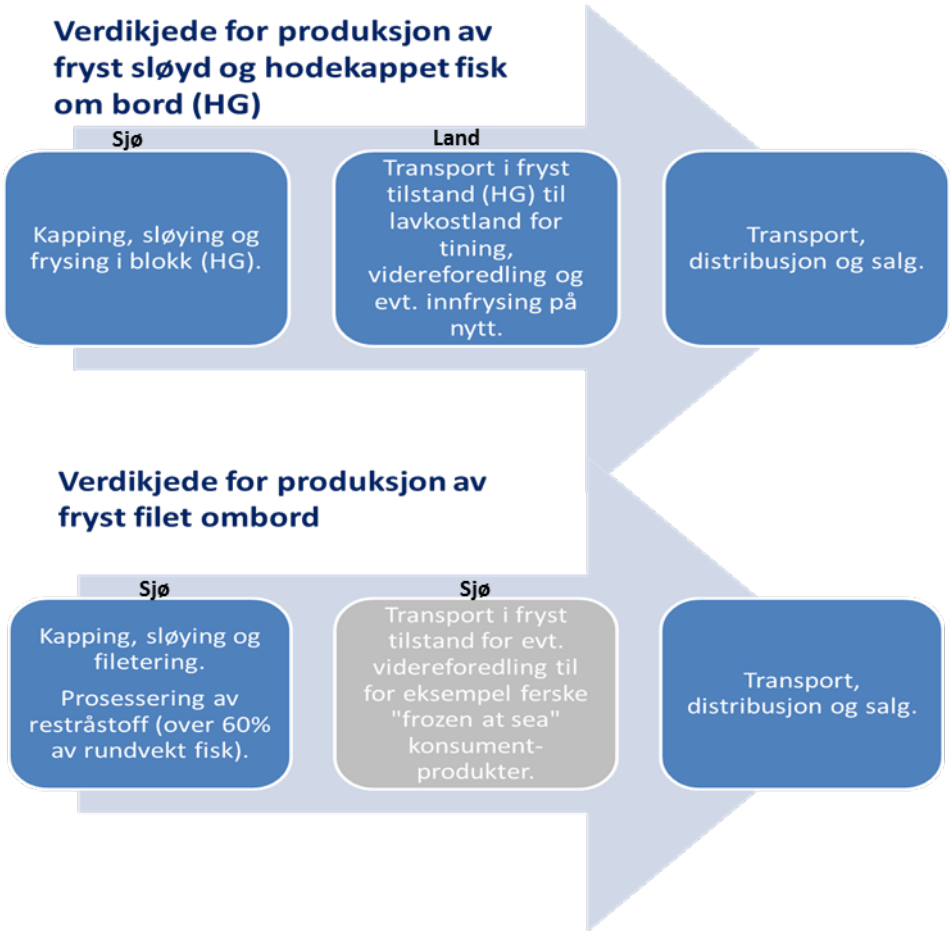
At fangst- og foredlingsleddet er integrert om bord i samme enhet (fartøyet) medfører også at man ikke belaster miljøet hva gjelder tids- og kostnadskrevende frakt/transport av fisk mellom de ulike leddene i en gitt verdikjede. I tillegg unngår man dobbeltfrysing av hhv. fangst og ferdig produkt. I forhold til miljøbelastninger hva gjelder fangst- og foredling, kan følgelig ombordproduksjon være en mer miljøvennlig tilpasning enn eksempelvis transport av råstoff fra fangstfeltene til landbasert foredling i Norge eller alternativt frakt av rundfrosset råstoff til Kina for prosessering, og retur tilbake til Europa/Norge for salg i sluttmarkedene. I et klimaperspektiv antas det også at slike fordeler kan forsterkes i favør av ombordproduksjon. Dette som følge av at man forventer en mer nordlig- og østlig utbredelse av de store kommersielle fiskeressursene og at avstandene for ilandføring av fangst for landbasert prosessering vil øke (Stenevik og Sundby, 2007).

I Norge er det også en viktig målsetting å øke utnyttelsen av biprodukter fra fiskerinæringa. I et slikt perspektiv har ombordproduserende fartøyene et særlig komparativt fortrinn. Dette fordi filetproduksjon genererer et betydelig omfang av biprodukter og at fartøyene kan basere biproduktprosesser på ferskt råstoff for produksjon av eksempelvis rogn, mel og marine oljer av høy kvalitet og med et høyt proteininnhold. Flere fartøyer har eksempelvis installert melfabrikk for utnyttelse av biprodukter om bord. Det antas at utnyttelsen av biprodukter kan økes ytterligere.

Tradisjonelt har den ombordproduserende flåten også fungert som en viktig flåtegruppe for rekruttering av mannskaper til maritim sektor i vid forstand. Hvert fartøy har et betydelig mannskap med tradisjonelt over 30 personer om bord, virksomheten har gitt grunnlag for nær doble sett av mannskaper for organisering av skiftordning, innslaget av norske mannskaper dominerer og det har tradisjonelt vært en betydelig rekruttering av kvinner. Inkludert landbasert service etc. har fartøyene som driver ombordproduksjon totalt sett gitt grunnlag for en betydelig sysselsetting pr. fartøy.

Med basis i beskrivelsen av begrepet transaksjonskostnader og framstillingen foran, kan vi skissere endringer i styringsstrukturer mellom ulike transaksjonspartnere, og hvordan disse kommer til uttrykk hva gjelder nyorganisering mellom fangst- og foredlingsleddet. Målet er å redusere transaksjonskostnader i en gitt verdikjede eller identifisere nye organisasjonsmodeller som gir gevinst i form av økt effektivitet og økt inntjening. Dersom slike gevinster kan identifiseres, vil det imidlertid være et viktig spørsmål om hvordan slike gevinster kan fordeles mellom aktører i en nyorganisert verdikjede.

[12] *Deling av brutto fangst, definisjoner av felles kostnader og lottandeler er regulert av avtaler mellom Norsk Sjømannsforbund og Fiskebåt.*



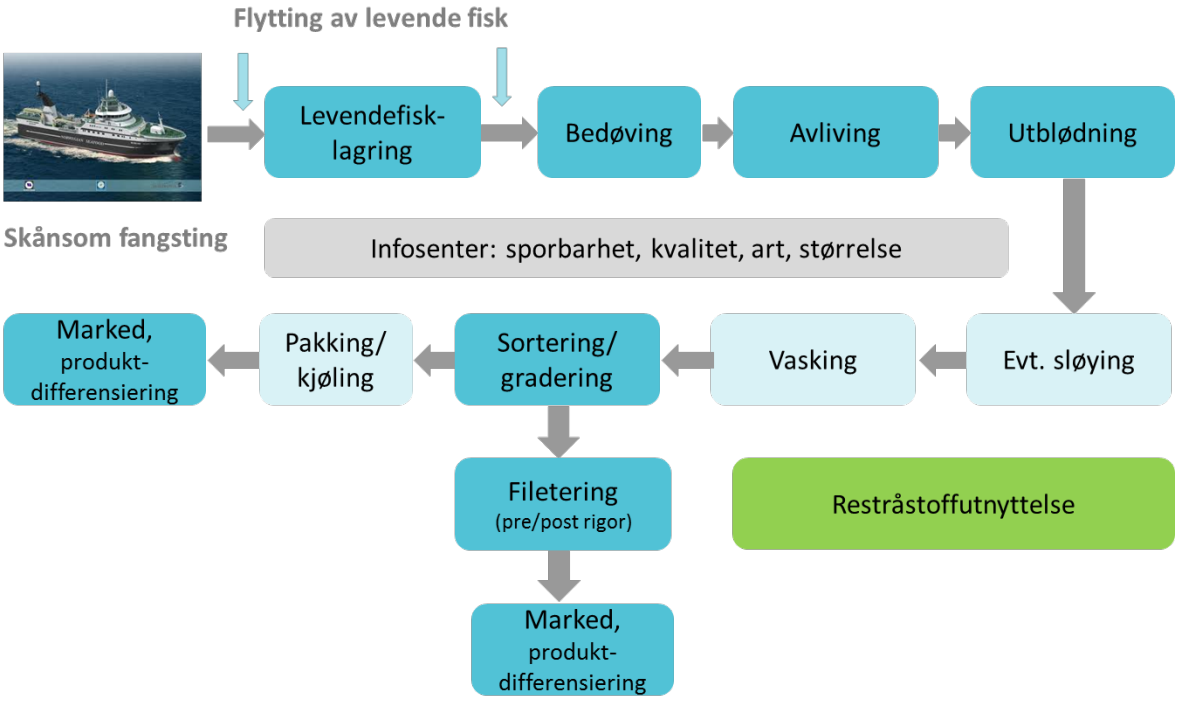
Figur 29. Verdikjeder ved produksjon av sløyd og hodekappet fisk vs. produksjon av fryst filet om bord. I den grå boksen skisseres foredling fra filet til konsumentprodukter.

Figur 29 viser et eksempel på verdikjeder ved produksjon av sløyd og hodekappet fisk vs. produksjon av fryst filet om bord. Det er gjennomført flere interessante forsøk på produksjon av konsumentprodukter av filet om bord, men dette krever imidlertid større plass, kompetanse og dels utvikling av ny og automatisert prosessteknologi. Det kan være betydelige potensialer for norsk fiskeindustri i å bruke sjøfryst filet til produksjon av konsumentprodukter. Spesielt gjelder dette produksjon av produkter basert på fryst filet som tines i butikk og presenteres som ferske "Frozen at Sea" produkter av høy kvalitet.

I Norge er en viktig målsetting å øke utnyttelsen av biprodukter/restråstoff fra fiskerinæringa. I et slikt perspektiv har ombordproduserende fartøyene et særlig komparativt fortrinn. Fartøyene kan basere biproduktprosesser på ferskt råstoff og sortere dette råstoffet der det "oppstår" og dermed produsere mel, marine oljer av høy kvalitet og konsumentprodukter.

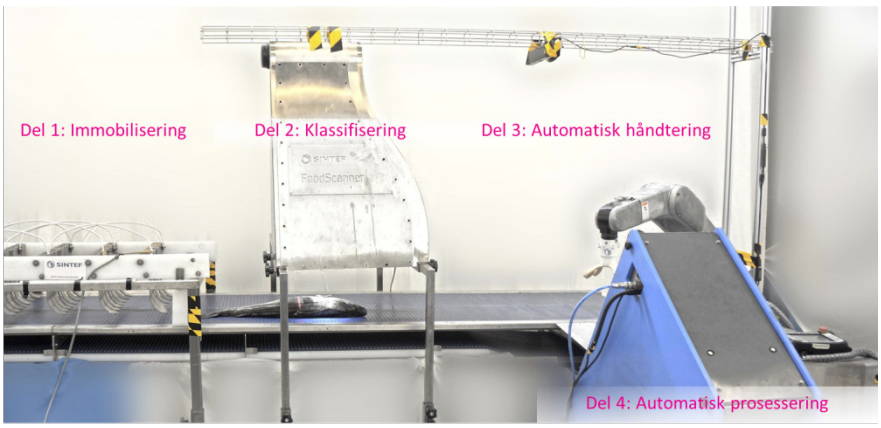
B.4.2 Automatisert prosesslinje ombord

I FHF prosjektet (No. 900930) *Implementering av teknologi for optimal kvalitet i fremtidens prosesslinje på trålere* "OPTIPRO" er det jobbet med fremtidens automatiserte prosesslinje ombord, vist i Figur 30. Denne inkluderer både HG-, filet- og restråstoffproduksjon. 3D tegninger og beskrivelse av fremtidens prosesslinje ombord er også detaljert beskrevet sluttrapporten (Olsen et al., 2014).



Figur 30. Fremtidens prosesslinje for ombordproduksjon (illustrasjon: SINTEF Fiskeri og havbruk).

I FHF-prosjektet *Automatisk fangstbehandling av hvitfisk på snurrevadfartøy* (No. 900526) er det under utvikling en automatisk slaktelinje ombord som inkluderer bedøving, automatisk bløgging og automatisk sortering på art og størrelse hvor bla. robotteknologi og maskinsyn er benyttet (se Figur 31). Denne slaktelinja muliggjør raskere blodtapping av fisk (fangsten bløgges levende), gir raskere bearbeiding (enkelte fartøy rapporterer om en økning av bløggekapasiteten på 30-40 %), bedre sortering, i tillegg gir det bedre HMS for mannskapet om bord fordi håndteringen av bedøvd fisk blir lettere og reduserer risiko for feilskjær og skader.



