



Universitetet  
i Stavanger

**UIS BUSINESS SCHOOL**

## **MASTER'S THESIS**

STUDY PROGRAM:

Masterstudium i økonomi og administrasjon

THESIS IS WRITTEN IN THE FOLLOWING  
SPECIALIZATION/SUBJECT:

Business Innovation

NORSK TITTEL:

Norsk settefiskproduksjon:

Hva er erfaringene og effektene på produktiviteten etter innføring av resirkuleringsteknologi (RAS)?

ENGLISH TITLE:

Norwegian production of Juvenile Salmonids:

What are the experiences and effects on the productivity after introduction of the new technology Recirculation Aquaculture System (RAS)?

AUTHOR(S)

SUPERVISOR:

Hilde Ness Sandvold

Candidate number:

4043

.....

4057

.....

Name:

Steffen Klemetsen Jakobsen

.....

Are Hagen Holsvik

.....

## Forord

Denne masteroppgaven er et avsluttende arbeid på det toårige masterstudiet i Økonomi og administrasjon ved Universitetet i Stavanger, med innovasjon som spesialisering.

Vi vil først og fremst få takket vår veileder, postdoktor Hilde Ness Sandvold, for god hjelp gjennom hele semesteret. Hilde har kommet med gode råd, hun har støttet og heiet på oss, og hun har alltid vært tilgjengelig når vi har hatt behov for veiledning.

Videre vil vi takke Roger Viga i Tytlandsvik Aqua for å ha tatt seg tid til å gi oss en omvisning på det nye postsmoltanlegget deres i Hjelmeland kommune i Rogaland. Dette var veldig interessant, og ikke minst lærerikt for to studenter som ikke hadde vært inne i et settefiskanlegg tidligere.

Vi vil også si tusen takk til alle selskapene. Av 68 selskaper har samtlige tatt seg tid til å svare på spørreundersøkelsen. Dette var avgjørende for å få en troverdig og nøyaktig analyse.

Til slutt vil vi takke venner, familie og medstudenter for støtte underveis, det har vært viktig for oss.

## Sammendrag

Regjeringen har et uttalt mål om å femdoble lakseproduksjonen innen 2050. Det er utfordringer knyttet til lakseindustrien, og det utvikles nye metoder for å løse dem og for å skape en mer bærekraftig produksjon. De siste årene har det vært en økende interesse for RAS (Recirculation Aquaculture System), som brukes i landbaserte oppdrettsanlegg av settefisk. RAS er en produksjonsteknologi som renses og resirkulerer vannet og reduserer vannforbruket. Siden 2005 har det vært en stor økning i antall selskap som investerer i RAS.

I denne oppgaven har vi undersøkt hvordan ny teknologi; RAS, påvirker produksjonen. Gjennom Fiskeridirektoratet fikk vi tilgang på et paneldatasett fra 1988-2017. Datasettet inkluderte alle settefiskselskaper og inneholdt informasjon om økonomiske og produksjonsmessige variabler, men manglet en variabel for teknologi. En viktig del av oppgaven har vært å kontakte samtlige selskaper som driver med produksjon av settefisk for å samle inn denne variabelen, som er grunnlaget for den økonometriske analysen. Vi utførte videre en spørreundersøkelse for å undersøke motivasjon, erfaringer og utfordringer med RAS, samt snittvekten på settefisk i hele industrien. Resultatene i denne oppgaven viser at det i dagens settefiskindustri er 20 av 68 selskap som har hele eller deler av produksjonen på RAS.

Investeringer som er gjort i RAS-anlegg har hatt en påvirkning på industrien innen flere områder. De siste årene har RAS tiltrukket seg mye oppmerksomhet på grunn av blant annet begrensede vannkilder og lokaliteter. Samtidig har industrien et ønske om å produsere større smolt, altså postsmolt. Større smolt bidrar til økt kapasitetsutnyttelse slik at man effektivt utnytter MTB (maksimalt tillatt biomasse), redusert eksponeringstid i sjø som forebygger lakselus, raskere vekst og bedret fiskevelferd. Å drifte et RAS-anlegg er en kompleks prosess hvor det er flere komponenter som skal fungere sammen, mens et gjennomstrømningsanlegg, som er den alternative produksjonsmetoden, er driftssikkert og lite komplisert.

I den statistiske analysen av produksjonsfunksjonen viste resultatene at RAS har en negativ effekt på produksjonen, at industrien er preget av avtagende skalaavkastning, og at den årlige gjennomsnittlige produktiviteten har blitt redusert de siste fem årene. Funn fra spørreundersøkelsen viser at selskapene som har investert i RAS er fornøyde med teknologien, har fått de resultatene de ønsket seg, og at snittvekten i 2018 var noe høyere enn tidligere.

## Innholdsfortegnelse

Forord .....	2
Sammendrag .....	3
Figurliste .....	6
Tabeller .....	6
1. Innledning .....	7
1.1 Bakgrunn .....	7
1.2 Problemstilling .....	9
2. Norsk Lakseoppdrett .....	10
2.1 Reguleringer .....	10
2.1.1 Akvakulturloven .....	10
2.1.2 Akvakulturdriftsforskriften .....	11
2.1.3 Maksimalt tillatt biomasse .....	11
2.1.4 Laksetildelingsforskriften .....	11
2.2 Produktivitets- og kostnadsutvikling .....	11
2.3 Produksjonsprosessen .....	14
2.3.1 Stamfisk .....	14
2.3.2 Yngel og parr .....	14
2.3.3 Smolt .....	15
2.3.4 Matfisk .....	15
2.3.5 Slakt og eksport .....	15
3. Landbasert settefiskproduksjon .....	17
3.1 Teknologi .....	17
3.1.1 Gjennomstrømning .....	17
3.1.2 RAS .....	18
3.1.3 Komponenter i RAS-anlegg .....	19
3.2 Utfordringer .....	22
3.2.1 Gjennomstrømning .....	22
3.2.2 RAS .....	23
3.2.3 Fiskehelse .....	24
3.3 Postsmolt .....	27
4. Teori .....	29
4.1 Innovasjon .....	29
4.2 Innovasjonstyper .....	30
4.2.1 Produkt- og prosessinnovasjon .....	30

4.2.2 Radikal og inkrementell innovasjon .....	32
4.2 Utviklingstillatelser innovasjoner i matfisk .....	33
4.3 Innovasjoner innen lakseoppdrett .....	33
4.4 Teknologisk endring .....	34
5. Metode .....	36
5.1 Formål.....	36
5.2 Forskningsprosessen .....	36
5.3 Kvantitativ metode .....	37
5.4 Datasett .....	38
5.5 Spørreskjema .....	39
5.6 Økonometrisk analyse .....	41
5.6.1 Dataanalyse og modell .....	41
5.6.2 Cobb-Douglas .....	44
6. Analyse og funn .....	47
6.1 Funn spørreskjema .....	47
6.1.1 RAS-anlegg i Norge .....	47
6.1.2 Motivasjonen for å velge RAS .....	49
6.1.3 Erfaringer med RAS .....	50
6.1.4 Utfordringer med RAS .....	51
6.1.5 RAS i fremtiden.....	52
6.1.6 Snittvekt .....	53
6.2 Statistisk analyse/funn .....	55
7. Konklusjon .....	63
Referanser .....	65
Vedlegg 1 - Spørreskjema.....	68

## Figurliste

Figur 1: Produksjonskostnader for laks, slaktet og pakket for perioden 2001 til 2016 (Iversen, 2017).....	12
Figur 2: Oversikt over produksjonskostnader, pris per smolt og produksjonsvolum (Sandvold & Tveterås, 2014) .....	13
Figur 3: Laksens livssyklus .....	14
Figur 4: Eksport av laks til ulike regioner for periode 2015-2017 (Norges Sjømatråd, 2018) .	16
Figur 5: Forenklet illustrasjon av gjennomstrømningsteknologien .....	17
Figur 6: Forenklet illustrasjonsbilde av RAS-teknologien .....	18
Figur 7: Illustrasjon av komponenter i et RAS-anlegg .....	20
Figur 8: Oversikt over laks på rømmen perioden 2001 til 2019 (Fiskeridirektoratet, 2019) ...	26
Figur 9: Ulike produksjonsmetoder (Laget av Hilde Ness Sandvold) .....	27
Figur 10: Effekten av prosessinnovasjoner på tilbud og etterspørsel (Tveterås, 2018) .....	31
Figur 11: Utviklingen i ansatte innen settefiskindustrien for perioden 1994 til 2017 .....	35
Figur 12: Forskningsprosessen fra start til slutt (Johannessen, Kristoffersen, & Tufte, 2004)	36
Figur 13: Antall respondenter i spørreundersøkelsen (100% svarprosent) .....	40
Figur 14: Utviklingen over antall selskap som har hele eller deler av produksjonen på RAS ..	48
Figur 15: Fordeling av selskaper med de ulike teknologiene; gjennomstrømningsteknologi og RAS-teknologi .....	48
Figur 16: Motivasjon blant selskapene til å investere i RAS.....	49
Figur 17: Erfaringer blant selskapene som har investert i RAS .....	50
Figur 18: Utfordringer knyttet til driften av et RAS-anlegg.....	51
Figur 19: Selskapene som ikke har RAS i dag om RAS i fremtiden .....	53
Figur 20: Snittvekt .....	54

## Tabeller

Tabell 1: Sammendrag av statistiske variabler i analysen av smoltproduksjon i Norge fra 1988-2017.....	46
Tabell 3: Parameterestimater av Cobb-Douglas produksjonsfunksjonsmodell 1988-2017 ....	56
Tabell 2: Elastisiteter, skalaavkastning og teknologisk endring.....	62

# 1. Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Lakseoppdrettsindustrien i Norge har sin opprinnelse fra 1970-tallet, og siden den gang har det skjedd flere viktige innovasjoner, både biologiske og teknologiske. Tradisjonell lakseproduksjon består i hovedsak av to forskjellige faser; rundt ett år i ferskvann i et landbasert anlegg (fase 1), og omtrent to år i åpne merder i sjøen (fase 2). Ved tradisjonell produksjonsmetode er størrelsen på smolten ved høstutsett på mellom 60 og 80 gram, og mellom 100 og 140 gram ved vårutsett. Fisken blir normalt slaktet ved en vekt på 4-6 kilo.

Norge er verdens største produsent av laks. Det stabile norske klimaet og naturen med fjorder og øyer som gir god beskyttelse, gjør forholdene for produksjon av laks svært gode. Dette, i tillegg til god infrastruktur, har hjulpet Norge med å bli det ledende landet innen lakseproduksjon. I dag står Norge for mer enn halvparten av all atlantisk oppdrettslaks i verden. I 2018 eksporterte Norge 1,1 million tonn laks til en verdi av 67,8 milliarder kroner, en økning i verdi og volum på 5 % fra 2017. Laks står for 68,5 % av verdien i norsk sjømateksport. (Sjømateksport, 2019). Regjeringen har uttalt at Norge skal være verdens fremste sjømatnasjon, og innen 2050 skal lakseoppdrettet femdobles. (Verdens fremste sjømatnasjon, 2013)

Regjeringen har satt restriksjoner på oppdrettsnæringen inntil de utfordringene som følger med produksjonen er løst, derfor er det viktig å se på nye innovative teknologier som kan tilrettelegge for en bærekraftig utvikling. Det er flere barrierer som må brytes for å oppnå visjonen og utløse industriens potensial. Blant dem er løsninger på miljø- og sykdomsutfordringer, utvikling av nye innovasjoner relatert til fôr, avl og teknologi, fiskehelse og utvikling av et forutsigbart reguleringsregime (Verdens fremste sjømatnasjon, 2013).

Denne oppgaven skal omhandle en spesiell innovasjon innen landbasert oppdrett av settefisk (smolt og postsmolt): The Recirculation Aquaculture System, heretter kalt RAS. Denne produksjonsteknologien har fått økt oppmerksomhet de siste årene. Det finnes ingen tall som viser hvor mange av selskapene i settefiskindustrien som har innført RAS. Vi har derfor funnet en variabel for RAS som illustrerer hvor mange som har innført denne produksjonsteknologien. Dette har resultert i funn som tidligere ikke er publisert, som er både viktig og interessant for oppdrettsnæringen.

Med anvendelse av RAS muliggjør det for produksjon av smolt opp til én kilo, altså postsmolt. RAS-teknologien baserer seg på at vannet går gjennom en omfattende renseprosess som gjør at vannet kan gjenvinnes og brukes flere ganger. Denne metoden sikrer bedre styring, og gjør at produksjonen er mer dynamisk enn den tradisjonelle gjennomstrømningsmetoden. Kritiske faktorer som temperatur og vannkvalitet kan kontrolleres og styres kontinuerlig i RAS-anlegg.

For matfiskprodusentene, som leverer det endelige produktet, er smolten som produseres på land den nest dyreste innsatsfaktoren, kun slått av fôrkostnadene (Sandvold, 2016). Siden smolten er en såpass viktig innsatsfaktor er det avgjørende at smolten som blir produsert er av god kvalitet, er riktig priset, og tilfredsstillende til kravene til matfiskprodusentene.

Selv om RAS byr på store utfordringer bygges alle nye anlegg basert på denne teknologien. De siste årene har fokuset i forhold til produksjonsstrategi beveget seg mot produksjon av postsmolt. For å produsere postsmolt med samme mengde vann er RAS nødvendig, og holdningene i bransjen er at dette er fremtidens produksjonsteknologi. For å løse utfordringer knyttet til lakseoppdrettsindustrien er produksjon av postsmolt sett på som en løsning. Postsmolt bidrar til en større og mer robust fisk, som krever mindre tid i sjø og dermed blir mindre eksponert for lakselus. Sjansen for rømming, som sammen med lakselus er de to største utfordringene for fiskehelse, vil også reduseres når man produserer postsmolt (Mattilsynet, 2016).

Men; hvor utbredt er RAS, hvilke effekter har denne innovasjonen gitt, og hva er erfaringene med denne teknologien?



## 1.2 Problemstilling

Ved hjelp av en økonometrisk analyse og en spørreundersøkelse ønsker vi gjennom en helhetlig vurdering å finne ut av hvordan innføringen av RAS har påvirket industrien. Oppgavens problemstilling er som følger:

- *Norsk settefiskproduksjon: Hva er erfaringene og effektene på produktiviteten etter innføringen av resirkuleringsteknologi (RAS)?*

Spørsmål som vil bli besvart i oppgaven:

- Hvor mange selskaper har RAS?
- Hvordan har RAS påvirket produksjonen og produktiviteten?
- Hva er motivasjonen for å investere i RAS?
- Hva er de største utfordringene med RAS?
- Hva er erfaringene med RAS?
- Har snittvekten endret seg?