Figur 31. Automatisk slaktelinje ombord på fartøy; elektrobedøvelse (Stansaas #1), automatisk sortering (art og størrelse), flytting av fisk vha robotteknologi og automatisk bløgging (Foto: SINTEF Fiskeri og havbruk).

Når det gjelder utvikling og produksjon av mer konsumentvennlige produkter ombord vil det være et stort behov for utvikling av automatiserte løsninger. Her vil erfaringer og løsninger utviklet for annen næringsmiddel- og vareproduserende industri kunne overføres og tilpasses ombordproduksjon av sjømatprodukter. En global trend er i økende grad å knytte ulike tjenester til produkter. Madshus ski lanserer høsten 2014 RFID brikker i hver ski, som gjennom en leser og en mobilapplikasjon gjør valg av riktig ski enklere og samtidig gir kunden noe langt mer enn bare et nytt skipar. Ombordproduksjon av konsumentprodukter er også ganske "eksotisk" og vil kunne gi interessante muligheter for å knytte "tjenester" til disse produktene gjennom individuell merking, sporing og gjenkjenning.

For ombordproduksjon gjelder det samme prinsippet for fleksibilitet og automatisering som for øvrig sjømatforedling. Generelt vil det være fordelaktig med en mest mulig fleksibel produksjon, hvor omstilling til ulike produktvarianter (ut i fra egne føringer, fangstsammensetning og markedet) bør ta (svært) kort tid. I dag er det er det mye bufring av fisk og "halvfabrikata" underveis i filetproduksjon ombord. Hver fisk eller halvfabrikata blir også manuelt håndtert en rekke ganger. Alle batcher eller "køer" under produksjonen gir forsinkelse, effektivitetstap og potensielt kvalitetstap.

At fangst- og foredlingsleddet er integrert i samme enhet (fartøyet) medfører også at man ikke belaster miljøet hva gjelder frakt/transport av fisk mellom de ulike leddene i en gitt verdikjede. I forhold til miljøbelastninger hva gjelder fangst- og foredling, kan følgelig ombordproduksjon være en mer miljøvennlig tilpasning enn eksempelvis transport av råstoff fra fangstfeltene til landbasert foredling i Norge eller alternativt frakt av rundfrosset råstoff (HG) til Kina for prosessering. I et klimaperspektiv antas det at slike fordeler kan forsterkes i favør av ombordproduksjon.

B.5 Oppsummering

I del B har vi beskrevet motiver og behovet for teknologiutvikling både spesifikt for foredling av sjømat, men også som et ledd i fremtidig vareproduserende norsk industri med utgangspunkt i dagens rammebetingelser og fremtidige trender. Vi har identifisert rollen som forskning og utvikling har som et ledd i bærekraftig teknologiutvikling (se Figur 27). I rapporten har vi beskrevet dagens state-of-the-art og identifisert nødvendige fokusområder frem mot visjonen om ***fullautomatisert og bærekraftig fiskeforedlingsindustri*** med mattrygghet i fokus satt i et bioøkonomisk perspektiv. Ved å se mot annen masseproduserende industri er det rimelig å anta at fleksibilitet og mulighet for hurtig endring i produksjon samt markedstilpassing vil være en nøkkel til en robust industriell sjømatproduksjon. Det viktigste kjennetegnet ved en fremtidsrettet sjømatindustri vil da være at den er fleksibel og kan utnytte de muligheter og møte de utfordringene som dukker opp.

Oppsummert ser vi at man må:

1) **Identifisere forsknings- og teknologibehov** i foredlingsleddet i norsk sjømatindustri og detaljere dette i nasjonal skala.
2) **Utvikle teknologier** for automatisk foredling av fisk, både på land og om bord.
3) **Kanalisere de utviklede teknologier** inn i innovasjoner og kommersiell utnyttelse, gjennom innovasjonsprosjekter og produktutvikling hos utstyrsleverandører og foredlingsbedrifter.
4) **Formidle forskningen** slik at den kan påvirke andre industrier – utover sjømatindustrien.

Behovet for fremtidige teknologiske løsninger for nær fremtid (et 5års perspektiv) og i et fremtidig scenario (>10 år frem i tid) er beskrevet og bygger på tanken om en fremtidig fullautomatisert industri:

1) **Automatisering av enhetsoperasjoner** i en fabrikk eller om bord på en båt, hvor råstoff, arbeidsoppgaver og andre rammer er klart definert på forhånd (5 års perspektiv).

2) **Fullautomatisert adaptiv produksjon og selvlærende fabrikker/produksjonsanlegg** på land og om bord, som må håndtere store variasjoner i råstofftilgang og markedskrav **uten hjelp fra mennesker** (>10 års perspektiv)

De nødvendige fokusområder for teknologiutvikling er beskrevet i nok detalj til at rapporten kan være et utgangspunkt for spesifikke forskningssatsninger og – programmer.

De viktigste områdene som trekkes frem i denne delen som fremtidig teknologibehov og utviklingsbehov på ***kort sikt*** er listet i Tabell 4, Tabell 5 og Tabell 6.

Når det gjelder utviklingen som må foregå på ***lang sikt*** er den relevante forskningen i hovedsak fokusert på teknologiutvikling og grunnforskning innenfor utvalgte områder. Disse teknologiene for automatisk foredling – uavhengig av spesifikk anvendelse – kan deles inn i fem fokusområder (FO1-FO5), **FO1:** Foredlingsintelligens, **FO2:** Foredlingsrobotikk, **FO3:** Fleksibel foredling, **FO4:** Hygienisk design av foredlingsutstyr og foredlingsfabrikker, og **FO5:** Produksjonslogistikk. Disse er beskrevet i B.2.4).

Dersom Norge skal ha en foredlingsindustri i fremtiden må fiskeforedlingsanleggene fullautomatiseres, og teknologiutvikling og forskning innenfor dette feltet må bli en nasjonal satsning. Fullautomatisering av norsk fiskeforedling er en stor utfordring i forhold til andre bransjer som f.eks. vareproduserende industri eller deler av matindustrien pga biologiske variasjoner i råmaterialet. Imidlertid kan foredlingsindustrien gjøre seg nytte av den teknologien som er utviklet i andre typer industri innenfor feks. kunstig intelligens, robotikk, IKT-systemer og maskinvarekomponenter og teknologi. Denne utviklingen kan ikke drives alene av de største utstyrsleverandørene i verden (Marel, Baader). Utover å øke lønnsomheten, bærekraftigheten og mattryggheten i norsk fiskeforedlingsindustri, vil en slik nasjonal satsning og visjon kunne gjøre Norge til et globalt foregangsland innen flere forskningsfelt – eksempelvis kunstig intelligens, adaptiv robotikk, fleksibel produksjon og bærekraftig industri.

Konsekvensen av en norsk satsning vil også kunne få positive globale effekter i forhold til fiske- og matproduksjon internasjonalt. Dette er positivt i dagens globaliserte samfunn, og vil faktisk også kunne lønne seg. ***Norsk teknologi vil kunne bli en lønnsom eksportvare – på lik linje med foredlet norsk fisk.*** Norge har smarte hoder, gode universitet og høyskoler, samt en landsdekkende og modent forskningsinfrastruktur og utallige høyteknologibedrifter og utstyrsleverandører som har gitt oss en lønnsom olje- og offshoreindustri og ikke minst også viktige innovasjoner under perioden hvor internettet ble utviklet[13]. At norske hoder kan *produsere* høyteknologiske løsninger er det ikke tvil om. Norge er et privilegert land i så måte. Med en nasjonal satsning på visjonen om en fullautomatisert norsk fiskeforedlingsindustri, vil nye og eksisterende norske hoder kunne realisere høyteknologi også på dette området. Alle brikkene er dermed på plass, dersom Norge bidrar med følgende: *koordinert fokus og høy satsning.*

> *Norsk teknologi vil kunne bli en lønnsom eksportvare – på lik linje med foredlet norsk fisk.*

[13] *FAST Search and Transfer AS, som ble endel av Microsoft. Opera Software som nesten ble kjøpt opp av Apple, samt andre teknologier som f.eks. verdensledende GPU (graphical programming unit) teknologi fra Falanx Microsystems som ble kjøpt opp av ARM.*

DEL C) Lønnsomhetspotensial for fremtidig foredling i Norge

C.1 Kostnadsdrivere i norsk foredling i dag

C.1.1 Noen sentrale konkurransevilkår for norsk foredlingsindustri

Historisk sett har norsk fiskeindustri hatt et unikt konkurransefortrinn i form av nærheten til råstoff fra fiskefeltene utenfor Norge. Utover 1990-tallet forsvant dette konkurransefortrinnet i forbindelse med utviklingen av moderne fryse- og tineteknologi i kombinasjon med billigere transportkostnader. Denne utviklingen medførte at foredling av fisk kunne gjennomføres uavhengig av hvor og når fisken var fanget (Egeness 2013). I dag er Norge den største enkeltleverandøren av fisk til EU, med en markedsandel på 22 prosent. Innenfor hvitfisk, er Norge den fjerde største eksportøren til Europa, etter Island, Russland og Kina som er den største eksportøren av hvitfisk til Europa. Lave arbeidskraftkostnader og manuelt arbeid, har medført at kinesisk fiskeforedlingsindustri har kunnet foredle norsk fisk billigere enn det norsk fiskeindustri har hatt muligheten til (Xie et al. 2014). Noe av bakgrunnen for dette er åpenheten i det europeiske markedet for fryste og dobbeltfryste lavprisprodukter. Dette markedssegmentet har vært Kinas vei inn til det europeiske markedet. Som en respons på denne utviklingen flyttet norsk industri produksjonen bort fra fryste produkter over mot blant annet fersk filet. Dette var i en periode en suksess, men da dette markedet er lite og utsatt for konkurranse fra Island og Russland, er ikke lønnsomheten særlig god (Egeness, 2013).

Norsk økonomi har over tid gått godt og sammenlignet med andre omkringliggende land, har Norge både høy sysselsettingsgrad og gode velferdsordninger. Bakgrunnen for dette er i stor grad olje- og gassindustrien i Norge. Denne velferden har medført et høyt lønnsnivå og lønnskostnaden er den enkeltfaktoren som betyr mest for kostnadene i næringslivet generelt (NOU 2014:3). Ved sammenligning av våre lønnskostnader opp mot våre handelspartnere, har den årlig gjennomsnittlige veksten i arbeidskraftkostnadene i norsk næringsliv vært 2 prosentpoeng høyere enn våre handelspartnere. Dette influerer direkte på konkurranseevnen til norsk industri, sammenlignet med våre handelspartnere. I gjennomsnitt har denne svekket seg med 1,8 prosent per år over de siste ti år (NOU 2014:3). I følge NOU 2014:3 har eksempelvis Polen et lønnsnivå per arbeidet time som kun utgjør 13,5 prosent av kostnadsnivået i Norge. Sammenligner vi Norge med Danmark, er kostnaden per arbeidet time i Danmark kun 76,9 prosent av nivået i Norge (Tabell 10). Innenfor prosessering av norsk fisk er både Danmark og Polen store aktører. Spesielt Polen har slått seg opp som en stor nasjon for prosessering av norsk laks. Xie et al. (2014) venter også at Polen i årene framover skal øke sin andel av prosessering av norsk hvitfisk, og ta markedsandeler fra land som Kina. Vietnam er allerede en stor produsent av pangasius og vil kunne overta rollen som lavpris produsent av fryste produkter til markedene i verden.

Hovedeksportøren av torsk til Kina er Russland. Import fra Russland står for 76 prosent av all torsk, mens Norge kun står for 7 prosent. Totalt importerte Kina i overkant av 2,5 millioner tonn fisk i 2011 hvorav hvitfisk stod for tilnærmet 1,4 millioner tonn. Norsk eksport av hvitfisk til Kina utgjorde i 2011 totalt tilnærmet 70 000 tonn. Den kinesiske fiskeindustrien er bygd opp med basis i lave arbeidskraftkostnader og minimale investeringer i maskiner og annet prosessutstyr..

De lave arbeidskraftkostnadene har vært en av bakgrunnene for Kinas suksess som industriland, men i en rapport utarbeidet av Xie et al (2014) vises det til at de kinesiske bedriftene nå opplever stadig økende lønnskostnader, på omlag 20 prosent per år. Xie *et al.* (2014) konkluderer blant annet derfor at den kinesiske hvitfisk-prosesseringsindustrien står ovenfor store utfordringer de neste årene. En høy grad av effektivitet og fleksibilitet kan til en viss grad kompensere for dette, men Xie et al (2014) rapporterer at land som Polen og Vietnam vil kunne konkurrere med Kina på lengre sikt. Kinas utfordringer er også omtalt av Egeness (2013) som viser til at fryste fileter fra Norge oppnår en pris-premie, kontra torskefileter produsert i Kina, på i overkant av 10 kroner kilo i gjennomsnitt for perioden 1999-2011. Med tilnærmet 16 kroner som høyeste premium og 8 kroner som laveste premium. Xie *et al.* (2014) har estimert produksjonskostnaden for fryst torskefilet i Norge til tilnærmet 36 kr, mens den er estimert til ca. 27 kroner i Kina. Marginene for kinesisk hvitfiskindustri og norsk hvitfisk industri kan derfor antas å være tilnærmet like. Dersom lønnskostnadene til

kinesisk hvitfiskindustri fortsetter å øke, må de også gjennom en effektivisering for ikke å miste lønnsomheten.

Norsk fiskeindustri over tid hatt lav lønnsomhet og eksempelvis har filetindustrien samlet, kun hatt positivt resultat to av de siste 12 årene. Svekkelsen av konkurranseevnen i form av økte kostnader, rammer derfor den norske fiskeindustrien hardt. Fordelen til Polen og Danmark, kontra Kina, er nærheten til Norge. Ved rask transport er det ikke behov for frysing av fisken før prosessering, noe som hever kvaliteten betydelig ift dobbeltfryste produkter fra Kina. Begge disse landene kan derfor i større grad enn Kina, konkurrere med Norge om produkter til høyt betalende krevende markedssegmenter. Med bakgrunn i blant annet Norges høye lønnsnivå vil trolig ikke den norske fiskeindustrien kunne konkurrere med utenlandsk produksjon, med mindre en klarer å differensiere produktene på kvalitet, økt utbytte eller andre attributter.

Tabell 10. Oversikt over lønnskostnader for Norge, Danmark, Storbritannia, Spania og Polen.

	Gjennomsnittlig lønnskostnader pr. arbeidet time	Arbeidet tid	Ikke-arbeidet tid	Arbeidet og ikke-arbeidet	Andre sosiale kostnader	Totalt
	kr/t	%	%	%	%	%
Norge	363	65,5	17,4	82,9	17,1	100
Danmark	289	75,8	14,6	90,4	9,6	100
Storbritannia	172	71,4	13,2	84,6	15,4	100
Spania	159	55	19,6	74,6	25,4	100
Polen	49	60,6	25,3	85,9	14,1	100

På "standardprodukter" vil en trolig være avhengig av å redusere lønnskostnadene knyttet til produksjonen og å øke det økonomiske utbyttet fra råstoffet. I følge Marel ligger i dag den norske fiskeindustrien "to generasjoner" bak den islandske i bruken av nytt og automatisert utstyr (Gunnarsson, foredrag Marel). For filetproduksjon fra laks i Norge er situasjonen noe bedre, og en har kommet lengre innen automatisering av filetproduksjonen, sammenlignet med hvitfisk, noe som har medført et redusert bemanningsbehovet i noe grad. Sammenligning av laksefiletproduksjon med annen type industriell matproduksjon som for eksempel kylling og svin, viser at det er muligheter for å strekke seg lengre innen automatisering og spesielt innen robotisering av produksjonen. Oppdrett av fisk og husdyr har en fordel med å være innenfor en relativt lik størrelsesfordeling, til forskjell fra villfisk. For prosessering av villfisk består ofte leverte fangster av et større spekter av størrelser. Ved automatisering av villfiskprosessering er en derfor i enda større grad avhengig av sorteringsteknologi i forkant av prosesseringen, eller fleksibelt prosesseringsutstyr som er tilnærmet uavhengig av fiskens størrelse og art ved prosessering.

En av fordelene norsk industri har, er lave energikostnader, sammenlignet med våre handelspartnere (se tabell 11). I følge NOU 2014:3 har Norge for perioden 2003-2012 en gjennomsnittlig strømpris som kun er 41 % av strømprisen våre handelspartnere må betale.

Tabell 11. Gjennomsnittlig strømpris for Norge sammenlignet med våre handelspartnere.

	Gj.snitt 2003–2012	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Norge	26,6	19,2	20,3	21,6	25,1	25,1	29,1	29,4	32,3	33,9	30,6
Handelspartnerne	64,3	51,0	51,5	52,9	61,5	62,9	72,1	75,4	72,2	73,2	72,9
Relative elektrisitetspriser, prosent	41,3	37,6	39,4	40,8	40,8	39,9	40,4	39,0	44,7	46,3	42,0

Dette kostnadsfortrinnet vil være en fordel dersom prosesseringen av fisk helautomatiseres. I og med at Norge har lavere energikostnad enn våre handelspartnere, vil vi dermed få et fortrinn innen kostnadsledelse dersom bemanningsbehovet blir lavt nok.

I norsk industri generelt har det vært sterk fokus på automatisering og rasjonalisering ved hjelp av teknologi og grunnet gjennomgående høyere lønnskostnader enn våre konkurrentland. Et "Norsk" særtrekk, i iallfall i forhold til asiatiske land, er at det i den enkelte bedrift er relativt små forskjeller i status, prestisje og lønnsnivå, med en bedriftskultur preget av involvering og medvirkning. I tillegg er det etablerte prosedyrer for å håndtere uenighet mellom ansatte og ledelse, veldig lavt streikenivå og lang tradisjon for konstruktiv forhandling mellom partene i arbeidslivet. En bedriftskultur preget av involvering, verdiskapningsforståelse, sammen med relativt lavt behov for styring "ovenfra" gir gode forutsetninger for innovasjon i norsk fiskeindustri.

For den norske fiskeindustrien utgjør vareforbruk den største andelen av driftskostnadene, med størrelsesorden 60-80 prosent, avhengig av hvilken sektor av fiskeindustrien en undersøker (FHL 2013). Da Norge har fortrinn med nærhet til fiskefeltene vil råstoffkostnadene være lavere i Norge, sammenlignet med land som kjøper norsk fisk for videreforedling. Dette grunnet økte fraktkostnader for land som importerer norsk råstoff. Det må bemerkes at en del av denne økte kostnaden vil kunne tas igjen som følger av lavere kostnader for frakt av sluttprodukt ut til markedene. Settes råvarekostnaden til en gitt fast kostnad, vil de andre variablene være førende for hvor produksjon av fisk skal skje. I følge FHL (2013) utgjør lønnskostnadene størrelsesorden 10-18 prosent av totale driftskostnader.

Island har til dels de samme naturgitte fortrinnene som Norge, med nærhet til fiskefeltene og benyttes i mange tilfeller derfor som sammenligningsgrunnlag for den norske fiskeindustrien. Det er her derimot viktig å ta med i sammenligningen at Island ikke har hatt samme utvikling i landets velferds- og kostnadsnivå over de siste 30 år som Norge. På Island er fiskeri en av nøkkelindustriene og det har vært satset hardt for å beholde foredlingen av fisk nasjonalt. Likevel kan Norge lære en del av utviklingen som har skjedd på Island.

Gjennom intervjuer av ulike aktører innen norsk fiskeforedling er utviklingen presentert av blant annet Egeness (2013) og Xie et al (2014) bekreftet. Konkurranse direkte med lavprisprodukter fra eksempelvis

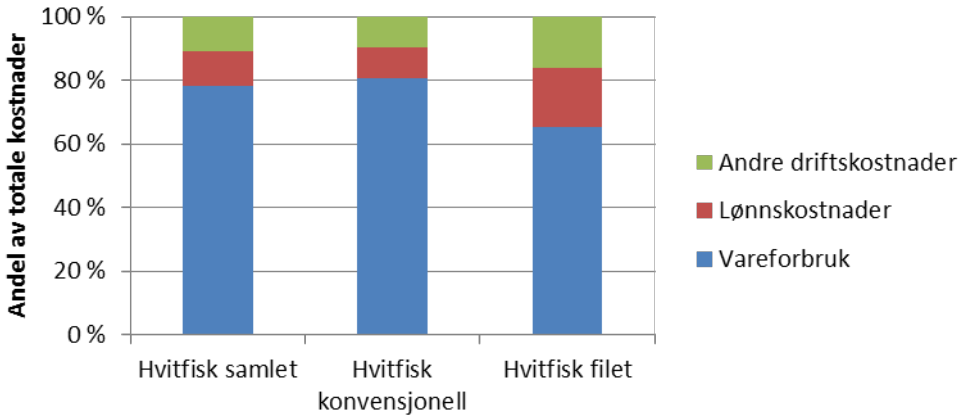
Kina er ikke mulig og tilbakemeldingene er at filetproduksjon av dobbeltfryst råstoff gir for dårlig kvalitet til at det er lønnsomt i Norge. Videre er tilbakemeldingen at behovet for ny teknologi, som øker utbyttet og kvaliteten på sluttproduktet, samt reduserer behovet for bemanning, stort. Norsk lønnsnivå er for høyt, og med dagens bemanningsbehov blir dermed kostnadene for høye, sammenlignet med utlandet.

Olsen (2011) undersøkte blant annet lønnsomheten i norsk pelagisk konsumindustri, opp mot utenlandske aktører i Danmark og Storbritannia. I denne analysen kom en fram til at lønnsomheten hos de utenlandske anleggene var lavere enn snittet for Norge. Det må bemerkes at utvalget kun var 4 utenlandske selskaper. Totalt for de norske anleggene i analysen står vareforbruk for hele 75 prosent av kostnadene. Lønn inngår kun som en del av de totale variable kostnadene i analysen, og disse står samlet for 10-15 prosent. Av de variable kostnader estimert til 96 kr per tonn råvare, står lønn for kun 26 prosent. Analysen viser videre at lønnsomheten til sektoren avhenger av kapasitetsutnyttelsen, noe som bekrefter skalafordeler for pelagisk konsumindustri (Olsen 2011).

Winther et al. (2011) har sett på potensialet for økt verdiskaping i lakse- og ørretsoppdrettsnæringen. En av utfordringene for økt videreforedling av rødfisk i Norge påpekt i denne analysen, var den høye lønnsomheten ved salg av hel fisk. Analysen viste at det i 2010 ikke var mulig å oppnå lønnsomhet ved produksjon av filet, da prisene for salg av fersk filet var for lave, kontra prisene på hel fersk fisk. Derimot ville et prisnivå tilsvarende 2007 gi en lønnsom videreforedlingsindustri. Sett over perioden 2006-2009 oppnådde aktører med integrert foredling 47 prosent høyere driftsmargin per kilo slaktet laks, enn oppdrettere uten integrert foredlingsaktivitet (Winther et al. 2011).

C.1.2 Nærmere om lønn- og produksjonskostnader i Norge.

I den norske hvitfiskindustrien utgjør vareforbruk, som inkluderer råstoffkostnadene, den største andelen av driftskostnadene, med størrelsesorden 66 % for hvitfisk filet, og 78 % for konvensjonell, vist i Figur 32 og Tabell 12 (Bendiksen, 2013). Lønnskostnadene var dobbelt så store for filetindustrien (18%) sammenlignet med konvensjonell sektor (9%), mens andre driftskostnader utgjorde hhv. 16 og 9,4% for filet og konvensjonell.