For å kunne svare på dette har vi brukt et paneldatasett fra Fiskeridirektoratet. Datasettet manglet variabel på teknologi (RAS), og derfor har vi vært nødt til å kontakte alle selskapene for å finne ut hvilken produksjonsteknologi de bruker. Vi designet og gjennomførte derfor en spørreundersøkelse som samtlige selskap har besvart.

## 2. Norsk Lakseoppdrett

Norske lakseoppdrett er spredt utover norskekysten med flere fjorder, innsjøer og øyer som i kombinasjon med stabile vanntemperaturer og god infrastruktur utgjør et svært godt miljø for oppdrett av laks (Asche & Bjørndal, 2011). På verdensbasis ble det i 2014 produsert 2,33 millioner tonn atlantisk laks. Av dette stod Norge for halvparten av produksjonen med 1,26 millioner tonn. Det jobber i dag 7502 personer med produksjon av settefisk og matfisk i Norge (Statistisk Sentralbyrå, 2019).

### 2.1 Reguleringer

Reguleringer innen lakseindustrien skal sikre at de tekniske, biologiske og miljømessige kravene blir opprettholdt. Reguleringene er ulike ut ifra hvilket land de omfatter, og påvirker industristrukturen og konkurransen deretter. (Asche & Bjørndal, 2011)

Vi fokuserer på den norske industrien, og dermed vil vi kun se på de viktigste reguleringene som omfatter Norges lover. Reguleringer innen den norske laksenæringen ble introdusert i 1973. Den første reguleringen som ble iverksatt var kravet om statlig lisens for å drive fiskeoppdrett. Det reguleres etter (Asche & Bjørndal, 2011):

1. Lisens
2. Lokasjon
3. Størrelse
4. Eierskap

#### 2.1.1 Akvakulturloven

Norsk oppdrett reguleres av Akvakulturloven. Formålet med loven er å fremme akvakulturnæringens lønnsomhet og konkurransekraft innenfor de rammene av en bærekraftig utvikling, og bidra til verdiskapning på kysten. For å drive akvakultur kreves det en akvakulturtillatelse, som skal være registrert i akvakulturregisteret. Denne tillatelsen begrenser seg til omfanget av tillatelsen. Driften må være forsvarlig miljømessig, i samsvar med kravene angående areal og vernetiltak, og en avveining av arealinteresser. Det stilles også krav til tilsyn, faglig kompetanse og kontrolltiltak, samt en opplysnings- og undersøkelsesplikt, samt bistandsplikt (Akvakulturloven, 2005).

### 2.1.2 Akvakulturdriftsforskriften

Driften skal være teknisk, biologisk og miljømessig forsvarlig. Den skal også være helse- og fiskevelferdsmessig forsvarlig, Jf. § 5. Vannkvaliteten og vekselvirkningene mellom forskjellige vannparametere skal overvåkes ut ifra risikoen for dårlig fiskevelferd. Vannparametere som har stor betydning for fiskevelferden skal måles systematisk, Jf. § 22 2. (Akvakulturdriftsforskriften, 2008)

### 2.1.3 Maksimalt tillatt biomasse

En tillatelse til lakseoppdrett gir mulighet til å binde den opp mot fire lokaliteter.

Tillatelsene er avgrenset til maksimalt tillatt biomasse (MTB), og deles inn i selskaps- og lokalitetsnivå. Innehaveren av en tillatelse kan ikke ha stående en biomasse i sjøvann som overstiger lokalitetens tillatte MTB. En tillatelse på konsesjonsnivå er normalt 780 tonn. I Troms og Finnmark er tillatelsene på 945 tonn. (Fiskeridirektoratet, 2017)

### 2.1.4 Laksetildelingsforskriften

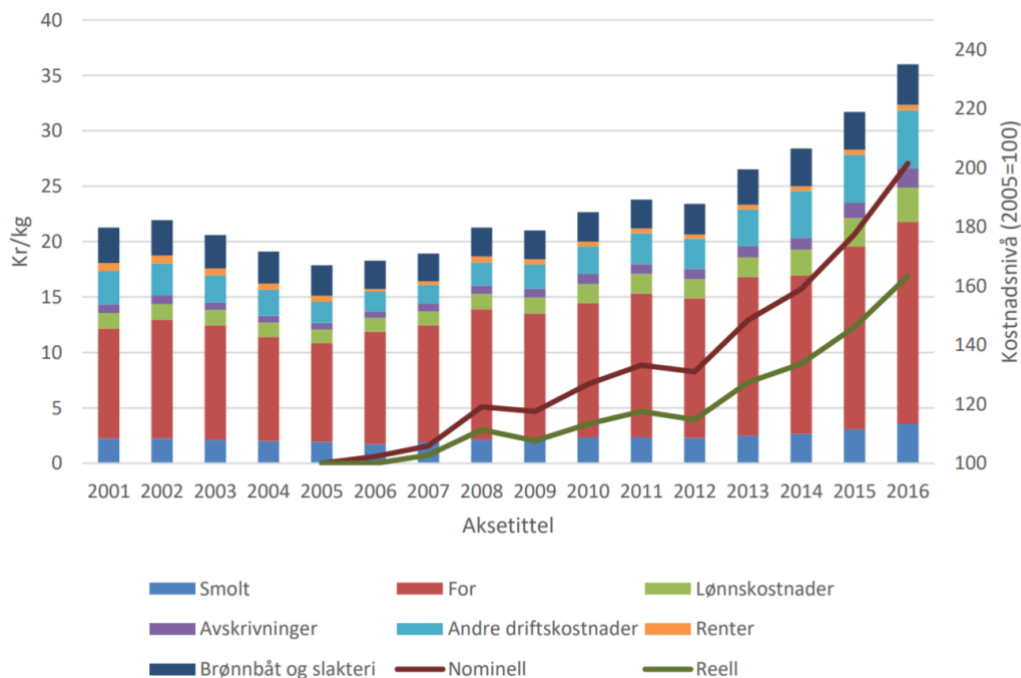
I akvakulturregelverket er settefisk definert som; rogn og fisk som blir produsert med sikte på overføring til andre lokaliteter eller annen type produksjon. Det er etter laksetildelingsforskriften ingen begrensninger på antall fisk, tillatelser eller størrelse på anlegg. Tildelingen av søknaden er regulert av laksetildelingsforskrift § 31. (Fiskeridirektoratet, 2018)

Det skal ikke gis klarering av lokalitet for settefisk til hverken merdbasert ferskvannslokalitet eller sjøvannslokalitet. Jf. 31a kan ikke tillatelser som gis til landbasert akvakulturvirksomhet brukes til produksjon i sjøen. (Laksetildelingsforskriften, 2005)

## 2.2 Produktivitets- og kostnadsutvikling

Den norske lakseindustrien har siden 1970-tallet vært gjennom en substansiell utvikling. Produksjonen har økt fra noen tusen tonn i 1980, til 1 236 354 tonn matfisk i 2017. Dette utgjør 94,5% av akvakulturen i Norge (Akvakultur, 2018). Denne økningen skyldes i stor grad en sterk vekst i produktiviteten, med lavere produksjonskostnader og en forbedret konkuranseevne (Sandvold & Tveterås, 2014). Teknologiske endringer har ført til forbedrede innsatsfaktorer og muliggjort en bedre kontroll over produksjonsprosessen. Samtidig har etterspørselen økt, industristrukturen har endret seg, og produktiviteten i leverandørmarkedet har økt. Samtlige av disse faktorene har bidratt til økt produksjon. (Sandvold & Tveterås, 2014)

I dag er industrien mer preget av automasjon enn tidligere. Introduksjonen av nye innovasjoner har økt evnen til å produsere mer med mindre innsatsfaktorer, noe som har ført til at produktiviteten per arbeider har økt fra 88 000 enheter fisk i 1988, til 413 000 enheter fisk i 2010 (Sandvold & Tvetås, 2014). Incentivet for å implementere og utvikle automasjonsprosesser og ny teknologi er å forbli konkurransedyktige i markedet ved å redusere marginalkostnaden. Den teknologiske utviklingen som allerede har funnet sted har økt evnen til å produsere mer fisk med mindre innsatsfaktorer. Dette skyldes i hovedsak de nye innovasjonene som har preget industrien de siste tiårene. For å være konkurransedyktige og tilrettelegge for en bærekraftig produksjon er innovasjon en kritisk faktor. Fra lakseoppdrettsindustriens oppstart sank kostnadene betydelig frem til 2005, men som vi ser fra figuren nedenfor har kostnaden gjennomgått en reversert utvikling fra 2005 til 2016 med en økning på over 60 %.



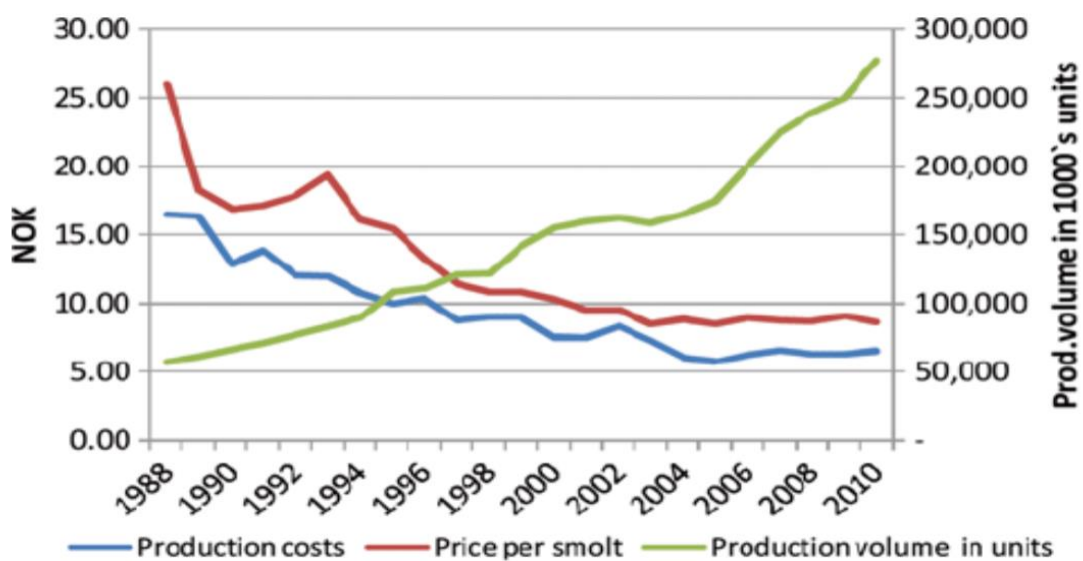
Figur 1: Produksjonskostnader for laks, slaktet og pakket for perioden 2001 til 2016 (Iversen, 2017)

Den største utgiftsposten er fôr, som også har hatt en kostnadsutvikling på 105 %. En annen utgiftspost som har hatt en substansiell utvikling siden 2005 er andre driftskostnader, som kan relateres til kostnader forbundet med vaksinerings, avlusning og ny teknologi. Dette er den utgiftsposten som har økt mest prosentvis med en økning på 177 % siden 2005. Økningen i lønnskostnader på 155 % siden 2005 kan gjenspeiles i etterspørselen etter kompetanse.

Industrien blir mer teknisk og kompetansekrevenende, som gjør at de arbeidstakerne som innehar den rette kompetansen, har sterkere forhandlingskort. Kostnadene relatert til smolt påvirkes av lavere slaktevekter, og har siden 2005 økt med 83 %. (Iversen, 2017)

Smolt er den innsatsfaktoren som har den største delen av de totale kostnadene for å produsere slakteklar laks - etter fôring. Ifølge Tveterås og Heshmati er to tredjedeler av reduksjonen i kostnader innen lakseoppdrett grunnet bedre og billigere innsatsfaktorer (Tveterås & Heshmati, 1999). Kostnaden for smolt i 1985 var 25 % av de totale kostnadene, mens kostnadene i 2010 representerte 12 % (Sandvold & Tveterås, 2014) Dette illustrerer betydningen av smolt som en kritisk faktor når man skal analysere de kostnadsreduksjonene som har funnet sted i produksjonen av laks.

### *Norwegian Production of Juvenile Salmonids*



Figur 2: Oversikt over produksjonskostnader, pris per smolt og produksjonsvolum (Sandvold & Tveterås, 2014)

Som vi ser fra figur 2 var produksjonsvolumet nesten fem ganger så høyt i 2010 sammenlignet med produksjonen i 1988. Økningen i produksjonsvolumet er fulgt av reduksjon i enhetskostnad og salgspris per smolt. Enhetskostnaden har blitt redusert fra 16 kroner i 1988 til rundt 7 kroner i 2010. Reduksjonen i kostnaden per enhet er en indikator på den teknologiske utviklingen som har funnet sted gjennom de siste tiårene, men som vi ser fra figuren var det en økt enhetskostnad fra 2005, noe som kan indikere at det har vært en negativ utvikling i produktiviteten de siste årene. Salgsprisen per enhet har også opplevd en nedadgående trend fra

rundt 26 kroner per enhet i 1988, til rundt 9 kroner i 2010. Figur 2 gir ikke en direkte indikator på om produktiviteten har økt, eller i hvilken grad den teknologiske endringen har påvirket utfallet, men det gir en overordnet oversikt over utviklingen som har funnet sted. Ut ifra disse opplysningene ser vi at kostnaden og salgsprisen påvirker hverandre. Dette er i henhold til det mikroøkonomiske prinsippet innen fri konkurranse, hvor markedet tilpasser seg der pris er lik marginalkostnad, som representerer en konkurransedyktig industri.

## 2.3 Produksjonsprosessen

Før laksen ender opp på middagsbord rundt omkring i verden har den vært gjennom et 3-4 år langt livsløp. Videre forklares produksjonsprosessen og livssyklusen til laksen, fra stryking av rogn og befruktning til den er klar for slakting og eksport.