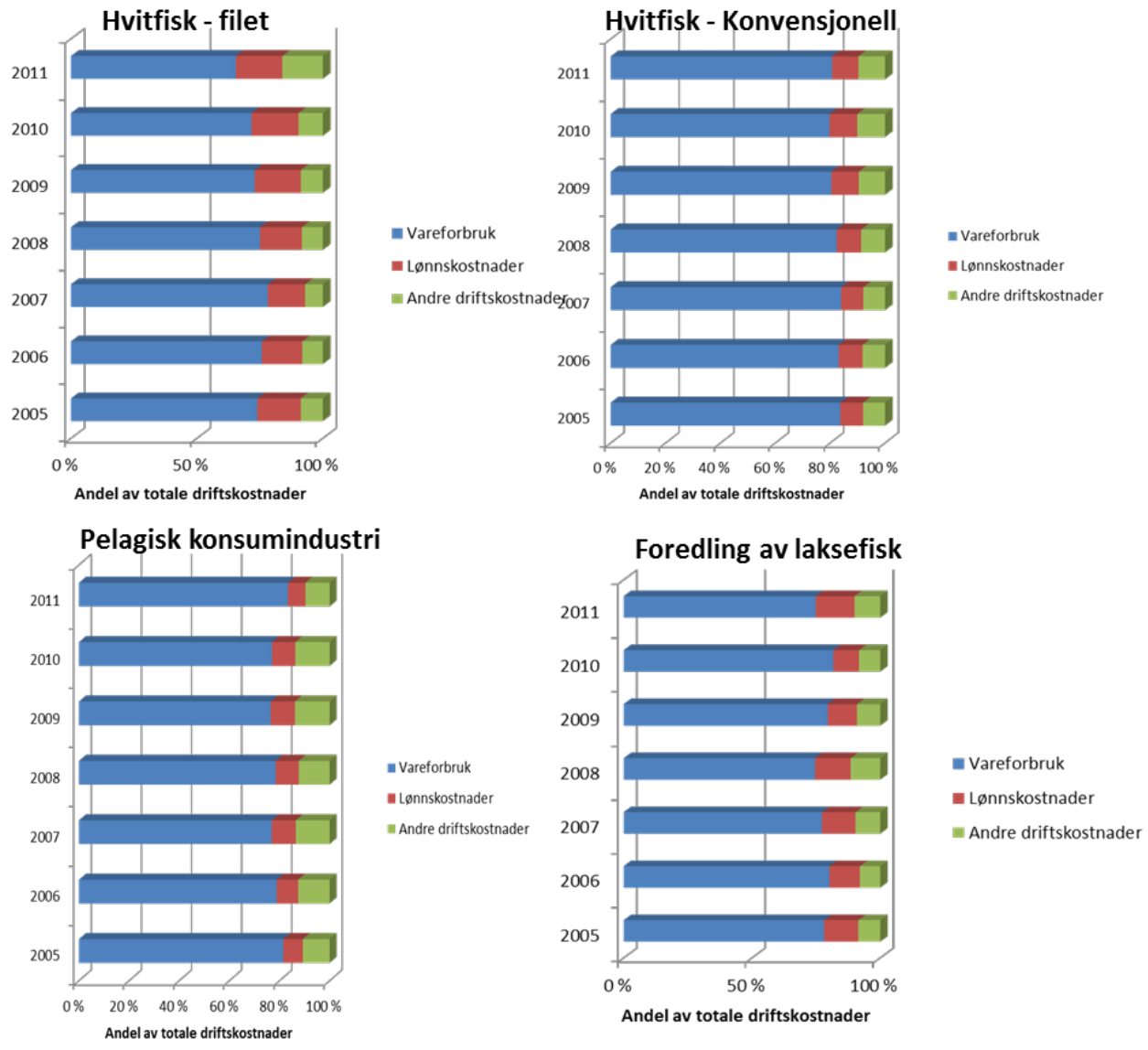
Figur 32. Oversikt over fordeling av de totale variable kostnadene for hvitfisk i 2011 (Bendiksen, 2013).

Tabell 12. Kostnader i % av omsetning for hvitfisk konvensjonell, hvitfisk filet og samlet for hele hvitfisksektoren (Bendiksen, 2013).

	Hvitfisk samlet	Hvitfisk konvensjonell	Hvitfisk filet
Vareforbruk	76,19 %	77,74 %	65,51 %
Lønnskostnader	10,56 %	9,22 %	18,47 %
Andre driftskostnader	10,52 %	9,41 %	16,06 %

Nilssen et al. (2014) har analysert hvilken råstoffstrategi som er mest lønnsom for norske hvitfisk filetbedrifter, og fant at hvitfiskfiletindustrien som har den høyeste andelen ferskt kvalitetsråstoff, oppnår bedre lønnsomhet i forhold til de som bruker mer frossen fisk. Det er også slik at de bedriftene som presterer best i mindre grad mottar råstoff fra torsketrålere enn de øvrige. Det ferske råstoffet av høy kvalitet kommer i stor grad fra kystfiskefartøy med krokredskaper (line og juksa).

Oversikt over fordeling av de totale variable kostnadene for hvitfisk filet, konvensjonell, pelagisk konsumindustri og foredling av laks fra 2005-2011 er vist i Figur 33. Beregningene er gjort med bakgrunn i driftsundersøkelsen i fiskeindustrien for driftsåret 2011 (Bendiksen, 2013). Råstoffkostnader er den tyngste kostnadskomponenten i fiskeforedling i Norge for alle de ulike verdikjedene, men varierer fra 65% hvitfisk filet, 71% foredling laksefisk, 78% hvitfisk konvensjonell til 80% pelagisk konsum. Lønnskostnadene er høyest i hvitfisksektoren (filet, 18,5%) og foredling av laks (14,4%), mens lønnskostnadene i konvensjonell sektor og pelagisk konsumindustri ligger på hhv 9,2 % og 6,7%. I pelagisk konsumindustri er det allerede innført automatisering og effektivisering, som har bidratt til at kvantum produsert per ansatt er fordoblet siden 1995 (Henriksen og Bendiksen, 2008).



Figur 33. Oversikt over fordeling av de totale variable kostnadene for hvitfisk filet, konvensjonell, pelagisk konsumindustri og foredling av laks fra 2005-2011 (Bendiksen, 2013).

C.2 Lønnsomhetspotensial ved økt automatisering

Det er utført en analyse av hvordan økt automatisering og teknologisk utvikling kan påvirke lønnsomheten i foredlingsindustrien. For nærmere beskrivelse av teknologistatus og fremtidig teknologiutvikling se Tabell 4, Tabell 5 og Tabell 6 i del B. I analysen er hvitfisk brukt som eksempel, da potensialet for å redusere lønnskostnadene er størst for denne verdikjeden (se Figur 33). Beregningene baserer seg på nøkkeltall fra den årlige driftsundersøkelsen utført av Nofima (Bendiksen, 2013, se vedlegg), samt bedriftsinterne regnskap (disse kan ikke offentliggjøres). Forutsetningene som er lagt til grunn er diskuterte med bedriftene for mest mulig realisme i beregningene.

Forutsetningene for beregningene er gjort ut fra 3 nivåer:

- Dagens: Standard teknologi som benyttes i dagens filetindustri
- Med tilgjengelig teknologi: Den nyeste tilgjengelige teknologien som finnes på markedet i 2015
- Fremtidige muligheter: Fremtidens teknologi med fleksible automatiserte løsninger tilpasset varierende råstoff (type og tilgang) og marked (type produkt og etterspørsel)

Dagens:

- Basert på dagens drift og produktsammensetning

Med tilgjengelig teknologi (0-4 år):

- Endringer basert på muligheter innenfor dagens tilgjengelige teknologi.
  - Redusert bemanningsbehov manuelle operasjoner i foredling (kutting reinskjæring) -35%
  - Redusert bemanningsbehov annet (flytting av råstoff og halvfabrikata, truckkjøring): -20 %
  - Økt bytte stor fisk: +1%
  - Økt utbytte liten fisk: +1 %
  - Redusert mengde mindre betalte produkter (for eksempel bits and pieces) : -0,8%
  - Redusert andel dårlig betalte produkter (for eksempel farseprodukter): -1%
  - Økt andel bedre betalte produkter (for eksempel loins): +1 til 2 %

Framtidige muligheter (>10 år):

- Endringer basert på mulig teknologi i framtiden
  - Redusert bemanningsbehov manuelle operasjoner i foredling (kutting reinskjæring) -50%
  - Redusert bemanningsbehov annet (flytting av råstoff og halvfabrikata, truckkjøring/mottak): -20 %
  - Økt utbytte stor fisk: +2%
  - Økt utbytte liten fisk: +2%
  - Redusert mengde mindre betalte produkter (for eksempel bits and pieces) : - 4%
  - Redusert andel dårlig betalte produkter (for eksempel farseprodukter): -5 %
  - Økt andel bedre betalte produkter (for eksempel loins): + 5%

Dersom foredlingsanleggene for hvitfisk i Norge hadde oppgradert til dagens nyeste tilgjengelige teknologiske løsninger, antar man en sannsynlig reduksjon av lønnskostnader i størrelsesorden 3-5%, se Tabell ***13*** og Figur 34. I tillegg vil økt automatisering gi en mulig inntektsøkning i form av:

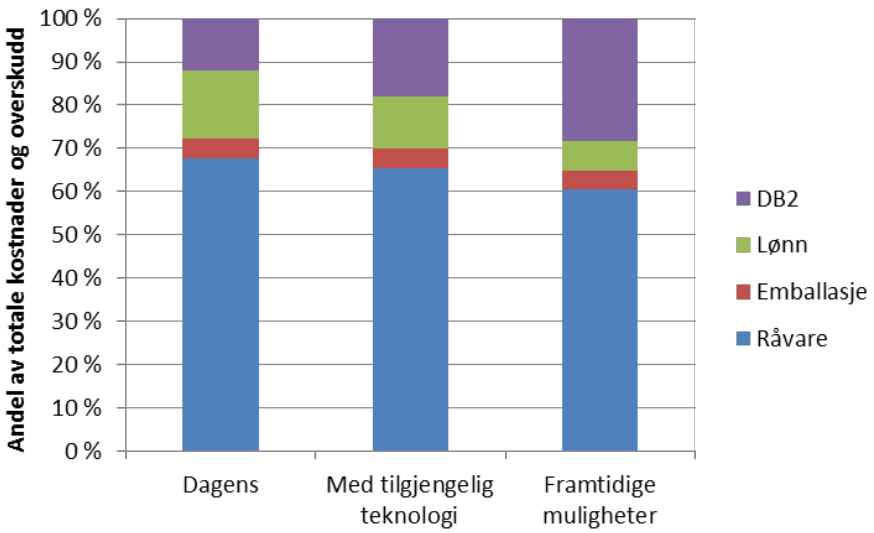
- ✓ Kvalitetsforbedring (reduksjon av fall, kjøling, kvalitetsdifferensiering, forbedret fangstbehandling etc) og redusert nedklassing av varer
- ✓ Utbytteøkning i filetproduksjon med 1-2%
- ✓ Økning i andel av produkter til bedre betalte produkter (loins + 5%)
- ✓ Økning i biproduktutnyttelse (med bedre logistikkløsninger internt på foredlingsanlegget og teknologi for transport av høykvalitets restråstoff til biomarin industri)

- ✓ Effektivitet i innkjøpt råstoff

Dersom man ser forbi dette (>10 år) kan man se en enda større reduksjon i kostnader knyttet til foredlingsleddet. Her snakker vi om en ytterligere reduksjon av lønnskostnadene til halvparten av dagens nivå (Tabell 13 og Figur 34). Det finnes forskning og teknologi under utvikling som i løpet av 5 år ville kunne implementeres i ferdige teknologiske løsninger og utstyr. Hovedteknologiene som er under utvikling, og som vil muliggjøre et økt filetutbytte, økt utnyttelse av restråstoff til høyverdige produkter og en betydelig reduksjon i behovet for og kostnadene til manuell arbeidskraft er:

1. 3D maskinsyn for nøyaktig sortering, gradering og bearbeiding av hel fisk og filet.
2. Adaptiv robotikk for singulering og bearbeiding av produkter.
3. Helhetlig design og kommunikasjon mellom teknologiske utstyr for selvoptimaliserende produksjon.

Disse teknologiene er beskrevet i rapportens del B.



Figur 34. Fordeling av variable kostnader i norsk fiskeindustri (hvitfisk filet) i dag, med tilgjengelig teknologi (om 5 år) og med fremtidens teknologi (> 10 år).

Tabell 13. Kostnader i prosent av omsetning for hvitfisk filet ved dagens teknologi, med den nyeste tilgjengelige teknologien og ved fremtidig teknologi.

	Dagens	Med tilgjengelig teknologi	Framtidige muligheter
Råvare	68 %	65 %	60 %
Emballasje	5 %	5 %	4 %
Lønn	16 %	12 %	7 %
DB2	12 %	18 %	28 %

Kommentarer til beregningsgrunnlaget:
Ny teknologi vil redusere bemanningsbehovet, men kreve annen type kompetanse. Eksempelvis vil kompetanse innen automasjon og prosesstyring bli viktig i framtiden. Selv om totalt antall ansatte vil reduseres, vil ikke lønnskostnadene reduseres tilsvarende, da høyere kompetanse hos ansatte krever høyere lønn per ansatt.

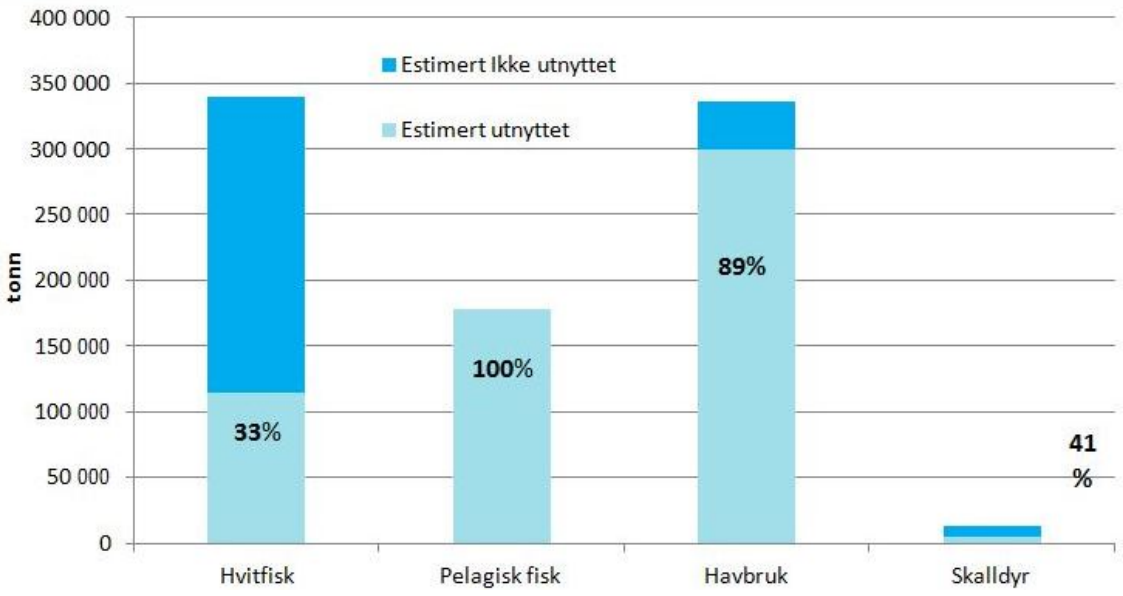
De viktigste mulighetene med ny teknologi er potensialet for kvalitets- og produktforbedringer, samt en økning i utbytte av primærprodukt og økt kapasitet (økt volum per tidsenhet). Herunder økt kvalitet fra flåteleddet, reduksjon/fjerning av skader på råstoff og produkter under transport, økt utbytte og økt andel bedre betalte produkter. I tillegg vil produktene som helhet holde en høyere kvalitet, og dermed kunne oppnå en høyere pris i markedet. Dette forutsetter en helhetlig kvalitetstanke, fra fangst til sluttbruker, som ikke er utbredt i nevneverdig grad i dag.

Selv om fiskeindustrien vil kunne øke lønnsomheten er det usikkert om de vil sitte igjen med hele den økte marginen. Økte marginer som følger av produkt og prosessforbedringer fordeler seg som regel på både leverandør og kunde. Fokuset for årene framover bør være på kvalitet, utbytte, utnyttelsesgrad, produktutvikling og markedsarbeid, gjennom økt automatisering og teknologiutvikling. På tross av forventede positive økonomiske effekter er det også viktig å poengtere at en økt satsning på automatisering og teknologiutvikling krever større investeringskostnader.

C.3 Lønnsomhetspotensial for utnyttelse av marint restråstoff

C.3.1 Verdiskapingspotensial

Restråstoff gir i dag betydelig verdiskaping i fiskeri- og havbruksnæringen, og mange bedrifter har økt fokus på (økt)restråstoffutnyttelse. Det meste av restråstoffet utnyttes i dag av norsk marin ingrediensindustri hvor det i hovedsak produseres ulike proteinprodukter og olje. Mesteparten anvendes som fôringredienser og bare 9% av volumet går til konsum- og sjømatprodukter (Olafsen *et al.*, 2014). Marin ingrediensindustri representerer en årlig omsetning på ca. 8 mrd. NOK. Ca. 1/3 av dette er basert på norsk restråstoff fra sjømatnæringen (Richardsen 2012, FHF-prosjekt 900837). Det er likevel et stort potensial i å øke utnyttelsesgraden av restråstoff, spesielt gjelder dette *hvitfisksektoren* hvor det meste av restråstoffet i dag blir dumpet til havs. Figur 35 nedenfor gir en oversikt over utnyttelsesgraden av restråstoff fordelt på sektor for 2013.



Figur 35. Oversikt over utnyttelsesgraden av restråstoff fordelt på sektor for 2013 (Olavsen et al. 2014).

Som vist i figuren ligger det desidert største potensialet for utnyttelse av restråstoffvolum i hvitfisksektoren, mens potensialet for økt verdiskapning fra pelagisk-, laks-, og skalldyrsektoren ligger i økt lønnsomhet i prosesseringen av restråstoff og høyere andel produktet til humant konsum. Verdikjedene for marint restråstoff for havbrukssektoren og fiskerisektoren er illustrert i vedlegg.

I *hvitfisksektoren* ble 230.000 tonn restråstoff dumpet i 2013 og den største andelen kommer fra trålflåten som sløyer, hodekapper (HG) og fryser fisk ombord. Ved produksjon av HG fisk ombord utgjør restråstoffet rundt 30% av rundvekt, mens produksjon av filet om bord gir over 60% restråstoff av rundvekt. I havfiskeflåten er det to eldre fartøy med melfabrikk (med filetlinjer), samt fire nye fartøy levert i 2013 som har melfabrikk basert på restråstoff fra HG produksjon. For fartøy med filetlinjer om bord er prosessering av restråstoff avgjørende for lønnsom drift, mens bare et fåtall av de fiskefartøyene som har HG produksjon finner lønnsomhet i industrielt å ta vare på restråstoffet. I kystfiskeriene, spesielt i torskefisket, leveres fisken ofte bløgget og rund til landanleggene. I forbindelse med sløying og prosessering i fiskeindustrien blir biproduktene (i hovedsak hoder, lever og rogn) tatt vare på, prosessert og solgt.

I prosjektet "Fryst hvitfisk restråstoff: Fra havfiskeflåten til marine ingredienser" (FHF prosjekt nr 900858) gis en grundig analyse av kostnadene med å fryse inn og levere samfengt restråstoff fra havfiskeflåten i fryst tilstand. Rapporten anslår at kostnadene for innfrysning ligger på NOK 3-3,50 pr.kg og at prisen for restråstoff må betales med minst 4 til 5 kroner per kg for at det skal bli lønnsomt. Det ble også gjennomført prosesseringsforsøk på land av det fryste samfengte restråstoffet hvor selve tiningen var en stor utfordring samt at selve produksjonen av samfengt råstoff var problematisk og lite kommersielt interessant. Det er også gjennomført et forprosjekt på ensilasjeproduksjon av restråstoff om bord i havfiskeflåten (Rindahl *et al.*, 2013). Prosjektet påviste et mulig potensial for å drive lønnsom ensilering av biprodukter om bord i den havgående hvitfiskflåten, men at de største usikkerhetsfaktorene er; plass til lagringstanker om bord i forhold til regelverk for størrelse på fiskefartøy og bunnfelling av beinrester. Et annet moment som må påpekes er at det i dag er svært få kjøpere av fiskeensilasje og at prisen er relativt lav (estimert salgspris på 1,5 kr/kg).

Filetering av fisk om bord gir et initiativ til å ta vare på restråstoffet, men melfabrikkene som er installert om bord, er basert på gammel teknologi hvor mye av proteinet går tapt (anslagsvis 30%) i limvannet. I patentet; Jansson *et al.* (2011) er det beskrevet en prosess basert på hydrolyse av marint råstoff, i dette tilfellet antarktisk krill, som i dag er i bruk for prosessering av krill om bord i fartøyet "Juvel" eid av Emerald Fisheries. I denne prosessen utnyttes alt råstoffet som kommer om bord.

*Mesteparten av det marine restråstoffet som i dag utnyttes prosesseres til fôringredienser og bare **9% av volumet går til konsum- og sjømatprodukter** (Olafsen et al., 2014). Fôrmarkedet kan kun betale i forhold til verdensmarkedsprisen på protein og fett, og dette har begrenset pris- og inntektspotensialet for prosessering av marint restråstoff og spesielt for ensilasjeproduksjon.*

Den mest nærliggende løsningen for redusert dumping og økt verdiskaping av marint restråstoff fra *hvitfisksektoren* er å utvikle teknologi for automatisk fraksjonering av restråstoffet hvor det oppstår, samt å utvikle kompakt og automatisert prosessteknologi for produksjon av mer høyverdige produkter (bedre betalt enn ensilasje og presskakemel) og halvfabrikata som: kaldpresset tran (av lever), proteinkonsentrater og beinmel. Grimsmo og Jansson (2005) gjennomførte et prosjekt hvor de evaluerte kostnader, råstoffbehov, design og drift av et kompaktanlegg for prosessering av marine biprodukter.

I *pelagisk sektor* leveres fangsten rund og fersk til landanleggene. Restråstoffet går i all hovedsak til mel og oljeproduksjon eller til ensilasjeproduksjon med velkjent teknologi og gir en brukbar lønnsomhet. Det er imidlertid gjennomført flere forsøk med alternativ prosessteknologi for pelagisk restråstoff som har vist at en gjennom og samtidig utnytte ferskheten i restråstoffet, får interessante produkter for humant konsum og helsekost. Østvik *et al.* 2008 viser en økonomisk sammenlikning av alternative prosessteknologier. Pelagisk restråstoff har et stort potensiale som omega-3 kilde og proteiner til humant konsum, og har sammenlignet med søramerikansk råstoff flere fordeler; råstoffet kan prosesseres kort tid etter filetering og bruk av lokalt råstoff vil samtidig føre til reduserte kostnader til transport og lagring. Det vil også være mulig å få til en bedre kobling mellom aktørene i verdikjeden og lage produkter som er sporbare fra fangst til ferdig produkt (Grimsmo *et al.* 2009, Carvajal *et al.*, 2014; Carvajal *et al.*, in press; Slizyte *et al.*, 2014).

For *havbrukssektoren* utnyttes i dag så og si alt restråstoff og produksjonen foregår enten via datterselskaper til oppdrett- og slakterivirksomheter eller av uavhengige bedrifter som kjøper restråstoffet. Lønnsomheten i produksjonen basert på restråstoff fra havbruksnæringen har vært økende. Tradisjonelt har slikt restråstoff,

som ikke pakkes og fryses til konsumanvendelse (som buker, bits & pieces, og i til en viss grad rygger), gått til ensilasjeproduksjon. Ensileringen foregår ute på det enkelte anlegg der biproduktene oppstår og utstyret som trengs er kvern, syredoseringsutstyr og lagertank med omrøring. Ensilasjekonsentrat brukes både i kraftfôrindustrien og i fiskefôrindustrien hvor ensilasjekonsentrat blandes inn i tørrfôr.

Dette har ført til at havbrukssektoren i økende grad har gått over til å selge ferskt (sortert) restråstoff til mel- og oljeprodusenter til bedrifter som hydrolyserer, fraksjonerer og prosesserer de ulike fraksjonene etter hydrolyse. Det som hittil har drevet lønnsomheten i denne (nye) marine ingrediensindustrien er salg av fiskeolje delvis til humant konsum, mens protein- og beinfraksjoner i hovedsak fortsatt går til fôranvendelse. Det er også gjennomført FoU prosjekter som har sett på utnyttelsen av ryggbein av laks fra filetproduksjon til farseprodukter (Østvik *et al.* 2005, Østvik og Grimsmo, 2010) prosessering av laksehoder til konsum (Østvik og Grimsmo, 2006).

C.4 Oppsummering

I Del C har vi gitt en beskrivelse av kostnadsnivået i Norge sammenlignet mot andre lands foredlingsindustri, samt sett på lønnsomhetspotensialet ved innføring av økt automatisering i foredlingsindustrien.