### 2.3.1 Stamfisk

Stamfisk er fisk som brukes til kunstig formering. Stamfisk var opprinnelig villaks som ble fanget og oppbevart i egne basseng og anlegg, eller i gjennomstrømmende vann. I dag blir stamfisken oppbevart i egne anlegg. Når fisken er kjønnsmoden stryker man rogn fra hunnlaksen og befrukter rognen med melke fra hanlaksen, før rognen blir transportert videre til et klekkeri. I Norge begynte man med systematisk oppdrett av laks i 1972. Per nå er man på den 10. generasjonen av denne stamfisken. (Labora, 2019).



Figur 3: Laksens livssyklus

### 2.3.2 Yngel og parr

Etter klekking får den befruktede rognen en liten sekk på magen som ligner en plomme, og fisken kalles på dette stadiet for plummesekkyngel. De første ukene tar fisken til seg næring fra plummesekken. Etter rundt en måned begynner fisken å ta til seg annen næring, og får da en såkalt startdiett. Dette er en prosess som tidligere var forbundet med høy dødelighet. Etter hvert

som man har tilegnet seg mer erfaring har dødelighetsraten blitt redusert. Fisken vil videre vokse seg større og endre farge, og kalles nå for parr. (Sandvold, 2016)

### 2.3.3 Smolt

Smoltifisering er en fysiologisk prosess som klargjør fisken for saltvann. Smoltifiseringen foregår i et settefiskanlegg der fisken holdes i 10-16 måneder før den videre flyttes ut i sjøen. Under denne prosessen har man god kontroll på fisken, og man forsøker i best mulig grad å legge forholdene så godt som mulig til rette for at fisken skal ha gode levevilkår. Ved smoltifisering får fisken endret utseende og fysiologi. Fisken får en annen farge og blir i stand til å skille ut salt over gjellene og gjennom nyrene (Sandvold, 2016) Temperaturen på vannet, vannkvalitet og bruk av lys gjør fisken klar for utsett. På vinteren får fisken lite lys, mens den gradvis får mer lys utover våren, slik at den følger årstidene og er klar for utsett på våren. Denne metoden brukes også året rundt slik at man lurer fisken til å tro at det er vår, og på denne måten kan sette ut fisken flere ganger i året. Bruken av kunstig lys var en stor og viktig innovasjon som ble tatt i bruk på 1980-tallet.

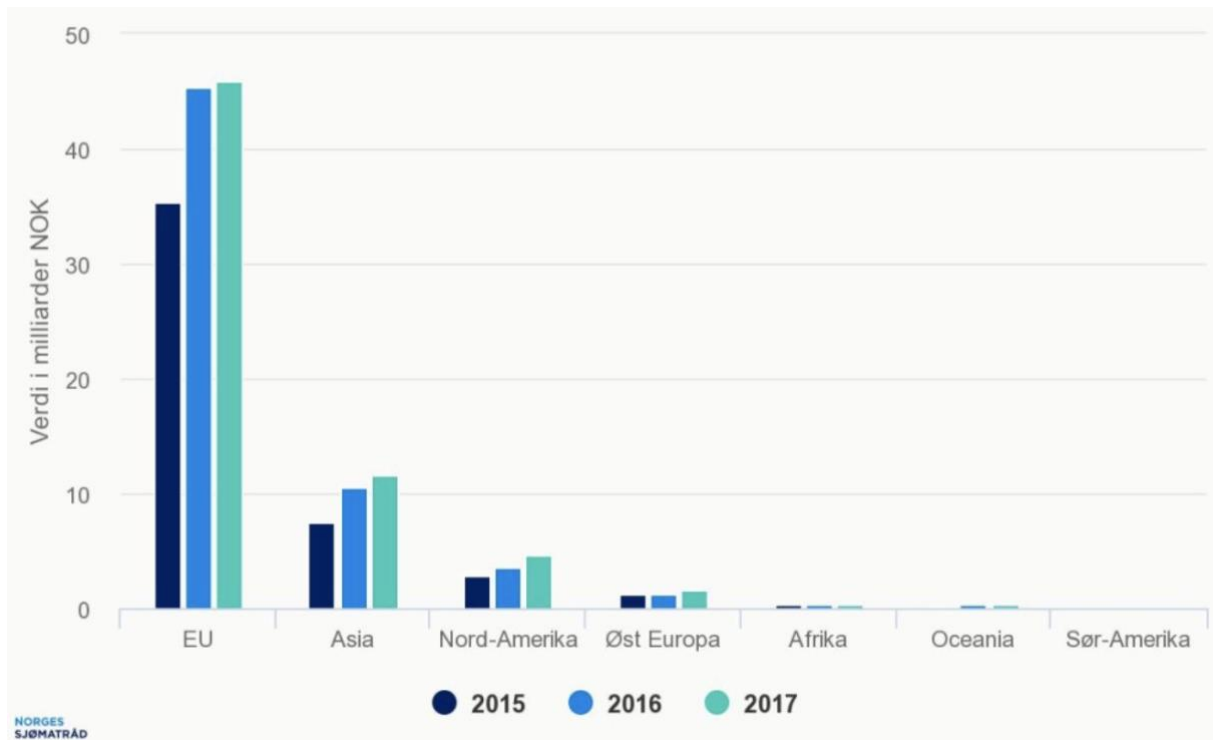
Når smoltifiseringsfasen er ferdig og settefisken er klar for sjøen blir den fraktet med brønnbåter ut til merdene for videre vekst.

### 2.3.4 Matfisk

I den siste fasen av produksjonsprosessen gjøres fisken slakteklar, og kalles deretter for matfisk. Fisken blir fraktet fra settefiskanlegget og ut til sjøen. Her vokser den seg stor før den blir slakteklar. Som oftest holdes fisken i sjøen i 14-22 måneder. På denne tiden har fisken fått en vekt på mellom 4-6 kilo. (Labora, 2019)

### 2.3.5 Slakt og eksport

Når fisken er klar for slakting blir den transportert med brønnbåter fra sjøen til slakteriet. På slakteriet blir den bedøvet, avlivet, sløyd, vasket og sortert etter størrelse og kvalitet. Når dette er gjort blir fisken lagt på is og distribuert til kunder over hele verden.



Figur 4: Eksport av laks til ulike regioner for periode 2015-2017 (Norges Sjømatråd, 2018)

Norge selger klart mest laks til EU, og ca. 73 % av all eksportert laks blir eksportert dit. I 2017 ble det eksportert laks for 45,7 milliarder kroner til EU, med en samlet vekt på 736 000 tonn. Dette er en volumnedgang på 2 %, men en verdiøkning på 1% sammenlignet med 2016. (Norges Sjømatråd, 2018)

Polen og Frankrike var de største markedene for norsk laks i 2017. Det var en nedgang i eksporten til begge landene på henholdsvis 6 % og 10 % i 2017. Danmark og Spania importerte mer norsk laks enn tidligere, og var de landene med størst vekst. Eksporten økte med 15% til Danmark og 8% til Spania. (Norges Sjømatråd, 2018).

Asia er det området vi eksporterer nest mest laks til. Norge eksporterte laks til en verdi av 11,6 milliarder kroner til Asia i 2017, tilsvarende en vekt på 169 000 tonn. Dette er en volumøkning på 13 % og en verdiøkning på 11 %. De største eksportlandene i Asia var Japan, Vietnam og Sør-Korea. På tredjeplass av regioner vi eksporterer laks til finner vi Nord-Amerika, med USA i spissen. (Norges Sjømatråd, 2018)



### 3. Landbasert settefiskproduksjon

Settefiskproduksjonen i Norge er representert ved landbaserte anlegg. Fra 1988 har produksjonsvolumet økt fra 50 millioner til 339 millioner enheter smolt i 2017 (Fiskeridirektoratet, 2018). Innen klekkeri og settefiskproduksjon jobbet det 1740 personer per 2017 (Statistisk Sentralbyrå, 2019). Til tross for en økende produksjon av settefisk ser vi en reduksjon i antall settefiskanlegg rundt om i landet. Dette illustrerer at effektiviteten og produksjonskapasiteten har intensivert seg de siste årene, og samtidig har forbruket av vann per produksjonseenhet blitt redusert. Denne utviklingen skyldes flere ulike innovasjoner, blant annet: RAS-teknologi og CO<sub>2</sub>-lufting. (Mattilsynet, 2014)

#### 3.1 Teknologi

Settefiskproduksjon foregår på land, fra stryking av rogn og befruktning, til fisken er smoltifisert og klar for å bli satt i sjøen. Produksjonen er tradisjonelt basert på gjennomstrømningsteknologi, men de senere årene har introduksjonen av RAS endret industrien.

##### 3.1.1 Gjennomstrømning



Figur 5: Forenklet illustrasjon av gjennomstrømningsteknologien

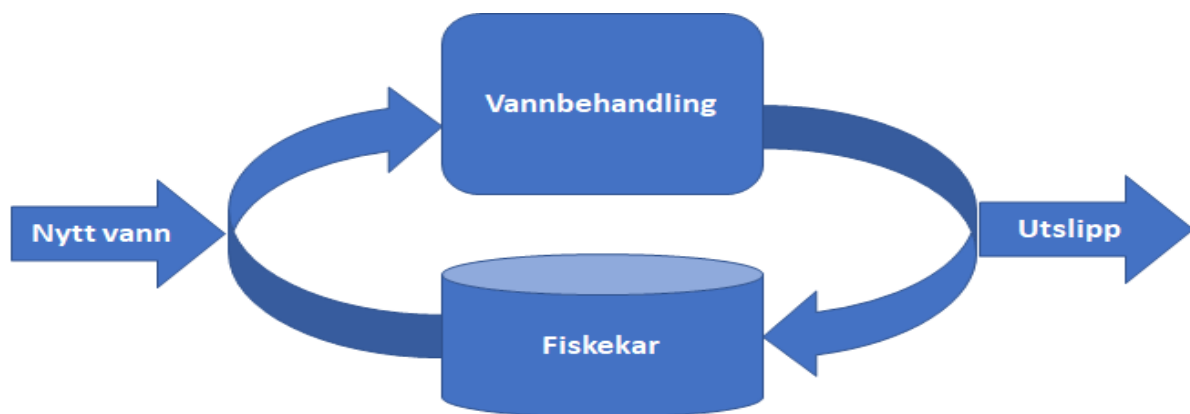
Frem til 2005 var nesten samtlige anlegg basert på den tradisjonelle metoden ved bruk av gjennomstrømning. I et gjennomstrømningsanlegg blir karet tilført råvann fra elver eller innsjøer ved ett innløpspunkt, sirkulert gjennom fiskekaret, og så pumpet ut igjen av systemet. Før var det ingen gjenbruk av vann i gjennomstrømningsanlegg, men i dag er flere av disse anleggene designet slik at man tilsetter oksygen og anvender CO<sub>2</sub>-luftere for å fjerne CO<sub>2</sub>, dermed gjenvinner man en andel av vannet. Hvor mye man gjenbruker av vann varierer ut ifra flere faktorer, men gjenbruksandelen vil normalt være fra 30-70 % (Bjørndal, Holte, Hilmarsen, & Tusvik, 2018). Gjennomstrømningsanlegg er driftssikkert og lite komplisert, og fra et

biologisk perspektiv er det også denne produksjonen som kan assosieres med den naturlige prosessen, men grunnet flere faktorer er samtlige av de nye og prosjekterte settefiskanleggene basert på RAS.

Kunnskapen som kreves for å drifte et gjennomstrømningsanlegg begrenser seg til generell røkterkompetanse, mens det i RAS-anlegg kreves det tverrfaglig kompetanse som dekker både de tekniske og biologiske kravene. Til sammenligning med RAS-anlegg kreves det også et mindre personell i den daglige driften. Dette gjør at lønnskostnadene i et gjennomstrømningsanlegg er lavere og kompetansen som kreves er lettere å rekruttere.

### 3.1.2 RAS

Innen settefiskproduksjon er bruken av RAS blitt så fremtredende at det kan kategoriseres som en radikal innovasjon. Teknologien som omfatter RAS gjør at vannet blir behandlet, og dermed kan gjenvinnes og brukes flere ganger. Det er flere fordeler med denne teknologien, men det fundamentale med RAS er at det reduserer behovet for vann i produksjonen. For å kunne øke produksjonen av fisk med samme vannkilde er vannet nødt til å resirkuleres. Noen produserer smolt på ferskvann hvor de tilsetter sjøvann med rundt 2-3 promille, men de fleste av anleggene anvender brakkvann med en salinitet på 12-14 promille. Tidligere forskning viser at høyere tilsetning av sjøvann øker risikoen for dødelighet og sykdom. (Bjørndal, Holte, Hilmarsen, & Tusvik, 2018).



Figur 6: Forenklet illustrasjonsbilde av RAS teknologien

Metodikken i RAS-anlegg er at vannet renses ved bruk av flere komponenter, og gjenbrukes. Det er ulike design på RAS-anleggene, men prinsippet som er illustrert i figur 6 er det samme. Hvor mye hvert anlegg gjenvinner av vann er også forskjellig, og vil være et resultat av graden

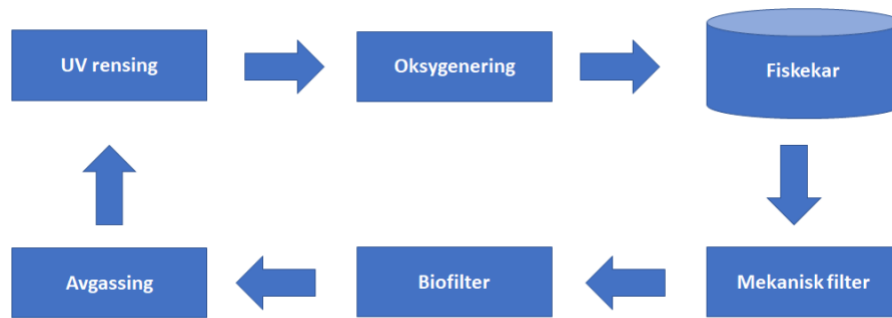
av rensing, men de fleste ligger på en gjenbruksandel på ca. 95-99 prosent (Laks på land, 2015). Det er flere ulike metoder å drive produksjon av smolt på i et RAS-anlegg. Primært er det ferskvann som blir benyttet, men det kan også brukes sjøvann, eller begge deler. Det viktigste er at anlegget må tilrettelegges for å oppnå god fiskevelferd, optimal vekst og fôrutnyttelse. (Laks på land, 2015).

Kritiske faktorer som produksjonsparametere, temperatur og vannkvalitet kan kontrolleres i en høyere grad enn ved gjennomstrømning. Med en økende interesse for å fremme effektiviteten i produksjonen og forbedre vannkvaliteten er det i de senere årene gjort teknologiske fremskritt innen RAS. Dette har ført til at man kan produsere mer effektivt og muliggjør produksjon av større fisk opp mot én kilo, og dermed redusere fiskens eksponeringstid i sjø. Dette gjør at fisken er mer robust og motstandsdyktig når den settes ut i sjø, som fører til at risikoen for kritiske miljømessige og økonomiske konsekvenser som utslipp av forurenset vann, dødelighet og rømming reduseres, samtidig som man opprettholder et friskt og sunt miljø for fisken. (Laks på land, 2015)

Det er flere grunner til at industrien har opplevd en økt interesse for RAS. Fra et økonomisk perspektiv vil man i tillegg til å redusere vannforbruket oppleve besparelser relatert til forbruket av energi ved temperaturstyring. Energi en synergieffekt av resirkuleringen, og dermed produseres energi slik at det er rimeligere å opprettholde en optimal varme i karene. Dette er spesielt fordelaktig i vinterhalvåret, både med tanke på økonomi og vekstvilkår. En ulempe er at det også krever ekstra energikostnader i form av pumping og oksygentilsetting. Ved å resirkulere vannet vil det naturlig nok redusere behovet for vann, og sammenlignet med den tradisjonelle metoden vil behovet for vann være betraktelig mindre. Det er også en begrenset tilgang på lokaliteter som innehar de forutsetningene som kreves for å drifte et gjennomstrømningsanlegg. Andre faktorer som spiller inn på denne utviklingen er endringene i forskriftene som økte begrensningen fra 250 gram til ett kilo for settefiskprodusenter, og veterinærenes oppfatning av settefiskproduksjon. (Bjørndal, Holte, Hilmarsen, & Tusvik, 2018)

### 3.1.3 Komponenter i RAS-anlegg

I dette delkapittelet vil vi greie ut om de viktigste komponentene som normalt er inkludert i et RAS-anlegg. Det er ut ifra ulike lokaliteter og forutsetninger forskjellige design på RAS-anlegg rundt om i landet. Dette er derfor en overordnet oversikt over minimumskravene som vi tror er representativt for den norske industrien.



Figur 7: Illustrasjon av komponenter i et RAS-anlegg

Mekanisk filtrering brukes til å fjerne grove partikler, som for eksempel rester av avføring og fôr. Denne aktiviteten forbruker oksygen, og vil også bidra til en økt ammoniakkbelastning i systemet. Det er som nevnt mange forskjellige design på ulike RAS-anlegg, men mekaniske filtre er generelt akseptert som en avgjørende komponent, og det skal være en prosess forut for biofilteret. Denne komponenten anvendes også i gjennomstrømningsanlegg. (Hjeltnes, et al., 2012)

Biofilteret er en avgjørende komponent som kreves for å kunne oppnå en høy grad av resirkulering. Den viktigste funksjonen til biofilteret er å fjerne ammoniakk ved å konvertere det til nitrat, som er mindre skadelig. Det er viktig å ha lave nivåer av ammoniakk i RAS-anlegg, og for å opprettholde disse lave nivåene er biofiltre med store overflatearealer gitt for bakteriene der ammoniakk er oksydert i en to-trinns prosess til nitrat via nitritt. RAS-anlegg som baserer seg på sjøvann krever større kapasitet i biofiltrene enn ved ferskvann. I et velfungerende RAS-anlegg hvor et stabilt biofilter kombineres med streng kontroll av vannkvalitet er det mikrobielle samfunnet av filteret beskyttende. Dermed er den heterotrofiske bakteriepopulasjonen forventet å ha en positiv effekt mot patogene bakterier. Til tross for at mikrobielle samfunn i biofiltre kan stabilisere systemene er det ved flere anledninger funnet patogene bakterier. De kan forekomme ved fornyelse av vann eller ved innføring av fisk, og over tid kan patogener være konsentrert. Dette understreker viktigheten av streng kontroll, spesielt ved innførelse av fisk og ved fornyelse av vann. Det er viktig å holde kontroll på nivået av organisk materiale, fordi en høy organisk belastning kan svekke systemet. Dårlig vannkvalitet kan føre til stress hos fisken, som vil gjøre dem mer utsatt for sykdommer. God styring av vannkvalitets parametere som oksygen, pH, CO<sub>2</sub>, TAN, nitritt (NO<sub>2</sub>-), gassovermetning og temperatur er en kritisk suksessfaktor i RAS-anlegg. Biofilteret og bakteriepopulasjonen er avhengig av disse faktorene. For å hindre en etablering av patogener

organismer er det viktig å drifte RAS-anlegget på en god og forsvarlig måte. (Hjeltnes, et al., 2012)

UV-behandling og ozonering for å desinfisere og sikre en god vannkvalitet i vannet er viktig. På grunn av høy organisk belastning, økt pH, økt vanntemperaturer og høy tetthet er miljøet i RAS-anlegg gunstig for vekst av bakterier. Det er et krav fra myndighetene å opprettholde en god vannkvalitet, og UV-behandling er en prosess som desinfiserer vannet og forhindrer sykdomsspredning. Ved hjelp av ozon omdanner man organiske materialer til CO<sub>2</sub>, og eliminerer vekk de små partiklene i vannet. Kombinert med evnen til å kunne desinfisere, brukes også ozon (O<sub>3</sub>) for å forbedre vannkvaliteten ved å redusere turbiditeten. Det er viktig å fjerne restene av ozon siden dette er giftig for både fisk og mennesker. Dette gjøres ved å la vannet som er ozonbehandlet renne gjennom et karbon filter eller gjennom en gassutskiller. Hvis ozon blir tilsatt før passasje av bioreaktoren vil ozonrestene bli fjernet av biofilteret. Ozon blir vanligvis tilført før det mekaniske og biologiske filteret. (Hjeltnes, et al., 2012)

Karbondioksid (CO<sub>2</sub>) er produsert av fisken og bakteriens metabolisme. CO<sub>2</sub> reduseres vanligvis ved en CO<sub>2</sub>-stripping, men hvis nivået av karbondioksid overstiger det aksepterte nivået vil det begrense produktiviteten og fiskens velferd. (Hjeltnes, et al., 2012). Overmetning kan føre til tilfeller av sykdommer og dødelighet, men den eksponerte fisken kan utligne gassovermetningen når den overføres til vanlig gassmetning. Ved akutt nitrogenovermetning kan dødelighet oppstå veldig raskt, og når fisken først har blitt eksponert er det ikke reversibelt. Dette kalles Gas bubble disease, og ytre kjennetegn er gassblærer i bløtvev mellom finnestråler, og i ganen, øyet og gjellenes blodkar. Ved tilfeller av kronisk gassovermetning er det derimot reversibelt. Noen av årsakene til at denne lidelsen kan forekomme er ved noe lavere og vedvarende overmetning, og ved tilfeller der det blandes sjøvann og ferskvann i settefiskanlegg. Vanligvis er dette forårsaket av blanding direkte i kar uten lufting og ulike temperaturer. Dybden i karene spiller en viktig rolle i forhold til de mulighetene fisken har til å utligne gassovermetningen. Når fisken har tilgang til dybder i karet kan det eliminere risikoen for at de blir utsatt for gassovermetning. Med andre ord er fisk som befinner seg høyt i karet mer utsatt for overmetning. Derfor er det mer risiko knyttet til grunne kar enn dype. (Munkeby, 2017)

Økningen i fôrforholdene og biomassen må kompenseres med tilførsel av oksygen. I RAS-anlegg med høy tetthet, er det vanlig å bruke rent oksygen fra en generator eller et flytende høytrykksystem. (Hjeltnes, et al., 2012)

Siden responstiden på kritiske ulykker i RAS-anlegg er veldig kort, og konsekvensene av dette kan være katastrofale er det viktig med et kontrollsystem som fungerer og eventuelle nødløsninger. Drift av RAS-anlegg er en komplisert og kompetansekrevende prosess hvor flere komponenter er avhengig av hverandre. Det betyr at hvis en del av prosessen svikter kan det få store konsekvenser for resten av produksjonen. Derfor er det viktig med reserveløsninger som på best mulig vis minimerer skadene ved svikt i systemet. (Hjeltnes, et al., 2012)

## 3.2 utfordringer

Både gjennomstrømningsanlegg og RAS-anlegge har sine motstandere og tilhengere. Dette delkapitlet tar for seg utfordringer ved de to ulike produksjonsmetodene. Først greies det ut om utfordringer knyttet til gjennomstrømningsanleggene, før man videre belyser utfordringene med RAS.

### 3.2.1 Gjennomstrømning

Gjennomstrømningsanleggene er avhengig av gode vannressurser med jevn og høy kvalitet, som kan supplere etter behov. Klimaparameterne som påvirker vanntilførselen og kvaliteten er derfor avgjørende. For eksempel kan tørkeperioder forårsake vannmangel, og kraftig nedbør kan føre til store svingninger i den kjemiske sammensetningen i vannet. Flere av gjennomstrømningsanleggene i Norge har utnyttet sine vannressurser opp til et maksimalt nivå, og ved en eventuell utvidelse av produksjonen vil vannmangel være en begrensende faktor. Det er kritisk for disse anleggene at lokasjonen har naturlige forhold som tilrettelegger for gjennomstrømning, derfor vil det også være utfordrende å finne nye lokaliteter som oppfyller disse kravene ved en eventuell bebyggelse av et nytt tradisjonelt settefiskanlegg, da de beste lokalitetene allerede er tatt.

En av utfordringene med gjennomstrømningsanlegg er etterspørselen etter større og sterkere fisk. Kvaliteten på smolten som blir produsert i settefiskanlegg er en avgjørende faktor i forhold til svinn på oppdrettsfisken i sjø. En av de største årsakene til svinn i sjø er settefiskkvalitet, og dårlig smoltkvalitet er en utslagsgivende årsak som gjør at fisken i større grad er utsatt for sykdommer og misdannelser i sjøen. (Bleie & Skrudland, 2014)

I gjennomstrømningsanlegg er det vanskeligere å kontrollere vannkvaliteten, og ifølge en rapport fra vitenskapskomiteen konkluderte de med at med en god og forsvarlig drift av RAS-anlegg stabiliserer og forbedrer vannkvaliteten sammenlignet med gjennomstrømningsanlegg. Dette resulterer i en bedre kvalitet på smolten, og økt fiskehelse og velferd. (Hjeltnes, et al., 2012)

I et tradisjonelt settefiskanlegg tilføres det mye nytt vann, som også krever behandling. Behandling og fjerning av slam er tids- og kostnadskrevende, og gjør at slam blir en begrensende faktor. Tradisjonelle settefiskanlegg har et mekanisk filter for å rense utslippsvannet for de største partiklene. Påleggene for rensing varierer, og mange har i dag et utsleppsløyeve som gjør at de slipper å behandle slammet.

Mangelen på kontroll over produksjonen kan gi flere utfordringer. Tradisjonelle gjennomstrømningsanlegg er basert på enkel teknologi som er avhengig av et godt samspill med ytre faktorer. Dette gjør at man ikke har mulighet til å manipulere kritiske faktorer som sikrer optimale vekstforhold, velferd og stabile vekstvilkår. For eksempel vil man under ekstreme tørkeperioder kunne oppleve mangel på vann, og ved kalde vintre kan man oppleve at temperaturene i vannet er så kalde at fisken ikke vokser. Sistnevnte er spesielt en utfordring i Nord-Norge hvor temperaturene kan være nede i null grader. Når produksjonen er avhengig av ytre faktorer begrenser det forutsigbarheten, noe som gjør planleggingsfasen vanskeligere.

### 3.2.2 RAS

«Store mengder fisk døde» og «Tapte en fjerdedel av årets produksjon på én dag» er eksempler på avisoverskrifter om RAS-anlegg. Som med de fleste innovasjoner bringer også RAS med seg både fordeler og ulemper. Statistikk viser at selv om utviklingen av RAS er positiv, er det også mange problemer knyttet til driften av anleggene.

RAS-teknologien ble utviklet for å kunne drive oppdrett av laks der vannressursene er begrenset. Å resirkulere vannet fører til mindre bruk av vann, samtidig som man i et RAS-anlegg kan styre produksjonen bedre og mer nøyaktig. En av de største utfordringene med RAS-anleggene er at man må ha en konstant overvåking. Om noe skjer i et RAS-anlegg, har man gjerne bare noen minutter å reagere på, før det går galt og man ender opp med overskrifter som nevnt ovenfor. Man trenger vakt døgnet rundt, som kan være på anlegget innen få minutter

dersom alarmen går. Konsekvensene av sykdomstilfeller i et lukket system som RAS, er en av hovedårsakene til at det fortsatt finnes en del motstandere av teknologien. Å ha nok kunnskap og gode nok folk til at man klarer å holde vannkvaliteten på et akseptabelt nivå for å forebygge sykdom, er en stor utfordring. (Badiola, Mendiola, & Bostock, 2012)

Å drifte et RAS-anlegg er en komplisert prosess. For det første trenger man mye mer kompetanse enn hva man gjør om man drifter et gjennomstrømningsanlegg, og et design som sikrer god biosikkerhet er avgjørende for suksess. For å drifte et RAS-anlegg har man derfor behov for teknisk og biologisk kompetanse, slik at man til enhver tid er klar til å fikse kritiske utfordringer som kan oppstå. Det er behov for et mer tverrfaglig miljø og personer med kvalifisert utdanning. I et gjennomstrømningsanlegg er ofte kompetansen begrenset til generell røkterkompetanse. Et RAS-anlegg bygger på et avansert system med komponenter som skal fungere sammen. Det skal løses oppgaver relatert til vannkjemi, biologi, elektrisitet, ventilasjon, prosjektering, design og røkterkompetanse. Det å få tak i denne kompetansen kan være krevende, spesielt siden mange av anleggene bygges et godt stykke fra byer og sentrale steder der folk gjerne ønsker å bo. (Bjørndal, Holte, Hilmarsen, & Tusvik, 2018)

En annen utfordring er at RAS er kapitalkrevende. Det er en dyr investeringskostnad, i tillegg til at man trenger et større personell enn man gjør ved drift av et gjennomstrømningsanlegg. Dette fører til at lønnskostnadene er høyere. (Badiola, Mendiola, & Bostock, 2012).