Kort oppsummert er hovedfunnene:

- Norsk fiskeindustri har over tid hatt lav lønnsomhet, og svekkelsen av konkurranseevnen i form av økte kostnader, rammer derfor den norske fiskeindustrien hardt.

- Norges lave energikostnader, sammenlignet med våre handelspartnere, vil være en fordel dersom prosesseringen av fisk helautomatiseres

- For den norske fiskeindustrien utgjør vareforbruk den største andelen av driftskostnadene, med størrelsesorden 60-80 prosent.

- Ved innføring av økt automatisering og teknologiutvikling har vi estimert en økning av dekningsbidraget fra dagens 12% til 28%.

- Ny teknologi vil redusere bemanningsbehovet, men kreve annen type kompetanse. Eksempelvis vil kompetanse innen automasjon og prosesstyring bli viktig i framtiden. Selv om totalt antall ansatte vil reduseres, vil ikke lønnskostnadene reduseres tilsvarende, da høyere kompetanse hos ansatte krever høyere lønn per ansatt.

- De viktigste mulighetene med ny teknologi er potensialet for kvalitets- og produktforbedringer, økt kapasitet (økt volum per tidsenhet), økt utbytte og økt andel bedre betalte produkter. Produktene som helhet vil holde en høyere kvalitet, og dermed kunne oppnå en høyere pris i markedet. Dette forutsetter en helhetlig kvalitetstanke, fra fangst til sluttbruker.

- Det meste av restråstoffet fra oppdrettet fisk og pelagisk utnyttes i dag og anvendes hovedsakelig til fôringredienser, mens kun 9% av volumet går til konsum- og sjømatprodukter.

- Det er et stort potensial i å øke utnyttelsesgraden av restråstoff fra *hvitfisksektoren* hvor det meste av restråstoffet i dag blir dumpet til havs.

Referanser

Afseth, N.K., Bloomfield, M., Wold, J.P., Matousek, P. (2014). Novel Approach for Subsurface Through-Skin Analysis of Salmon Using Spatially Offset Raman Spectroscopy (SORS). Appl. Spectrosc. 68(2).

Akse, L., Joensen, S., & Tobiassen, T. (2014). Fra fremdriftsrapport – Kvalitetsstatus råstoff torsk og hyse – levert fra fisker: Delrapport etter registreringer i februar 2014 – torsk. FHF-prosjekt 900951

Asche, F., Steinshamn, S.I., & Tveterås, R. (2001). Å bearbeide eller ikke bearbeide? Konsekvenser av mer frihandel. Norsk Fiskeoppdrett 26(7), 30-32.

Asche, F., Roll, K.H., & Trollvik, T. (2009). New Aquaculture Species – The Whitefish market. Aquaculture Economics and Management, 13(2), 76-93.

Asche, F., & Bjørndal, T. (2011). The Economics of Salmon Aquaculture, Wiley-Blackwell: Chichester.

Aslesen, H.W., Mariussen, Å., Olafsen, T., Winther, U., & Ørstavik, F. (2002). Studie av innovasjonssystemer for marine innsatsvarer – STEP rapport. NIFU. ISSN 0804-8185

Aursand, I.G., & Sævik, R., (2014). Automatisert laste- og lossesystem for høy kvalitets pelagisk fangst. Foredrag på dialogkonferansen FishTech 2014. Tilgjengelig fra: http://www.sintef.no/uploadpages/331074/FishTech_S%C3%A6vik_Aursand.pdf

Bendiksen, B.I. (2013). Driftsundersøkelsen i fiskeindustrien. Driftsåret 2011. Nofima rapport 30/2013.

Bernardes, E. S., & Hanna, M. D. (2009). A theoretical review of flexibility, agility and responsiveness in the operations management literature: Toward a conceptual definition of customer responsiveness. International Journal of Operations & Production Management, 29(1), 30-53.

Biernacki, P. and D. Waldorf (1981). "Snowball Sampling: Problems and Techniques of Chain Referral Sampling." Sociological Methods & Research 10(2): 141-163.

Bondø, M.S., Mathiassen, J.R., Vebenstad, P.A., Misimi, E., Bar, E.S., Toldnes, B., & Østvik, S.O. (2011). An automated salmonid slaughter line using machine vision. Industrial Robot: An International Journal 38(4), 399–405.

Buljo, J., & Gjerstad, T. (2012). Robotics and automation in seafood processing. D. Caldwell (Ed.), Robotics and Automation in the Food Industry: Current and Future Technologies (354-383). Cambridge, UK: Woodhead Publishing.

Caldwell, D.G. (2012). Robotics and Automation in the Food Industry: Current and Future Technologies. Woodhead Publishing, ISBN: 978-1-84569-801-0

Carpentier, B., & Cerf, O. (2011). Review - Persistence of Listeria monocytogenes in food industry equipment and premises. International Journal of Food Microbiology, 145(1), 1-8. doi: DOI 10.1016/j.ijfoodmicro.2011.01.005

Carvajal, A.K., Mozuraityte, R., Standal, I.B., Storrø, I., & Aursand, M. (2014). Antioxidants in Fish Oil Production for Improved Quality. Journal of the American Oil Chemists' Society, 91(9), 1611-1621.

Carvajal, A. K., Slizyte, R., Storrø, I., & Aursand, M. (2014). Production of high quality fish oil by thermal treatment and enzymatic protein hydrolysis from fresh Norwegian spring spawning herring by-products. Journal of Aquatic Food Product Technology (just-accepted).

Chaudhuri, A., Dukovska-Popovska, I., Damgaard, C., & Hvolby, H.-H. (2014). Supply Uncertainty in Food Processing Supply Chain: Sources and Coping Strategies. In B. Grabot, B. Vallespir, S. Gomes, A. Bouras & D. Kiritsis (Eds.), Advances in Production Management Systems. Innovative and Knowledge-Based Production Management in a Global-Local World (Vol. 440, pp. 183-191): Springer Berlin Heidelberg.

Christopher, M., & Holweg, M. (2011). "Supply Chain 2.0": managing supply chains in the era of turbulence. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 41(1), 63-82.

Chua, P.Y., Ilschner, T., & Caldwell, D.G. (2003). Robotic manipulation of food products – a review. Industrial Robot: An International Journal, 30(4), 345-354.

Christiania bank og Kredittkasse & Eksportutvalget for Fisk (1996): En analyse av markedet for hvitfisk. Rapport.

De Silva, C.W., & Gu, J.H. (1995). On-line sensing and modeling of mechanical impedance in robotic food processing. Paper presented at the Systems, Man and Cybernetics, 1995. Intelligent Systems for the 21st Century., IEEE International Conference on.

Dekeyzer, J. (2010) Seafood – Still a long way of being a full category product – Salmon and Cod compared to Chicken. Nordea and Norwegain Seafood Export Coincisl Seminar, Norfishing, Trondheim.

Dreyer, B. (1992): Sammenligning av kapasitetskostnader i fiskeindustrien og i øvrig næringsmiddelindustri- en nøkkeltallsanalyse. Arbeidsnotat 23.06. Fiskeriforsking, Tromsø.

Dreyer, B. (1995): Endringer i reguleringsregimet-konsekvenser for foredlingsleddet. Rapport nr. 9/95. Fiskeriforsking, Tromsø.

Dreyer, B. (1998): Kampen for tilværelsen- et studium av overlevelsesstrategier i fiskeindustrien. Avhandling for Dr. Scient-graden. Norges Fiskerihøgskole, Universitetet i Tromsø.

Egeness, F.A. (2013). Kinesisk produksjon av fryste filetprodukter av torsk – Markedskonsekvenser for norske filetbedrifter i det europeiske markedet. Nofima-rapport 26/2013.

euRobotics aisbl.(2014). Robotics2020 – Multi-Annual Roadmap – For Robotics in Europe – Call 1ICT26 – Horizon 2020, Initial Release B 15/01/2014.

European Technology Platform Food for Life. (2010). Norsk strategisk forskningsagenda for næringsmiddelindustrien – NTP Food for Life. 1-23.

European Union, 2013. Factories of the future, Multi-annual roadmap for the contractual PPP under Horizon 2020. European Union. ISBN 978-92-79-31238-0.

Falch, E., Rustad, T., & Aursand, M. (2006). By-products from gadiform species as raw material for production of marine lipids as ingredients in food or feed. Process biochemistry, 41(3), 666-674.

Farber, J. M., & Peterkin, P. I. (2000). Listeria monocytogenes. In B. M. Lund, T. C. Baird-Parker & G. W. Gould (Eds.), The microbiological safety of food (Vol. II, pp. 1178-1232). Gaithersburg, MD: Aspen Publishers, Inc.

FHL. (2013). Revidert versjon;: Sjømat 2025 – Hvordan skape verdens fremste villfisknæring? FHL-brosjyre. Tilgjengelig fra: http://fhl.no/wp-content/uploads/2014/04/NY-Sj%C3%B8mat-2025-villfisk-Revidert-versjon-nov13-LOW.pdf

FiskeribladetFiskaren (2014): artikkel, 05.05.2014.

Fiskeridepartementet (1998): St. meld. nr. 51 819997-98): Perspektiver på nordk fiskerinæring.

FoodManufuture. (2013). Conceptual Design Report for a Research Infrastructure – Final Report. Aalborg University, Denmark. Tilgjengelig fra: http://www.foodmanufuture.eu/media

Fiskeridirektoratet (1998): Lønnsomhetsundersøkelsen for fiskeflåten.

Fiskeridirektoratet (1999): Diverse statistikk.

Frey, C.B & Osborne, M.A (2013): The Future of Employment: How suceptible are jobs to Computerisation). September 17, University og Oxford.

Følster, S. (2014): Vartannat jobb automatiseres innom 20 år. Utmaningar for Sverige. Stiftelsen for Strategisk Forskning.

Fiskeriforsking (1980-98): Diverse årg. av Lønnsomhetsundersøkelsen av fiskeindustrien.

Gardner, B.L. 2002. American Agriculture in the Twentieth Century. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Gellein, L.T., Nyen, P.A. (2010). APROX - Agent-based Product-Resource-Order eXecution From solution concept to application development framework. CATS 3rd CIRP Conference on Assembly Technologies and Systems, Trondheim, jun 01 - jun 03.

Gilmore, J. H., & Pine, B. J. (2000). Markets of one: creating customer-unique value through mass customization. Boston, Mass.: Harvard Business School Publ.

Grimsmo, L., & Digre, H. (2012). Teknologibehov for lønnsom bearbeiding av fryst hvitfisk i norsk fiskeindustri – Teknologisk status og teknologibehov i norsk fiskeflåte og hvitfiskindustri, råstoffkvalitet og nye produkter. SINTEF rapport A23114.

Grimsmo, L., Dahle, S.W., Bergsted, E.H., Slizyte, R. og Hardarson, V. (2009). SINTEF Report SFH80 A095043:"Effecient transport of chilled marine rest raw materials – pilot project".19 p.

Grimsmo, L. and Jansson, S. (2005). "Development of a compact plant for the processing of fresh marine byproducts" Financed by RUBIN www.rubin.no RUBIN Report 4304/123. 45p.

Guire, G., Sabourin, L., Gogu, G., & Lemoine, E. (2010). Robotic cell for beef carcass primal cutting and pork ham boning in meat industry. Industrial Robot: An International Journal, 37(6), 532-541.

Gundersen, H., Thaulow, C., & Leinaas, H. P. (2014). Surface Structure and Wetting Characteristics of Collembola Cuticles. PLoS ONE, In press.

Gunnarsson, J.N. (2013). Is Norway on the right track with Seafood?. Foredrag marel.

Hav21 (2012). FoU-strategi for en havnasjon av format. Plandokumenter .ISBN 978-82-12-03149-4.

Havforskningsinstituttet. (2013). Kvoteråd for 2013, ICES-råd på kolmue, makrell, norsk vårgytende sild og taggmakrell. Tilgjengelig fra: http://www.imr.no/radgivning/kvoterad/kvoterad_for_2013/ices-rad_pa_kolmule_makrell_norsk_vargytende_sild_og_taggmakrell/nb-no

Havforskningsinstituttet. (2014). Kvoteråd for 2014, ICES-råd på norsk vårgytende sild, kolmue, makrell, taggmakrell og lodde i Barentshavet. Tilgjengelig fra: http://www.imr.no/radgivning/kvoterad/kvoterad_for_2014/ices-rad_pa_kolmule_makrell_norsk_vargytende_sild_og_taggmakrell/nb-no

Heia, K., Sivertsen, A., Birkeland, S. (2009). Automated quality control of salmon fillets – hyperspectral imaging for on-line inspection. 14th international conference on near infrared spectroscopy, Bangkok, Thailand.