Å ha vann i kontinuerlig resirkulering krever konstant inntak av nytt inntaksvann, noe som i de fleste tilfeller vil øke elektrisitetskostandene. Selv om elektrisitetskostnadene kan stige ved inntak av vann, kan man også bruke energien til å varme opp vannet slik at fisken får det bedre. Summen av dette trenger ikke bety av de økte elektrisitetskostnadene øker produksjonskostnadene samlet sett.

### 3.2.3 Fiskehelse

Lakselus og rømning er de største utfordringene for fiskehelsen i norsk oppdrettsnæring (Mattilsynet, 2016). I alle havområder på den nordlige halvkule finnes lakselus; en naturlig parasitt i saltvann. Den skader fisken ved å spise av skinn, blod og slim. Konsekvensen av dette kan være andre infeksjoner fra sopp og bakterier. Lakselusen trives best i vann med høy temperatur og høyt saltinnhold. I laksens livssyklus svømmer den opp i ferskvannet i elvene,



og av naturlige årsaker dette lusene av fisken. En av utfordringene med lusene er smittefaren, lakselus er som nevnt en naturlig parasitt, men smittefaren øker ved større kvantum. Dermed er oppdrettslaksen en trussel mot villaksen, spesielt i den ville smoltens utvandningsperiode. Derfor er oppdretterne pålagt å utføre en felles behandling hver vår for å oppnå et så lavt lusnivå som mulig. De er også pålagt å telle og rapportere inn til Mattilsynet antall lakselus per fisk, sjøtemperatur og en eventuell behandling. Om sjøtemperaturen er under fire grader må det rapporteres en gang hver fjortende dag. Hvis temperaturen er fire grader eller mer må det rapporteres hver uke. Om det er lakselus i oppdrettsanlegget kan det føre til sår og skader, som øker risikoen for infeksjoner, spesielt hvis fisken er under stress vil velferdsproblemet bli forsterket. (Mattilsynet, 2016)

I gjennomsnitt per fisk er grensen for lakselus i anleggene 0,5 voksen hunnlus av lakselus. Konsekvensen av om dette ikke opprettholdes med tiltak er at de må slakte ut fisken. Hvis noen lokaliteter har hatt overskridelser av lakselus nivået over lengre tid kan de bli pålagt å redusere produksjonen. Ved å produsere større smolt i settefiskanleggene vil det føre til en mer robust fisk som ved utslipp i sjø har utviklet flere forsvarsmekanismer mot lus. I tillegg til at fisken har en kortere eksponeringstid i sjø. (Mattilsynet, 2016)

### **Forebyggende metoder mot lus:**

*Legemidler:* Dette er den metoden som oftest blir brukt. Det kan tilsettes gjennom fôret eller ved badebehandling. *Luseskjørt* kan også brukes som en forebyggende metode. Produksjon av *postsmolt* er en annen måte å begrense lusepåslag i sjøen. Ved å redusere fiskens eksponeringstid i sjø vil man begrense lusepåslag. (Mattilsynet, 2016)

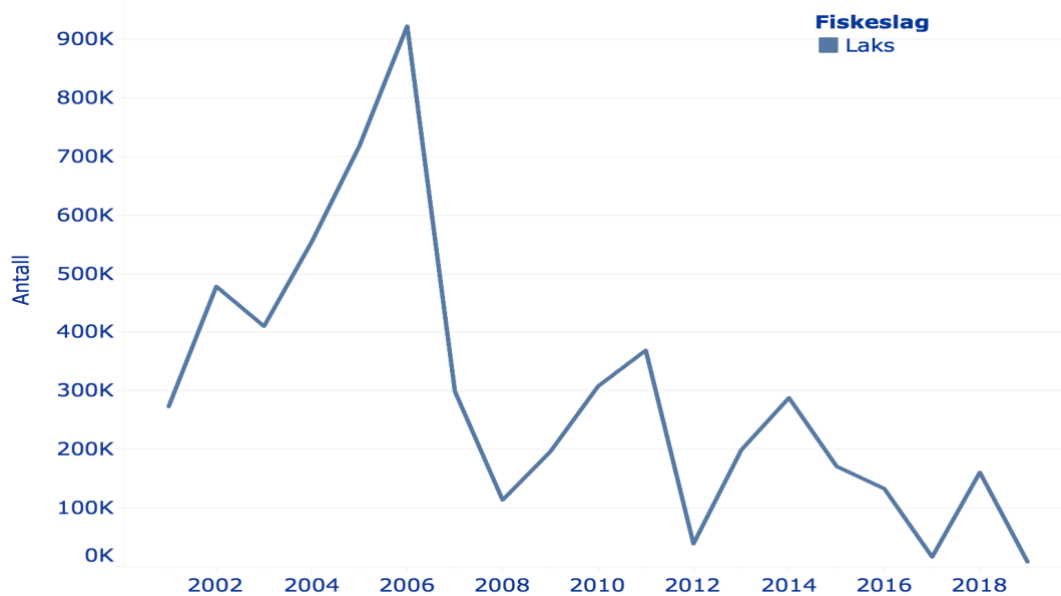
### **Etterbehandling av lus:**

*Rensefisk:* Rensefisk som spiser lusene som sitter på fisken er en annen metode. Denne metoden fungerer best når det er en relativt høy temperatur i vannet, og på mindre laks. En forutsetning er at merdene må være rene. *Mekanisk behandling:* Metoder som laser, børsting, eller spyling med ferskvann eller varmtvann har blitt mer brukt de siste årene grunnet at lakselusen har blitt mer resistente mot legemidler. (Mattilsynet, 2016)

Resistens og nedsatt følsomhet mot legemidler er en kritisk faktor for dagens luseproblematikk. Den fisken som tåler avlusingen best vil overleve, en naturlig konsekvens av dette er at ved

gjentatte avlusingsrunder kan lakselusen utvikle en resistens mot avlusingsmidlene. Dette kan bli et vedvarende problem ved at de som er resistent formerer seg videre.

(Mattilsynet, 2016)

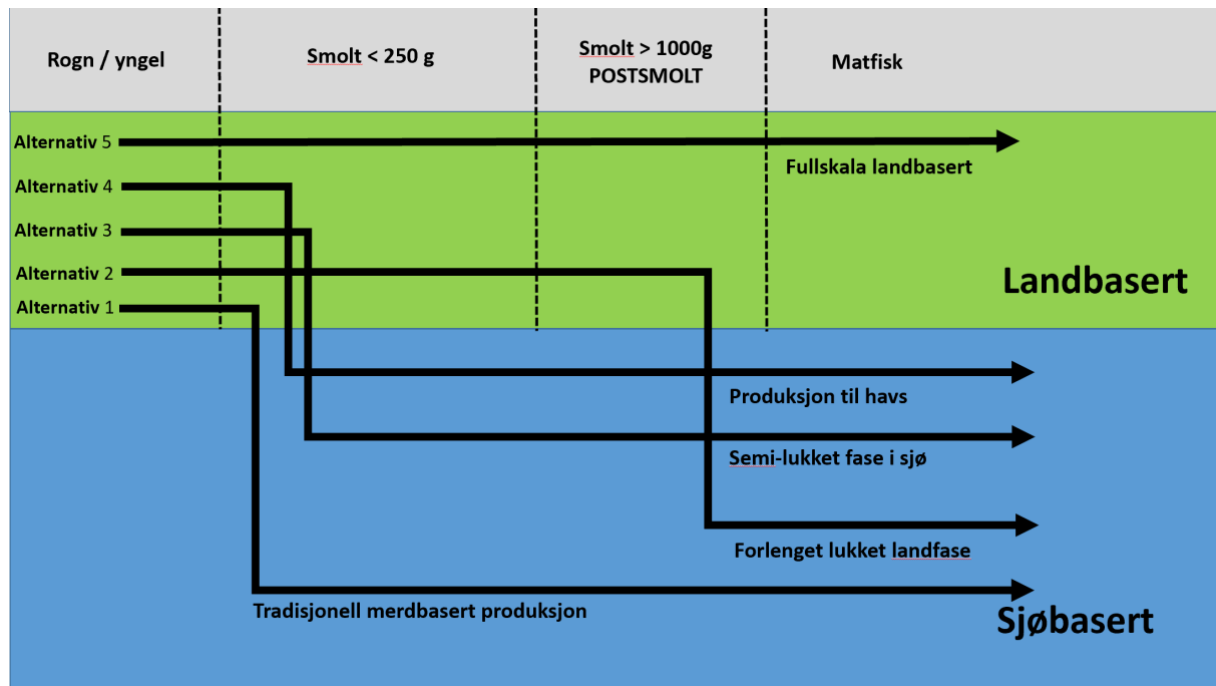


Figur 8: Oversikt over laks på rømmen perioden 2001 til 2019 (Fiskeridirektoratet, 2019)

Som figur 8 viser har rømningsantallet vært preget av store svingninger de siste årene, men fra 2005 til 2008 var det en radikal nedgang fra 900 tusen til 100 tusen laks på rømmen. RAS blir sett på som en fordel med tanke på fiskehelse og velferd. Med økende problematikk i åpne merder i forhold til fiskehelse og lus er disse utfordringene forsøkt løst med postsmolt. Økende investeringer i RAS-anlegg vil ha en positiv effekt på det ytre miljøet. Påvirkningen på resipient vil reduseres grunnet de rensemulighetene av avfallsstoffer i avløpsvannet som ligger i RAS-teknologien, og produksjon av større fisk på land vil redusere risikoen for rømming. Vi ser ut ifra figur 8 at antall laks på rømmen er redusert samtidig som antall RAS-anlegg har økt (Figur 14). Vi antar derfor at det har hatt en positiv effekt på denne utfordringen.

### 3.3 Postsmolt

Fisk som har vært gjennom en smoltifiseringsprosess, og veier rundt 70 gram blir kategorisert som smolt. De morfologiske og fysiologiske forandringene som skjer hos fisken gjennom denne smoltifiseringsprosessen gjør at fisken blir robust nok til å leve i saltvann. Fra fisken er tilvendt sjøen og den første tiden i påvekstfasen på sjøanlegget kalles postsmolt (Nofima, 2014).



Figur 9: Ulike produksjonsmetoder (Laget av Hilde Ness Sandvold)

Figur 9 illustrerer fem ulike produksjonsmetoder. Tidligere kunne ikke settefiskanleggene produsere smolt som var større enn 250 gram. I 2016 var det endringer i forskriftene som opphevet den tidligere vektgrensen på 250 gram før utsett. Det er nå ingen øvrige vektgrenser for settefisk, men det er likevel ikke lov å produsere matfisk med settefiskløyve. Ved alternativ 1 settes smolten ut i sjøen ved en tidlig, normalt etter ett år på land når den er mellom 60-250 gram. Her kan fisken stå i sjøen mellom rundt 14-22 måneder. Dette illustrerer den tradisjonelle produksjonsmetoden. Alternativ 2 representerer en forlenget lukket landbasert produksjon. Her kan fisken holdes til den er opp mot ett kilo, og så slippes ut i sjøen. Etter 10-11 måneder i sjøen vil produksjonen resultere i slakteklar fisk. Dermed kategoriseres fisken som produseres ved alternativ 2 som postsmolt. Ved å endre produksjonsmetoden fra den tradisjonelle metoden til postsmolt vil eksponeringstiden i sjø reduseres, avhengig av vekten på fisken ved utsett. (Bjørndal, Holte, Hilmarsen, & Tusvik, 2018)

Ved å produsere postsmolt er det antatt at man vil oppleve flere positive effekter. De hypotesene som det ofte refereres til er (Terjesen, 2017):

- *Mindre lakselus:* Dersom fisken settes ut når den er ett kilo vil det redusere produksjonstiden i sjø frem til fisken er slakteklar fra 16-22 til 10-11 måneder. Det vil redusere risikoen for å bli utsatt for blant annet lakselus.
- *Større fisk:* Ved å sette ut større fisk vil resultere i at man oppnår en mer robust fisk som er mer motstandsdyktig og har en høyere sannsynlighet for å overleve. Dermed vil dødelighetsraten synke.
- *Vekst i norsk lakseproduksjon:* Man øker produktiviteten og kapasitetsutnyttelsen fordi man oppnår flere utsett og en mer effektiv utnyttelse av MTP.
- *Bedre kontroll:* Ved bedre kontroll av parametere reduserer man risikoen.
- *Raskere vekst:* Når man manipulerer vekstsyklusen og setter ut større fisk vil det resultere i raskere vekst og bedre velferd.

## 4. Teori

### 4.1 Innovasjon

Joseph Schumpeter var en østerriksk økonom som var særlig opptatt av innovasjon og hva som påvirker endring i økonomien over tid. Hans definisjon på innovasjon var (Fagerberg, Mowery, & Nelson, 2005):

*«Innovasjon er kombinasjoner av ny eller eksisterende kunnskap, som blir forsøkt kommersialisert»*

Innovasjon betyr altså å komme opp med nye eller bedre metoder å gjøre ting på, og er selve drivkraften bak utviklingen av samfunnet. Om man ikke finner på nye ting, ville verden sett veldig annerledes ut enn det den gjør i dag. Mobiltelefonen, bilen, internett og kjøleskap er alle eksempler på forholdsvis nye innovasjoner som har gjort at samfunnet har utviklet seg fremover. (Fagerberg, Mowery, & Nelson, 2005)

Innovasjon har også lenge blitt undervurdert når man skal måle økonomiske endringer over tid. Forskning på innovasjoner sin rolle i økonomisk og sosial endring har økt mye de siste årene. Et eksempel på at innovasjon er noe som blir viktigere er økningen i forskning gjort på innovasjon. Det har vært en radikal økning i vitenskapelige artikler med ordet «innovasjon» i overskriften. Før 1960-tallet var det nesten ingen vitenskapelige artikler, mens det nå er flere hundre tusen. (Fagerberg, Mowery, & Nelson, 2005)

Innovasjon er ikke det samme som en oppfinnelse. En oppfinnelse er den første ideen eller tanken om et nytt produkt eller en ny prosess, mens det kan først kalles en innovasjon når man har kommersialisert ideen. Det kan være vanskelig å skille mellom innovasjon og oppfinnelse. Mens ideer kan skapes over alt, er det som oftest selskaper som kommersialiserer innovasjoner. Å gjøre en idé om til en innovasjon krever ofte kunnskap, ulike evner og ferdigheter, samt ressurser. Et selskap har som regel helt andre forutsetninger for å innovere enn det en person har. Firmaet har trolig mye kunnskap om produksjonen, finansielle muskler og gode fasiliteter. Utover dette kjenner de til markedet, og har helt andre distribusjonsmuligheter. (Fagerberg, Mowery, & Nelson, 2005)

Ofte kan det ta lang tid mellom ideens utspring og selve innovasjonen. Man kan komme opp med en super idé i dag, men det er ikke sikkert ideen blir kommersialisert. Dette skyldes som regel at ikke alle kravene for kommersialisering er klare enda. Det kan være at det rett og slett ikke er behov for ideen enda, eller at det per nå ikke er mulig å produsere fordi man mangler noen av innsatsfaktorene. Et eksempel på dette er Leonardo da Vinci og hans ideer om fly. De var gode, men det var ikke mulig å produsere på det aktuelle tidspunktet fordi det ikke fantes gode nok materialer, produksjonskunnskaper eller evner, som igjen resulterte i at man ikke kunne kommersialisere ideene hans. (Fagerberg, Mowery, & Nelson, 2005)

En annen forvirrende faktor når man skal skille mellom idé og innovasjon er at begge deler er en vedvarende prosess. Et eksempel på dette kan være mobilen. Når den først kom var dette en radikal innovasjon som snudde livene våre på hodet. Videre har denne blitt gradvis forbedret med årene. Vi ser ofte på produkter som en enslig innovasjon, men som oftest er det et resultat av mange små og store innovasjoner, kalt inkrementelle innovasjoner, som sørger for at produktet er slik vi kjenner det i dag. (Fagerberg, Mowery, & Nelson, 2005)

## 4.2 Innovasjonstyper

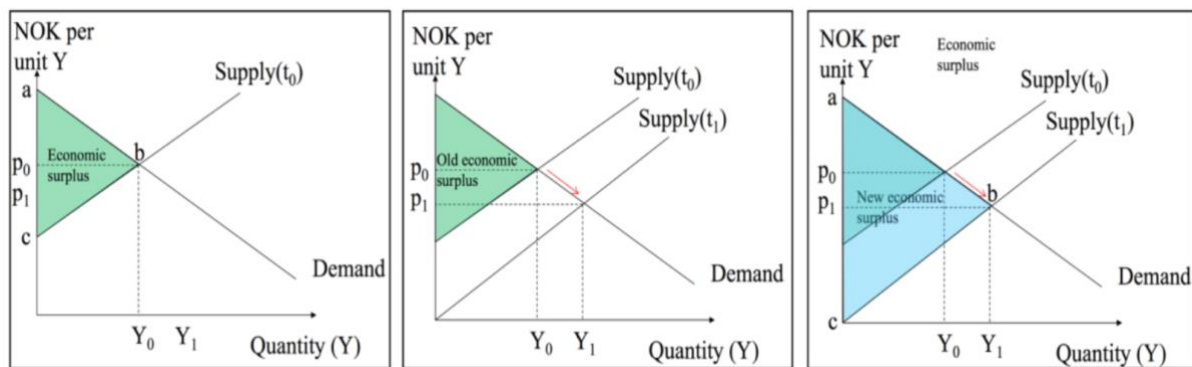
Mange tenker på nye produkter når de hører ordet innovasjon. Men det er ikke slik at nye produkter er det eneste som er en innovasjon. Innovasjon deles ofte inn i følgende typer: *Prosessinnovasjon* og *produktinnovasjon*. Det finnes også andre typer, men disse to innovasjonstypene får mest oppmerksomhet.

### 4.2.1 Produkt- og prosessinnovasjon

- *Produktinnovasjon* er et produkt eller en tjeneste som er helt nytt eller signifikant forbedret. Så vel som et helt nytt produkt som er lansert kan det være et eksisterende produkt som har fått nye egenskaper, funksjoner, andre komponenter, laget av nytt materiale eller lignende. (Fagerberg, Mowery, & Nelson, 2005)
- *Prosessinnovasjon* betyr at man har tatt i bruk nye eller vesentlig forbedret produksjons- eller leveringsmetoder. Dette kan være nytt produksjonsutstyr, nye dataprogrammer, logistiske endringer og roboter m.m. Prosessinnovasjoner går ofte ut over ansatte ved at maskiner tar over jobber som tidligere ble utført av mennesker. RAS er en

prosessinnovasjon. RAS er en ny type å produsere på, som endret settefiskproduksjonen når teknologien ble kommersialisert. (Fagerberg, Mowery, & Nelson, 2005)

For et selskap handler prosessinnovasjon om å skaffe seg et konkurransefortrinn. Årsaken til at et selskap ønsker å ta i bruk RAS er nok fordi dette vil gi selskapet en produksjonsfordel. Flere uavhengige studier viser at uavhengig av industri, land og periode, er det de effektive selskapene som overlever (Syverson, 2011). Ved å produsere smartere eller finne billigere måter å levere på, kan selskapene spare penger. Når et selskap finner billigere og bedre måter å produsere på, vil dette igjen føre til at de kan selge varen eller tjenestene sine billigere enn før. Dette vil videre lede til større etterspørsel siden prisen er lavere nå enn tidligere.



Figur 10: Effekten av prosessinnovasjoner på tilbud og etterspørsel (Tveterås, 2018)

Figur 10 illustrerer en tilbuds- og etterspørselskurve før og etter en prosessinnovasjon.  $Y_0$  representerer mengden før innovasjonen, mens  $Y_1$  viser mengden etter innovasjonen. Det samme gjelder for  $P_0$  og  $P_1$ , som er pris før og etter at innovasjonen er tatt i bruk.

Diagrammet til venstre viser situasjonen før prosessinnovasjonen ble tatt i bruk. I midten ser man at innovasjonen er tatt i bruk, noe som fører til at selskapet nå kan produsere og tilby mer enn tidligere. Vi får da et nytt skjæringspunkt mellom tilbuds- og etterspørselskurven, og som vi kan se er prisen lavere og etterspørselen større. I figuren helt til høyre ser vi de to andre figurene slått sammen. Summen av endringene fører til at det økonomiske overskuddet er blitt større, og både selskapet og kunden har det bedre etter at innovasjonen er tatt i bruk, enn før.

#### 4.2.2 Radikal og inkrementell innovasjon

Som nevnt over, vil nok de fleste som hører ordet innovasjon forbinde det med noe helt nytt, som oftest et nytt produkt. Slik er det ikke nødvendigvis, og derfor skiller man mellom radikal og inkrementell innovasjon. I en studie gjort av Kenneth B Kahn, nevner han at innovasjon bør klassifiseres etter utfall, prosess og tankegang. Innovasjonstypene nevnt over her; *prosessinnovasjon* og *produktinnovasjon* illustrerer hvordan utfallet skiller innovasjonen blant de ulike typene. I samme studie nevner Kahn at mange misforstår ordet innovasjon ved at mange tror at innovasjon må være noe helt nytt og veldig annerledes enn noe som allerede eksisterer. Slik er det ikke, og de aller fleste innovasjonene er små justeringer eller forbedringer. Ved siden av utfall er også graden av hvor nytt og annerledes innovasjonen er viktig for å skille mellom innovasjoner. Her kommer ordene radikal og inkrementell innovasjon til sin rett. (Kahn, 2018)

Radikale innovasjoner er innovasjoner som er forbundet med noe helt nytt. Det kan være et helt nytt produkt, en helt ny tjeneste, eller en ny måte å produsere eller levere noe på, som aldri har vært introdusert i markedet tidligere. Det som kjennetegner radikale innovasjoner er at de fører til store endringer. Det kan også være innovasjoner som endrer hele markedet, eller skaper nye markeder. Et eksempel på en radikal innovasjon kan være datamaskinen.

Inkrementell innovasjon er de innovasjonene man ikke hører så mye om. Dette er gradvise innovasjoner som fører til bedre og oppgraderte produkter, tjenester eller prosesser, men som baserer seg på eksisterende alternativer. Denne typen innovasjon kan være helt ny for et selskap, men trenger ikke være nytt for hele markedet. Inkrementell innovasjon er like viktig som radikale innovasjoner, men siden de ikke er like forstyrrende som radikale innovasjoner, får de sjelden like mye oppmerksomhet. Denne typen innovasjon er også forbundet med mye mindre risiko, og det sikrere for et selskap å investere i inkrementelle innovasjoner enn å prøve å skape noe som er radikalt og nytt. Som nevnt over var datamaskinen en radikal innovasjon når den kom. Datamaskinen slik man kjenner den i dag er veldig annerledes enn da den kom, og dette skyldes inkrementelle innovasjoner.

RAS er en prosessinnovasjon. Da den kom var dette også en radikal innovasjon, fordi den var helt ny og forandret markedet. RAS slik vi kjenner det i dag er annerledes enn da den kom, og dette skyldes inkrementelle innovasjoner, nemlig gradvise teknologiske forbedringer.



#### 4.2 Utviklingstillatelser innovasjoner i matfisk

Akvakulturnæringen er strengt overvåket og regulert av norske myndigheter. Uten et økt fokus på bærekraft og miljø, vil trolig produksjonen stagnere fremover. For å få næringen til å tenke nytt, bidra til innovasjon og bærekraftighet, har Nærings- og fiskeridepartementet åpnet opp for utviklingstillatelser. Ordningen kom i gang i 2015, og bidrar til at selskaper i næringen kan søke om særtillatelser for å få lov til å utvikle nye produkter og tjenester. (Fiskeridirektoratet, 2018)

#### 4.3 Innovasjoner innen lakseoppdrett

Det har vært en voldsom utvikling i lakseoppdrettsnæringen, og produksjonen er helt annerledes i dag tidligere. Det blir i dette delkapittelet sett på utviklingen og innovasjoner innen produksjon av laks.

Tidlig på 1970-tallet startet man opp med et oppdrettsprogram for laks og regnbueørret. Fokuset var først at man ville skape en fisk som vokste raskere, men også en fisk som hadde bedre kjøttkvalitet og som var med motstandsdyktig mot sykdommer. Oppdretterne brukte genetiske stammer fra flere ulike elver for å etablere et selektivt avlsprogram, og man valgte ut fisk både på familie- og individnivå. To egenskaper som ble sett på som veldig viktige var evnen til å være effektiv og robust. Effektive egenskaper inkluderer gode produksjons- og kvalitetsfordeler som vekst, farge, fettinnhold og kroppsform. Med at fisken er robust menes det at den har god helse og at den er motstandsdyktig mot sykdommer, har redusert misdannelser og tidlig kjønnsmodenhet. Genetiske innovasjoner som dette har bidratt til redusert produksjonstid, bedre overlevelsessevne for fisken og bedret kvalitet på kjøttet. (Sandvold & Tveterås, 2014)

Forbedret fiskehelse gjennom vaksiner er en av de viktigste innovasjonene som begrenser og hindrer spredning av sykdommer. Vaksiner for laks ble først utviklet på 1980-tallet, og ledet til mye mindre bruk av antibiotika. Yngelen blir vaksinert rutinemessig mot sykdommer som IPN, furunkulose, vibriose, kaldtvannsvibrose og vintersår. (Sandvold & Tveterås, 2014)

Radikale innovasjoner har det også vært i ernærings- og fôringsmetodene. Fiskeforet har endret seg fra flytende fôr til tørrfôr, bruken av granulerte pelleter og produksjonen av mikropelleter til yngelen. Fôret har gradvis blitt bedre, og blir mer og mer likt på det faktiske næringsbehovet

fisken trenger. I tillegg finnes det spesialfôr som er laget for å fungere optimalt for de anleggene som benytter seg av RAS. (Sandvold & Tvetervås, 2014)

Selve produksjonsprosessen har også blitt påvirket av en rekke innovasjoner. En av de viktigste innovasjonene er bruken av kunstig lys. Dagslys spiller en viktig rolle i laksens liv, og for yngelen spiller dagslys en sentral rolle i smoltifiseringsprosessen. Oppdrettsindustrien begynte å eksperimentere med kunstig lys på slutten av 1980-tallet for å forlenge smoltifiseringsperioden. De kunstige lysene monteres på kanten av karene, eller over karene, og blir vanligvis brukt i de siste 6-7 ukene før fisken skal flyttes over til sjøen. Et resultat av kunstig lys er at settefiskanleggene kan produsere mer enn én generasjon fisk i løpet av et år. Nullåringen flyttes til sjøen på høsten mens ettåringen flyttes til sjøen våren etter klekking. Tidligere smoltifisering og økt vekst grunnet ny teknologi og innovasjon gir høyere fleksibilitet og bedre utnyttelse av kapasiteten til både matfisk- og settefiskanleggene. (Sandvold & Tvetervås, 2014)

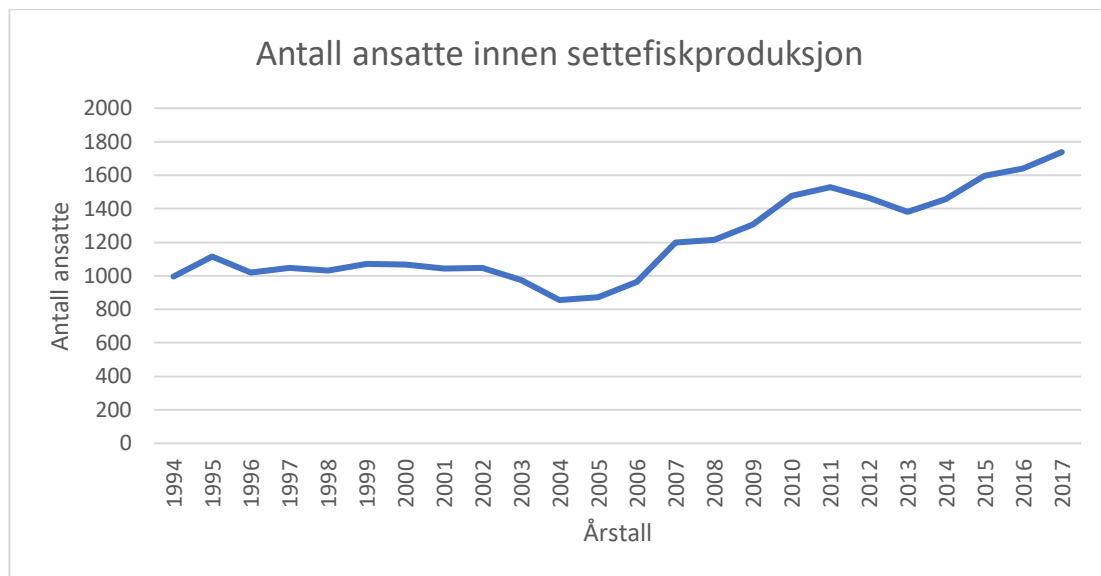
Å produsere settefisk krever enormt mye ferskvann. Norge er et land med enorme vannressurser, men likevel er vannmangel også et problem her til lands, og hvor mye vann oppdrettene har lov å bruke er strengt regulert av norske myndigheter. Tidligere var det omtrent bare gjennomstrømningsanlegg som eksisterte, mens de nye anleggene som blir bygget i dag baserer seg utelukkende på RAS-teknologi som reduserer behovet for vann betraktelig.