Heia, K., Wold, J.P., & Afseth, N.K. (2009). Status på instrumentering for objektiv kvalitetsdifferensiering av lakseprodukter. Nofima-rapport 24/2009.

Heir, E., & Langsrud, S. (2013). Smitteveier og smittekilder for Listeria i produksjons-kjeden for sløyd og røkt laks – En delrapport i prosjektet "Tiltak for økt kontroll med Listeria i laksenæringen". Nofima-rapport 20/2013.

Henriksen, E. & M. Svorken (2011). Fangstregulering og råstoffkvalitet i kystflåten – ferskt råstoff til fiskeindustrien i Nord-Norge. Rapport 25/2011, Nofima

Henriksen, E., & Bendiksen, B.I. (2008). Rammebetingelser for lønnsomhet i norsk fiskeforedling – Empiriske funn og kunnskapshull. Nofima-rapport 7/2008.

Henriksen, E. 2013. Lønnsom foredling av hvitfisk i Norge – hva skal til? Oppsummering av foredragsserie holdt for LO, supplert med relevant litteratur.

Henriksen, K., Olafsen, T., & Sønvisen, S.A. (2014). Kartlegging av behov for kompetanse og arbeidskraft i sjømatnæringen – i dag og fram til 2020. SINTEF-rapport A26222.

Hermansen, Ø. (2010). Økonomi og driftsrutiner i fangstbasert akvakultur av torsk. Fokus på oppdrettsleddet. Nofima-rapport 29/2010.

Hinrichsen, L. (2010). Manufacturing technology in the Danish pig slaughter industry. Meat science, 84(2), 271-275.

Hoen, T., Kaman, E., Gretarsson, S., Investor presentation. 2009, Marel Food Systems.

Horizon 2020, WP 2014-2015 Specific Programme for Societal Challenge 2:Food security, sustainable agriculture, marine and maritime research and bio-economy.

Isaksson, T., Swendsen, L.P., Taylor, R., Fjæra, S.O. and Skjervold, P.O. (2001). Non-destructive texture analysis of farmed Atlantic salmon using visual/near- infrared reflectance spectroscopy. Journal of the Science of Food and Agriculture 82, 53-60.

Iversen, A., Klev, J.M., Bergersen, R.E., Storehaug, K., & Rotnes, R. (2011). Markeds- og verdikjedeanalyse. Fase 1 av prosjektet Value Proporsitions i nordisk marin sektor. Nordic Marine Innovation.

Jansson, S. T. K., Ervik, J. R. og Grimsmo. L. Patent: Process for reducing the fluoride content when producing proteinaceous concentrates from krill (2011). Inventors: Stig Tore Kragh Jansson (Børsa, NO), Jon Reidar Ervik (Ålesund, NO) and Leif Grimsmo (Jakobsli, NO). Publication date: 2011-09-08. Patent application number: 20110217386. Assignees: Emerald Fisheries AS

Johansen, L. (1977): Samfunnsøkonomiske analyse. Rapport Industriøkonomisk Institutt, Bergen.

Krijnen, Ad. "The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer." (2007): 109-111.) (http://www.leanforumnorge.no/).

Kröger T., (2010). On-Line Trajectory Generation in Robotic Systems – Instantaneous Reactions to Unforeseen (Sensor) Events. Springer Tracts in Advanced Robotics, Springer, 58.

Kvaløy, O., & Tveterås, R. (2008). Cost structure and vertical integration between farming and processing. Journal of Agricultural Economics, 59(2), 296-311.

Lind, M., Roulet-Dubonnet, O., Nyen, P. Å., Gellein, L. T., Lien, T., & Skavhaug, A. (2009). Holonic Manufacturing Paint Shop. In V. Mařík, T. Strasser & A. Zoitl (Eds.), Holonic and multi-agent systems for manufacturing (pp. 203-214): Springer.

Liu, K., Yao, X., & Jiang, L. (2010). Recent developments in bio-inspired special wettability. Chemical Society reviews, 39(8), 3240-3255. doi: 10.1039/b917112f

Madsen, N., Nielsen, J. U., & Mønsted, J. (2006). AUTOMATION–THE MEAT FACTORY OF THE FUTURE. T. Declan, R. Pearce, B. Byrne & J. Kerry (Eds.), 52nd International Congress of Meat Science and Technology: Harnessing and Exploiting Global Opportunities: Wageningen Academic Pub.

Mathiassen, J.R., Misimi, E., Bondø, M., Veliyulin, E., Østvik, S.O. (2011). Trends in application of imaging technologies to inspection of fish and fish products. Trends in Food Science & Technology, 22(6), 257-275.

Mathiassen, J.R., Misimi, E., Øsrvik, S.O., Aursand, I., & Sun, D. (2012). Computer vision in the fish industry. In D. Sun (Ed.), Computer vision technology in the food and beverage industries (pp. 352-378): Woodhead Publishing.

Navarro-Alarcon, D., Yun-Hui Liu., Romero, J.G., Peng Li. (2013). Model-Free Visually Servoed Deformation Control of Elastic Objects by Robot Manipulators. Robotics, IEEE Transactions on , 29(6), 1457-1468, doi: 10.1109/TRO.2013.2275651

Nilsen, H.S. (1994): Den Norsk fabrikkskipsnæringen. Betydningen av tradisjon og nettverk for flåtens regionale fordeling. Regionale og sosiale aspekter ved mannskapsrekrutteringen. Hovedfagsoppgave i Geografi. Institutt for geografi, Universitetet i Bergen.

Nilssen, J., Bertheussen, B A. og Dreyer, B. (2014). Økonomisk fiskeriforskning

Årgang 24 Nr. 1-2014, Nofima

Norges forskningsråd og Innovasjon Norge. (2013). Oppfølging av Meld St. 22 (2012-2013) Verdens fremste sjømatnasjon. Forslag til mer koordinert FoU-innsats mot leverandørindustrien av havteknologier til marin, maritim og offshoreindustrien. Oppdrag for Nærings- og handelsdepartementet, Fiskeri- og kystdepartementet, Olje- og energidepartementet.

Norsk sjømat, (2008). Q Vision. Norsk Sjømat 5, 12-14. Tilgjengelig fra: http://www.nsl.no/uploads/filer/norsksjomat/nr5_2008.pdf

NOU 2014:3. (2014). Grunnlaget for inntektsoppgjørene 2014. Det tekniske beregningsutvalget for inntekstsoppgjørene. Oslo: Arbeids- og sosialdepartementet.

Nærings- og fiskeridepartementet. (2014). Strategiplan for levendelagring av torsk. Oslo: Regjeringen, Nærings- og fiskeridepartementet.

Olafsen, T., Richardsen, R., Nystøl, R., Strandheim, & G., Kosmo, J.P. (2014). Analyse av marint restråstoff, 2013 – Analyse av tilgang og anvendelse for marint restråstoff i Norge. SINTEF-rapport A26097.

Olafsen, T., Winther, U., Olsen, Y., Skjermo, J. (2012). Verdiskaping basert på produktive hav i 2050 DKNVS/NTVA, ISBN: 9788277190743

Olsen, J.A. (1990). Noen samfunnsøkonomiske vurderinger av ombordproduksjon. Fiskeriteknologisk forskningsinstitutt, Tromsø.

Olsen, O.C. (2011). Utarbeidelse av indikatorer for å måle og følge opp lønnsomhet i den pelagiske konsumindustri. FHF-prosjekt 900624

Olsen, SH, Digre H, Grimsmo L, Toldnes B, Eilsertsen A, Evensen TH, Midling K. 2014. Implementering av teknologi for optimal kvalitet i fremtidens prosesslinje på trålere "OPTIPRO" – fase 1. Nofima og SINTEF. NOFIMA rapport 39/2014, utgitt i september.

Ottesen, G. G., & Grønhaug, K. (2003). Primary uncertainty in the seafood industry: an exploratory study of how processing firms cope. Marine Resource Economics, 18(4), 363-371.

Provost, F., & Fawcett, T. (2001). Robust classification for imprecise environments. Machine Learning, 42(3), 203-231.

Reve, T., & Sasson, A. (2012). Kunnskapsbasert næringsutvikling. Magma - Tidsskrift for økonomi og ledelse 15, 16-22

Richardsen, R. (2012). Norsk marin ingrediensindustri – struktur og lønnsomhet 2007-2011. SINTEF-rapport A24226.

Rindahl, L., Richardsen, R. and Grimsmo, L. (2013). Ensiling of rest raw material from the white fish fleet. With the main goal to establish a sufficient decision basis for initiation of a larger project on on-board production of silage from fish rest raw material. Project funded by The Norwegian Seafood Research Fund FHF.

Rheinländer, J., Jagd, M., Nielsen, K.W., Spartiotis, K., & ApS, I. (2003). Fast On-line Radioscopic Process-and Quality Control based on a Novel CdTe CMOS Detector. Paper presented at the DGZfP-Symposium on Computed Tomography and Image Processing for Industrial Radiology, Berlin, Germany.

Roheim, C. A., L. Gardiner and F. Asche (2007) Value of Brands and other Attributes: Hedonic Analyses of Retail Frozen Fish in the UK. Marine Resource Economics, 22, 239-254.

Romsdal, A. (2014). Differentiated production planning and control in food supply chains. (PhD), Norwegian University of Science and Technology, Trondheim.

Roulet-Dubonnet O., Lind M., Gellein L.T., Lien T.K., Skavhaug A. (2009). Development of a Holonic Free-Roaming AGV. System for Part Manufacturing. Holonic and Multi-Agent Systems for Manufacturing. 4th International Conference on Industrial Applications of Holonic and Multi-Agent Systems, HoloMAS, LINZ, Austria, aug 31 - sep 02.

Roulet-Dubonnet, O., Lind, M., & Skavhaug, A. (2013). IceHMS, A middleware for distributed control of manufacturing systems. In V. Mařík, J. L. Martinez Lastra & P. Skobelev (Eds.), Industrial Applications of Holonic and Multi-Agent Systems (95-105): Springer.

Sandberg, M.G., Henriksen, K., Aspaas, S., Bull-Berg, H., & Johansen, U. (2014) Verdiskapning og sysselsettning i norsk sjømatnæring – en ringvirkning med fokus på 2012. SINTEF-rapport A26088.

Segtnan, V.H., Høy, M., Lundb,y F., Narum, B., & Wold, J.P. (2009). Fat distributional analysis in salmon fillets using non-contact near infrared interactance imaging: A sampling and calibration strategy. J Near Infrared Spectrosc. 17: 247-253.

Siciliano, B., & Khatib, O. (2008). Springer handbook of robotics: Springer.

Skotheim, O., Lind, M., Ystgaard, P., Fjerdingen, S.A. (2012). A flexible 3D object localization system for industrial part handling. Intelligent Robots and Systems (IROS), 2012 IEEE/RSJ International Conference on, 3326-3333, 7-12 Oct. 2012.

Šližytė, R., Carvajal, A.K., Mozuraityte, R., Aursand, M., & Storrø, I. (2014). Nutritionally rich marine proteins from fresh herring by-products for human consumption. Process biochemistry, 49(7), 1205-1215. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.procbio.2014.03.012

Soman, C. A. (2005). Make-to-order and make-to-stock in food processing industries. (PhD), University of Groningen, Groningen, the Netherlands.

Standal, D. (1989): Fabrikktråling: Arv, miljø eller kapitalisert dyktighet ? Rapport nr. A 58. Fiskeriforsking, Tromsø.

Standal, D (2008): The rise and fall of factory trawlers: An eclectic approach. Marine Policy- the international journal of ocean affairs, no. 32.

Standal, D., & Utne, I.B. (2007). Can cod farming affect cod fishing? A system evaluation of sustainability. Marine Policy 31, 527-534

Standal, D., & Hersoug, B. (2015). Shaping technology, building society; the industrialization of the Norwegian cod fisheries. Marine Policy 51, 66–74.