#### 4.4 Teknologisk endring

Teknologiske endringer har skjedd i et enormt tempo de siste tiårene. Dette skyldes forskjellige faktorer, og det kan for eksempel forklares med at kunnskap og utdanningsnivået er blitt høyere. Det kan også forklares med at bedriftenes evner har blitt bedre med tiden. Investering i forskning og utvikling spiller også en sentral rolle. I tillegg er det kommet støtteordninger som fremmer innovasjon, slik fiskeridirektoratet gjør med utviklingstillatelser i lakseindustrien. I tillegg er det blitt tryggere for aktører å innovere på grunn av bedre patentsystemer. Dette gjør at man har flere insentiver for å innovere.

Mange forbinder teknologisk endring med automatisering, som igjen blir forbundet med roboter og datamaskiner som gjør mennesker overflødige. Dette stemmer nok til en viss grad, særlig i noen bransjer, men når det kommer til settefiskindustrien ser det ut som RAS har bidratt til flere

arbeidsplasser. Siden 2005 har antall selskaper som har hele eller deler av produksjonen på RAS gått fra null til 20 selskaper (figur 14). I samme periode har antall ansatte doblet seg (Fiskeridirektoratet, 2019). Dette gir mening ettersom en kjent utfordring med drift av RAS-anlegg er at man trenger flere folk, som i tillegg har annen utdanning enn det man tidligere trengte for å drifte et gjennomstrømningsanlegg.



Figur 11: Utviklingen i ansatte innen settefiskindustrien for perioden 1994 til 2017

Teknologisk endring kan lede til en høyere kapitalintensitet eller høyere arbeidsintensiv produksjon. Se for deg bilindustrien for eksempel, der har utviklingen og bruken av roboter sørget for at man kan erstatte menneskelig arbeidskraft. Dette har ført til at bransjen er mer kapitalintensiv nå enn tidligere. Teknologisk endring kan også lede til en mer arbeidsintensiv produksjon, slik tilfellet ser ut til å være for settefiskprodusentene.

Hovedmotivasjonen for innovasjon og teknologisk endring er at bedriften skal bli mer effektiv, altså produsere smartere og billigere. Når teknologien blir bedre kan man normalt sett produsere samme mengde som tidligere, men med mindre bruk av innsatsfaktorer. Eller man kan snu på det og si at man kan produsere mer enn tidligere, men ved bruk av lik mengde av innsatsfaktorer som før. Vi vil videre i oppgaven forsøke å blant annet finne ut om bransjen er mer eller mindre produktiv som følge av RAS-teknologiens fremtreden.

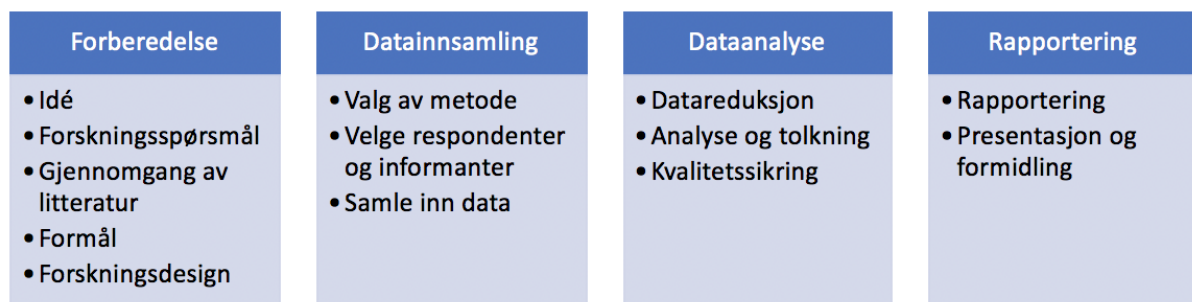
## 5. Metode

### 5.1 Formål

Formålet med oppgaven er å undersøke hvordan RAS påvirker produksjonen i settefiskindustrien. For å gjøre en analyse av settefiskprodusentenes produksjon bruker vi et paneldatasett fra Fiskeridirektoratet. Dette datasettet opplyser ikke om hvem som bruker RAS, og vi har derfor vært nødt til å kontakte alle selskapene og innhente nye opplysninger for å kunne lage en ny variabel. Siden vi var nødt til å kontakte selskapen, valgte vi også å søke etter mer informasjon om næringen. Hva var motivasjonen for innføringen av RAS, hva er erfaringene og utfordringene, og hva var snittvekten på smolt i 2018 for settefiskindustrien? Videre i dette kapitlet tar vi for oss metodene vi har brukt for å besvare problemstillingen.

### 5.2 Forskningsprosessen

Forskningsprosessen kan deles inn i fire faser. Vi vil nå ta for oss de ulike fasene, som kan deles inn på følgende måte:



Figur 12: Forskningsprosessen fra start til slutt (Johannessen, Kristoffersen, & Tufte, 2004)

*Forberedelse* starter med at man søker ny kunnskap om noe. Man er nysgjerrig, og man vil vite og lære mer. I den forberedende fasen er det viktig å lese seg opp på relevant litteratur. Videre er det vesentlig at man i denne innledende fasen tar stilling til formålet med forskningen. Hva er det man ønsker å bidra med, hvorfor ønsker man å forske på nettopp det valgte temaet? Når man har funnet ut hva man vil forske på, lest seg opp og bestemt seg for formål med forskningen bør man velge forskningsdesign. Her kan man velge mellom forskjellige metoder, både kvalitative og kvantitative. (Johannessen, Kristoffersen, & Tufte, 2004)

Etter den forberedende fasen går man inn i fase 2, *datainnsamling*. Forskning skiller seg fra dagligdag synsing, og man må ha data som gjenspeiler den virkeligheten som undersøkes. I

denne fasen må man ta en del valg, for eksempel må man bestemme hvor mange som skal være med i undersøkelsen, utvalgsstørrelse og utvalgsstrategi. Om man har valgt en kvalitativ tilnærming vil det være vanlig å observere, intervju eller bruke fokusgrupper. Om man heller velger en kvantitativ metode er det vanlig å samle inn data ved bruk av spørreskjemaer. (Johannessen, Kristoffersen, & Tufte, 2004)

Når datainnsamlingen er ferdig, går man inn i fase tre. Fase tre handler om *dataanalyse*. Man skal nå analysere og tolke dataene man har hentet inn. I den siste og fjerde fasen skal man *rapportere*. Her handler det om å presentere og formidle resultatene sine, og komme med konklusjoner. (Johannessen, Kristoffersen, & Tufte, 2004)

### 5.3 Kvantitativ metode

Forskning kan defineres som arbeidet med å samle, evaluere og tolke data med intensjon om en åpen oppfatning av et fenomen (Leedy & Ormrod, 2010). Forskningsprosessen som helhet handler om å være kapabel til å tolke resultatene og uttrykke funnene innenfor rammeverket og retningslinjene som er gitt (Williams, 2007).

Kvantitativ, kvalitativ eller en blanding av de to, er metodene som er oftest brukt når man skal organisere, samle og evaluere forskning. Hvilken metode som passer best avhenger av hvilken type data som trengs for å besvare det aktuelle forskningsspørsmålet, samt for å fremstille bevis. Hver metode har sin egen distinkte innvirkning på analysen, og har sine fordeler og ulemper. På generelt grunnlag kan man si at forskere vanligvis velger kvantitative metoder når de skal analysere tall, mens det er vanlig å bruke kvalitative metoder når man skal håndtere data bestående av tekst. Noen velger også å bruke begge metodene, altså en miks, og det kan være nødvendig når man skal analysere både tall og tekst.

Kvalitativ og kvantitativ metode er veldig forskjellige, og mange mener at de to metodene representerer to forskjellige syn på verden. I kvantitative kretser blir kvalitativ metode sett på med skepsis, og som lettvektene, fordi metoden involverer små utvalg som ikke er representativt for hele populasjonen. I kvalitative miljø blir den kvantitative metoden sett på som en forenkling, manglende anerkjennelse av forskernes forutsetninger og gjetning for å forstå betydningen av dataene. (Hammarberg, Kirkman, & de Lacy, 2016)

I denne avhandlingen har vi valgt å bruke kvantitativ metode, da denne oppgaven baserer seg på tall. Kvantitative forskningsmetoder passer når fakta og tall kreves for å svare på problemstillingen. Kvantitative metoder forsøker å generere funn og resultater som er nøyaktige og målbare (Rubin & Babbie, 2001). En kvantitativ analyse vil gi klare og korrekte svar, og er derfor bedre egnet til å besvare problemstillingen vår.

#### 5.4 Datasett

Datasettet som er benyttet for å estimere og teste de økonometriske modellene er et paneldatasett med 2405 observasjoner. Datasettet har gitt oss tilgang til 29 år med selskapsdata fra 1988 til 2017. Dataene er samlet inn av Fiskeridirektoratet og inneholder data fra alle selskapene i norsk settefiskindustri. Disse dataene vil resultere i pålitelige analyser av selskapenes produksjon i periodene. Ved å anvende dette paneldatasettet har vi mulighet til å analysere selskapene gjennom flere tidsperioder. Datasettet inkluderer 10 forskjellige fylker. Det gir en oversikt over antall observasjoner i hvert fylke og muligheten til å analysere produksjonen med hensyn til regionale forskjeller. Antall selskap varierer fra år til år grunnet nedleggelse, etablering av nye, samt manglende rapportering. Hvert år etterspør Fiskeridirektoratet informasjon om produksjonsvariabler, økonomiske variabler og finansielle variabler. Disse tallene er oppdretterne pliktet til å gi fra seg. Dataene som rapporteres er informasjon om produksjon, kostnader og inntekter. Noen av variablene i datasettet er:

- Organisasjonsnummer
- Type eierskap
- Fylke
- År for etablering
- Kostnader
- Inntekter
- Eiendeler og gjeld
- Produksjon i antall enheter
- Antall fulltidsansatte
- Antall arbeidstimer
- Antall lisenser og størrelsen på lisensene

Grunnet kapasitetsbegrensninger selger noen av selskapene også yngel i tillegg til smolt. Vi definerer derfor den totale produksjonen ( $y$ ) som det faktiske antallet yngel og smolt solgt hvert år, samt endringen i lagerbeholdningen. 64 % av selskapene selger kun smolt, men av hensyn til analysen har vi valgt å definere både yngel og smolt som den totale produksjonen ( $y$ ). Produksjonen inkluderer også smolt av både laks og ørret. Dette er fordi de ikke er adskilt i spørreskjemaet til Fiskeridirektoratet.

Antallet yngel og smolt som er solgt er korrigert for dødelighet, men grunnet biologiske faktorer er det dynamiske aspekter ved produksjonen som påvirker den avhengige variabelen. I den empiriske analysen vi skal utføre i denne oppgaven vil fem innsatsfaktorer estimeres: arbeid, kapital, fôr, rogn og yngel, og elektrisitet. Arbeid er de årlige lønnskostnadene delt på antall betalte arbeidstimer. Datasettet inneholder informasjon om både de betalte og ubetalte arbeidstimene, som blir til ved å konstruere et nytt mål av arbeidskost ved å bruke den kalkulerede lønnsrate som alternativkostnad for de ubetalte arbeidstimene. Kapital er målt som driftsmidler hos de ulike selskapene, fôr er kostnadene relatert til fôr, rogn og yngel er kostnadene relatert til rogn og yngel, og elektrisitet er elektrisitetskostnaden.

## 5.5 Spørreskjema

Å samle inn kvantitative data kan gjøres på forskjellige måter. Vi har som nevnt over i forrige delkapittel fått tilgang til et datasett fra Fiskeridirektoratet. Datasettet inneholder en mengde variabler og observasjoner, men mangler en variabel som er vesentlig for oppgaven vår, og det er informasjon om hvilken teknologi selskapet bruker. Bruker selskapet RAS-teknologi, eller bruker de gjennomstrømningsteknologi? For å finne svar på dette spørsmålet måtte vi kontakte hvert enkelt selskap. Vi har kontaktet samtlige selskap som drev med settefiskproduksjon i 2017 og stilt noen få spørsmål. Vi brukte ikke svaralternativer fordi det i forhold til oppgavens problemstilling og den økonometriske modellen ikke var nødvendig.

Spørreskjema er en fin måte å samle inn data på. Et spørreskjema kan sendes ut på papir, man kan lage en undersøkelse på internett eller man kan ringe rundt og stille spørsmålene over telefon. Vi valgte å ringe rundt fordi vi på forhånd mente at det ville være raskere, vi ville få høyere svarprosent og minimere sjansen for misforståelser. Om ringerunder var den mest effektive måten å hente inn svar på vites ikke, men vi endte til slutt opp med en svarprosent på 100 %. Alle settefiskprodusenter i Norge, som var registrert i datasettet til Fiskeridirektoratet

for 2017, har besvart spørreskjemaet vårt. Å ringe rundt var en tidkrevende prosess, men vi er glade for at innsatsen vi la ned resulterte i at alle selskapene fikk svart på undersøkelsen. Respondentene hadde ledende stillinger, mye kunnskap og gode forutsetninger for å svare på spørsmålene. Vi har pratet med daglige ledere, driftsledere, produksjonsledere og produksjonssjefer.