St. meld. nr. 58 (1991-92). (1992). Om struktur- og reguleringspolitikk overfor fiskeflåten (Strukturmeldingen). Oslo: Nærings- og fiskeridepartementet.

St.meld. nr. 22 (2012-2013). (2013). Verdens fremste sjømatnasjon. Oslo: Fiskeri og kystdepartementet.

Thielemann, J., Skotheim, Ø., Nygaard, J.O., Vollset, T. (2009). System for conveyor belt part picking using structured light and 3D pose estimation. Proc. SPIE 7239, Three-Dimensional Imaging Metrology, 72390X (January 19, 2009); doi:10.1117/12.805825.

Thrane, M., Nielsen, E., & Christensen, P., (2009). Cleaner production in Danish fish processing -experiences, status and possible future strategies. Journal of Cleaner Production 17, 380-390.

van der Vorst, J., Beulens, A., & van Beek, P. (2005). Innovations in logistics and ICT in food supply chain networks. In W. M. F. Jongen & M. T. G. Meulenberg (Eds.), Innovations in agri-food systems. Wageningen: Wageningen Academic Publishers.

van Donk, D. P. (2001). Make to stock or make to order: The decoupling point in the food processing industries. International Journal of Production Economics, 69(3), 297-306. doi: Doi: 10.1016/s0925-5273(00)00035-9

van Donk, D. P., Akkerman, R., & van der Vaart, T. (2008). Opportunities and realities of supply chain integration: the case of food manufacturers. British food journal, 110(2), 218-235.

Verdouw, C. N., & Wolfert, J. (2010). Reference process modelling in demand-driven agri-food supply chains: a configuration-based framework. In J. Trienekens, J. Top, J. van der Vorst & A. Beulens (Eds.), Towards effective food chains; models and applications. Wageningen: Wageningen Academic Publishers.

Vinnova. (2013). Made in Sweden 2030 – Strategic Agenda for Innovation in Production. Tilgjengelig fra: http://www.vinnova.se/PageFiles/750915348/Made%20in%20Sweden%202030-eng.pdf

Wadhwa, R.S., & Lien, T.K. (2011). Comparison and Application of Metaheuristic Population-Based Optimization Algorithms in Manufacturing Automation. International Journal of Computer Science, 8(6).

Wiegan, J. (2014) The German seafood market: the valuation of market attributes. FAO FPI Workshop, Ponza, 18-19 September.

Williamson, O.E. (1975): Markets and Hierarchies. Analysis and antitrust implications. The Free Press, New York

Williamson, O.E. (1986): The Economic Institutions of capitalism. The Free press, New York.

Winther, U., Ziegler, F., Hognes, E.S., Emanuelsson, A., Sund, U., & Ellingsen, H. (2009) Carbon footprint and energy use of Norwegian seafood products. SINTEF-rapport A096068.

Winther, U., Gisvold, S.M., Richardsen, R., Olafsen, T., Brandvik, R.B., & Hauvik, J.H. (2011). Potensial for økt verdiskaping i lakse- og ørretoppdrettsnæringen. SINTEF-rapport A19458.

Winther, U., Olafsen, T., Henriksen, K., & Asheim, B. (2014) Innovasjon og kompetanse i sjømatnæringen. SINTEF-rapport A26255.

Wold, J.P., Kermit, M., Woll, A. (2010). Rapid nondestructive determination of edible meat content in crabs (Cancer Pagurus) ny Near-Infrared Imaging spectroscopy. Appl. Spectrosc. 64 (7): 691-699.

Xie, J., Myrland, Ø., Egeness, F.A. (2014). Sluttrapport: Produksjon i Kina: Faktorer som påvirker markeder for hvitfisk. FHF-prosjekt 900783.

Yin, Robert K. (1989). "Case Study Research: Design And Methods. Applied Social Research Methods) Author: Robert K. Yin, Publisher: Sage Publicat": 171

Østvik, S.O., Grimsmo, L., Schei M. and Halvorsen, J. (2005).: " Utilization of meat from the backbones of salmon". Financed by RUBIN www.rubin.no SINTEF Report SFH80 A055067. 39p.

Østvik, SO, Westavik, H, Wiborg SD, Misimi E., 2010. Teknologiske trender innen eruopeisk næringsmiddelindustri – relevans for norsk fiskeindustri. SINTEF Rapport.

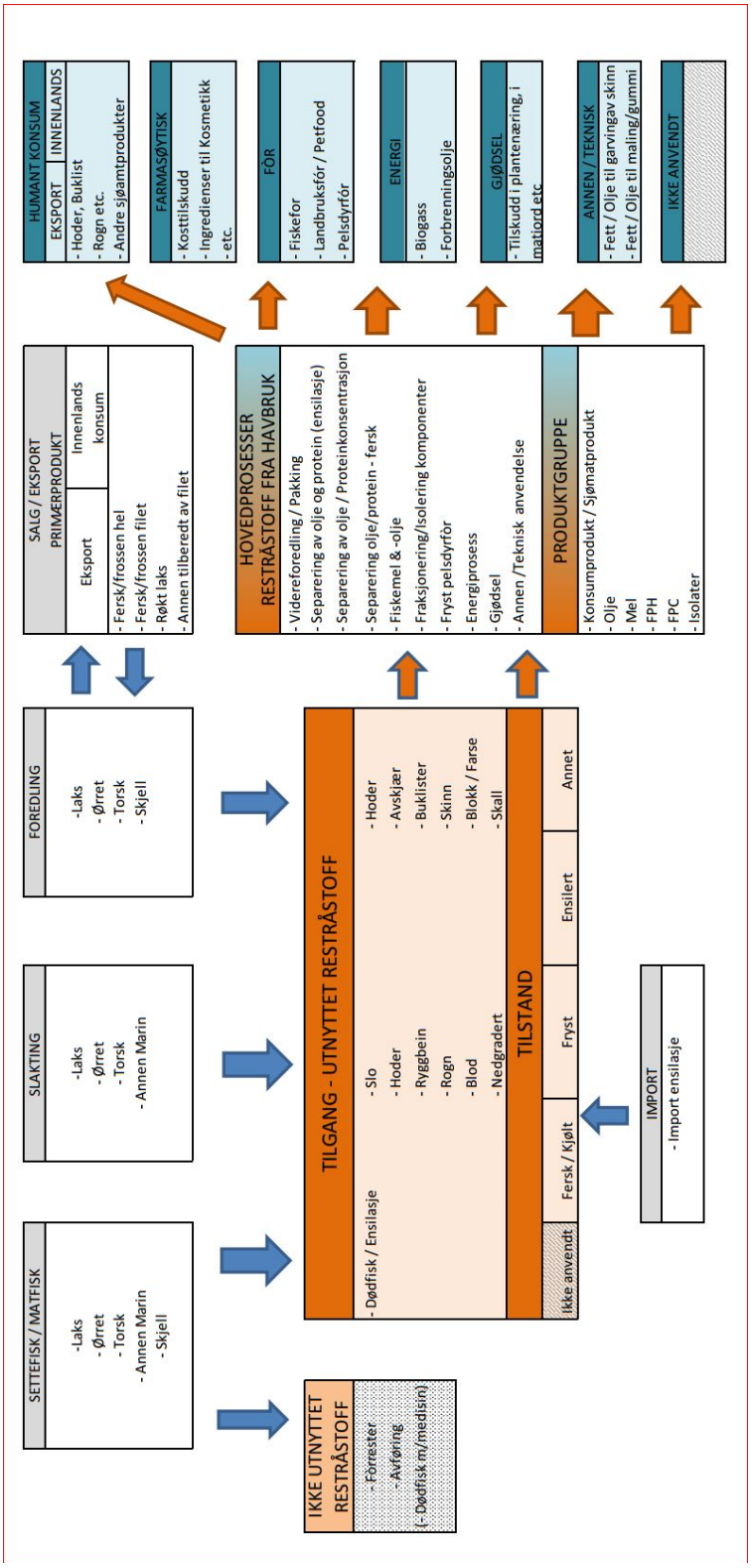
Østvik, S.O. og Grimsmo, L. (2010). SINTEF Report SFH80A105028. "Commercian products from salmon backbonemeat". Financed by RUBIN www.rubin.no 19 p

Østvik, S.O., Grimsmo, L., Stig Jansson, Egidijus Dauksas og Morten Bondø (2008). Rest raw material from the herring fileting industry. Mapping and analysis of raw materials and the utilization possibilities. Financed by RUBIN www.rubin.no RUBIN report nr. 164.

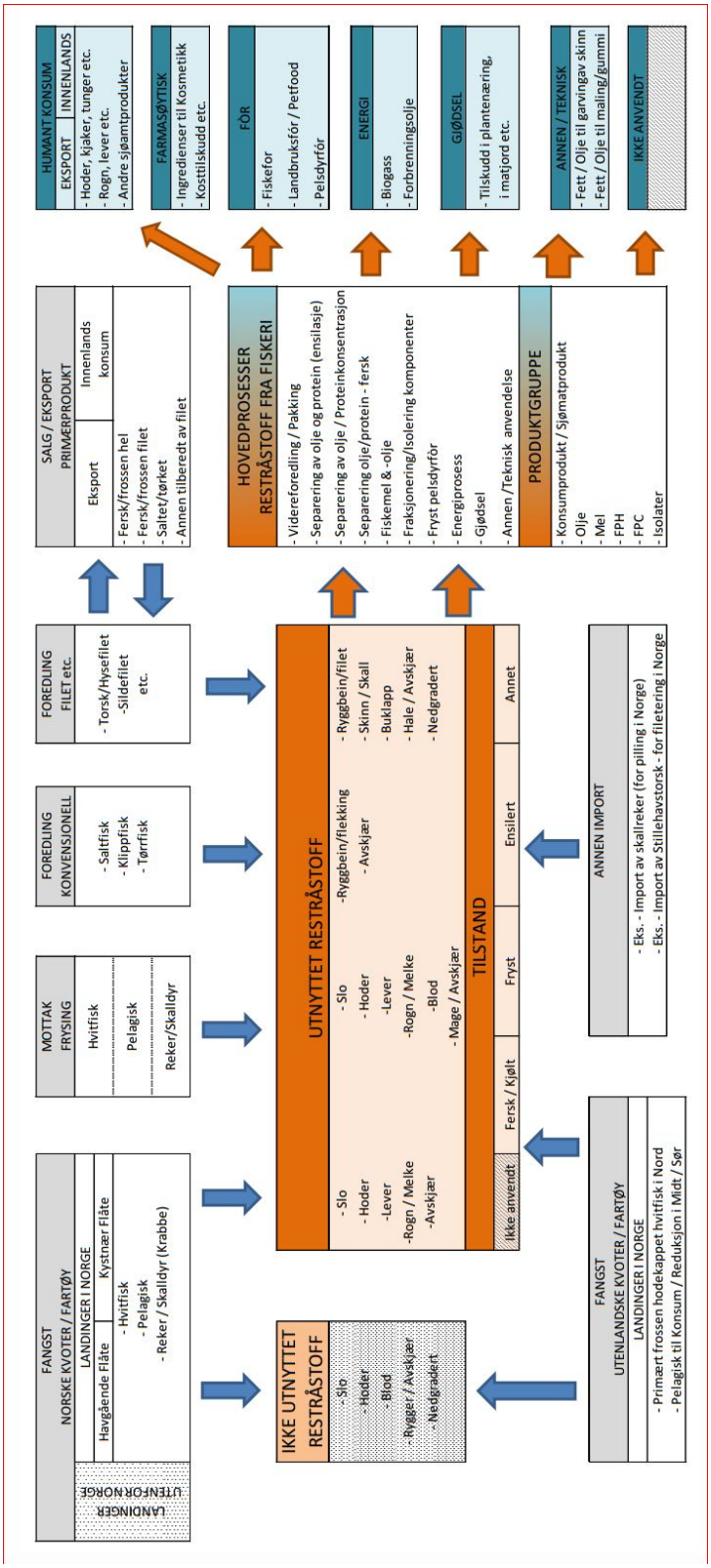
Østvik, S.O. and Grimsmo, L. (2006). Drying of salmon heads. Report from the main project: Utilization of salmon heads. Technological solutions and commercialisation. SINTEF report, confidencial. 11 p.

Vedlegg

Verdikjeder for marint restråstoff - Havbrukssektoren



Verdikjeder for marint restråstoff - Fiskerisektoren



SINTEF

Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no