Figur 13: Antall respondenter i spørreundersøkelsen (100% svarprosent)

Utover hovedformålet med spørreundersøkelsen, som var å finne ut hvilken teknologi selskapet brukte, ønsket vi også å skaffe oss mer informasjon om næringen og framtidsutsiktene. Det første spørsmålet i spørreundersøkelsen var likt for alle deltakerne. Spørsmålet var lukket, og svaralternativene var; «ja» hvis de hadde hele produksjonen på RAS, «delvis» hvis de hadde en kombinasjonsmodell av RAS og gjennomstrømning, og «nei» hvis de kun hadde gjennomstrømning. Videre spurte vi de selskapene som hadde RAS om når de fikk denne teknologien. Resterende spørsmål ble bestemt utfra hva de svarte på det første spørsmålet. Spørsmålene var åpne og intervjuobjektene kunne svare akkurat slik de ville. Her var det ikke svaralternativer, eller bestemt på forhånd hvor mye respondentene kunne gi fra seg av informasjon. Hadde vi bare stilt ja og nei spørsmål, eller spørsmål med svaralternativer ville resultatene være enklere å analysere i etterkant. Hvis respondenten svarte «ja» eller «delvis» resulterte det i at vi registrerte selskapet som et RAS-selskap i analysen. RAS er innovasjonen vi ønsker å se nærmere på, og RAS-selskapene fikk videre spørsmål angående motivasjonen



for å investere i RAS, erfaringer og utfordringer. Hvis respondenten svarte «nei» fikk de spørsmål om hvorfor de har gjennomstrømning og om de vurderer RAS i fremtiden. Svarene fra spørreskjemaet er kategorisert og analysert, og vil diskuteres videre i kapittelet 6.

## 5.6 Økonometrisk analyse

Økonometri er basert på utviklingen av statistiske metoder for estimering av økonomiske sammenhenger, testing av økonomiske teorier, og evaluering og implementering av stats- og selskapspolitikk. Ved bruk av data kan man belyse økonomiske forhold og teste ulike teorier. I en økonometrisk analyse er det en tett sammenheng mellom formell økonomisk teori og matematisk statistikk i tolkningen av de empiriske funnene. (Bårdsen & Nymoen, 2011)

### 5.6.1 Dataanalyse og modell

Hovedmålet med denne analysen er å måle effektene av RAS på produktiviteten, samt analysere andre faktorer som påvirker produksjonen av smolt i hele industrien ved en regresjonsanalyse utført i STATA. For å anvende vårt datasett slik at vi kan estimere produksjonsfunksjonen formulerer vi en modell med en avhengig variabel, som er hvor mye de produserer hvert år, altså antall solgt smolt. Når økonomer måler virksomheters produksjon over lengre tidsperioder, vil man ofte se at bedriftene er mer produktive i senere tid, selv om innsatsfaktorene er de samme som før. Siden innsatsfaktorene ikke er endret, er den eneste forklaringen på denne produktivitetsøkningen at produksjonsfunksjonen endres over tid. Denne endringen i produksjonsfunksjonen kalles teknologisk endring eller total faktorproduktivitet. Produksjonsfunksjonen kan justeres slik at den tillater teknologisk endring. Dette kan gjøres på ulike måter, men den vanligste måten er å behandle teknologi som en konstant som multipliseres med produksjonsfunksjonen.

Anleggets produksjonsmuligheter er bestemt av teknologi og kvantum av innsatsfaktorer i produksjonsprosessen. Det å produsere mindre enn kapasiteten til anlegget, og operere under produksjonsgrensen, vil føre til sløsing og representerer en ineffektiv produksjon. Hvis den marginale effekten av teknologisk endring er positiv vil produksjonen øke med bruk av samme mengde innsatsfaktorer, noe som representerer en produktivitetsvekst (Tveterås, 2018).

Som forklarende variabler i den empiriske analysen har vi benyttet de fem innsatsfaktorene i produksjonsfunksjonen: arbeid, kapital, fôr, rogn og yngel, og elektrisitet. I tillegg har vi laget

en dummyvariabel for RAS, og kontrollert for fylker og år for å oppnå en modell som er beskrivende i forhold til flere faktorer.

Selskapenes produksjonsmuligheter er bestemt av teknologi og mengden innsatsfaktorer brukt i produksjonsprosessen. Produksjonsmulighetene gitt av teknologien og innsatsfaktorene kan formuleres matematisk ved produksjonsfunksjonen:

$$Y = f(x) \tag{1}$$

Hvor  $f(\cdot)$  representerer teknologien, og  $x$  er innsatsfaktoren. Innovasjon og teknologisk endring er i teoretiske modeller ofte representert ved variabelen  $t$ .  $t$  er en tidstrend variabel, men kan også være en tidsdummy variabel som tillater diskontinuerlige skift. I økonomisk litteratur om produktivitetsvekst blir  $t$  ofte erstattet med variabelen  $A$  (Solow residual). Mål på konkurransevne og produktivitet er basert på produksjonsteori, og tre funksjoner er sentrale: Produksjon-, kost-, og profittfunksjon. Innovasjon og teknologisk endring  $t$  er iboende i den generelle formen av produksjonsfunksjonen (Tveterås, 2018):

$$Y = f(x; t) \tag{2}$$

I produksjonsfunksjonen representerer  $y$  produksjonen,  $x$  er innsatsfaktorene (arbeid, kapital, fôr, rogn og yngel, elektrisitet),  $f$  er teknologien og  $t$  er en tidstrend variabel som representerer innovasjon og teknologisk endring. Industrien er konkurransedyktig, og selskapets mål er å produsere mest mulig i forhold til mengden innsatsfaktorer. (Tveterås, 2018)

Kombinert med data fra fiskeridirektoratet har vi utført en spørreundersøkelse med et lukket spørsmål for å finne ut hvem som bruker RAS i dag. Dette gjør at informasjonen er lettere å kode og signifikansnivået er enklere å tolke i STATA. Ved å kombinere datasettet med egen spørreundersøkelse har vi mye data som gir oss mange variabler og observasjoner. Dette gjør at vi har en modell med høy  $R^2$ .

Den multiple korrelasjonskoeffisienten,  $R^2$ , forteller hvor mange prosent av variansen eller variasjonen i den avhengige variabelen som er forklart av de uavhengige variablene i modellen.  $R^2$  fungerer som et mål på hvor mye som forklares av modellen. Verdien kan variere fra null til

én. En verdi lik én vil si at det ikke er spredning rundt regresjonslinjen, og de uavhengige variablene forklarer all variasjon i den avhengige variabelen. Formelen for  $R^2$  er (Johannessen, Kristoffersen, & Tufte, 2004):

$$R^2 = ESS / TSS \quad (3)$$

Den totale kvadratsummen TSS (total sum of squares) får vi hvis vi for alle observasjonene beregner avvikene fra gjennomsnittet av den avhengige variabelen, og kvadrerer og summerer de. Residualenes kvadratsum RSS (residual sum of squares) får vi ved å beregne avvikene fra regresjonslinjen, og kvadrerer og summerer de. ESS (explained sum of squares) er differansen mellom RSS og TSS, og illustrerer hvor mye summen av de kvadrerte avvikene reduseres når vi anvender regresjonslinjen for å predikere framfor gjennomsnittet på den avhengige variabelen. (Johannessen, Kristoffersen, & Tufte, 2004)

Ved å anvende flere uavhengige variabler som er nyttig for å forklare produksjonen, vil mer av variasjonen i den avhengige variabelen (y) forklares, og dermed oppnår vi en mer signifikant modell som kan forklare produksjonen. De uavhengige variablene vi har valgt å inkludere i modellen er:

- Ln\_arbeid (betalte arbeidstimer + ubetalte arbeidstimer)
- Ln\_kapital (driftsmidler)
- Ln\_fôr (fôrkostnader)
- Ln\_rogn\_yngel (rogn og yngel kostnader)
- Ln\_elektrisitet (elektrisitetskost)
- Ras\_dummy (dummyvariabel uttrykt som 1 eller 0 for å bekrefte eller avkrefte RAS)
- Yngel\_dummy (dummyvariabel som er lik 1 hvis selskapet har yngelproduksjon)
- T (tidstrend variabel)
- Fylke1 (Vest-Agder)
- Fylke2 (Rogaland)
- Fylke3 (Hordaland)
- Fylke4 (Sogn og Fjordane)
- Fylke5 (Møre og Romsdal)
- Fylke6 (Sør-Trøndelag)

- Fylke7 (Nord-Trøndelag)
- Fylke8 (Nordland)
- Fylke9 (Troms)
- Fylke10 (Finnmark)

RAS er en dummyvariabel som har verdien 1 hvis selskapet har helt eller delvis RAS, og 0 hvis selskapet kun har gjennomstrømming. Datasettet differensierer salg av smolt og yngel, derfor har vi laget et dummyvariabel som er lik 1 om selskapet har yngelproduksjon og generert den avhengige variabelen som,  $y = \text{antallet solgt smolt} + \text{yngel}$ . Videre har vi definert dummyvariabler for alle årene fra 1988 til 2017, en tidstrend variabel for å få frem endringen over tid og kontrollert for fylker for å studere geografiske forskjeller.

I vår analyse estimerer vi en Cobb-Douglas produksjonsfunksjon for å studere produksjonen i forhold til innsatsfaktorene med hensyn til RAS-teknologi, altså hvor mye man produserer i forhold til innsatsfaktorene.

### 5.6.2 Cobb-Douglas

Når man estimerer produksjonsfunksjoner må vi redegjør for korrelasjonen mellom innsatsfaktorer og produktivitet. Profittmaksimerende selskaper som opplever en økning i produktivitet responderer med å øke deres bruk av innsatsfaktorer (Levinsohn, Petrin, & Poi, 2004). Produksjonsfunksjonen beskriver hvor mye man kan produsere basert på ulike kombinasjoner av innsatsfaktorer. En produksjonsfunksjon kan formuleres på mange ulike måter avhengig av hvilken teknologi selskapet anvender for produksjonen. (Goolsbee, Levitt, & Syverson, 2013). Produksjonsfunksjonen hvor  $\sigma = 1$  kalles Cobb-Douglas produksjonsfunksjon. Den matematiske formelen av Cobb-Douglas er (Nicholson & Snyder, 2016):

$$Q = f(k, l) = Ak^{\alpha}l^{\beta} \quad (4)$$

Hvor  $A$ ,  $\alpha$  og  $\beta$  er positive konstanter. Cobb-Douglas funksjonen kan vise noen grad av skalaavkastning, avhengig av verdiene på  $\alpha$  og  $\beta$ . For eksempel; hvis alle innsatsfaktorene øker med en faktor av  $t$  vil formelen se slik ut (Nicholson & Snyder, 2016):

$$F(tk, tl) = A(tk)^\alpha (tl)^\beta = At^{\alpha+\beta} k^\alpha l^\beta = t^{\alpha+\beta} (k, l) \quad (5)$$

Hvis  $\alpha + \beta = 1$  vil Cobb-Douglas funksjonen vise konstant skalaavkastning fordi produksjonen også økes med en faktor  $t$ . Hvis  $\alpha + \beta > 1$  vil funksjonen vise en økende skalaavkastning, og vice versa vil funksjonen vise en minkende skalaavkastning hvis  $\alpha + \beta < 1$ . Dette viser at elastisiteten av substitusjon er 1 for Cobb-Douglas funksjonen. Cobb-Douglas funksjonen er lineær i logaritmisk form:

$$\ln q = \ln A + \alpha \ln K + \beta \ln L \quad (6)$$

Konstanten  $\alpha$  er da elastisiteten av produksjonen med hensyn til kapital, og  $\beta$  er elastisiteten av produksjonen med hensyn til arbeid. (Snyder & Nicholson, 2012)

For å studere det teknologiske forholdet mellom innsatsfaktorene og antall solgt smolt og yngel er følgende uttrykk for vår Cobb-Douglas produksjonsfunksjon gitt:

$$\ln Y_{it} = \alpha^0 + \sum_j \alpha_j \ln x_j + \sum_i \alpha_{RAS} D_{RAS} + \alpha_{FRY} D_{FRY} + \sum_i \alpha_r D_r + \alpha_t t + v_{it} \quad (7)$$

Hvor den avhengige variabelen  $\ln Y_{it}$  er den naturlige logaritmen av størrelsen på produksjonen i antall solgt smolt og yngel av produsenter  $i$  over tid  $t$ .  $\alpha$  er en vektor av parametere som skal estimeres, og  $\ln x_j$  er en vektor av variabler som karakteriserer produksjonsprosessen ved kapital, fôr, elektrisitet, arbeid, rogn og yngel. Innovasjon og introduksjon av ny teknologi over tid kan påvirke produksjonsfunksjonen på flere måter. Derfor kontrollerer vi for teknologisk endring  $t$  gjennom  $t$  tidsperioder (1988-2017).  $D_{RAS}$  er en dummyvariabel som observerer de selskapene som har innført RAS, og  $D_{FRY}$  er en dummyvariabel som er med for å observere de selskapene som produserer både yngel og smolt.  $D_r$  er en dummy variabel som kontrollerer for fylkene, altså hvilken region de tilhører, og  $v$  er feilledet. Sammendrag av de statistiske variablene i produksjonsfunksjonen er gitt i tabell 1. Effektene er spesifisert som en funksjon av forklarende variabler som innsatsfaktorer og trend.

Tabell 1: Sammendrag av statistiske variabler i analysen av smoltproduksjon i Norge fra 1988-2017

Variable	Obs	Mean	Standard Deviation
Production (y)	2402	2049959.00	4813172.00
Labor (x <sub>1</sub> )	1688	7977.9	9944.98
Capital (x <sub>2</sub> )	1996	6357937.00	1680000.00
Feed (x <sub>3</sub> )	2402	2434579.00	9049634.00
Roe (x <sub>4</sub> )	2396	2506791.00	4998567.00
Electricity (x <sub>5</sub> )	2404	757739.7	2237599.00
Technology (x <sub>5</sub> )	2404	0.04908	0.21609

Fra produksjonsfunksjonen kan man utlede skalaavkastning ved følgende uttrykk:

$$RTS = \sum_i \varepsilon_j = \varepsilon_L + \varepsilon_C + \varepsilon_F + \varepsilon_R + \varepsilon_{RAS} \quad (8)$$

Hvor

$$\varepsilon_j = d \ln_y / d \ln_{x_j}$$

Når vi skal studere den gjennomsnittlige produktivetsutviklingen hvert år for hele dataperioden er raten av teknologisk endring et sentralt mål. Teknologisk endring måler hvordan innovasjoner og andre relevante faktorer påvirker produktivetsutviklingen. Teknologisk endring i perioden t kan uttrykkes som:

$$TC = \alpha_t + \sum_i \alpha_{it} \ln x_i \quad (9)$$

## 6. Analyse og funn

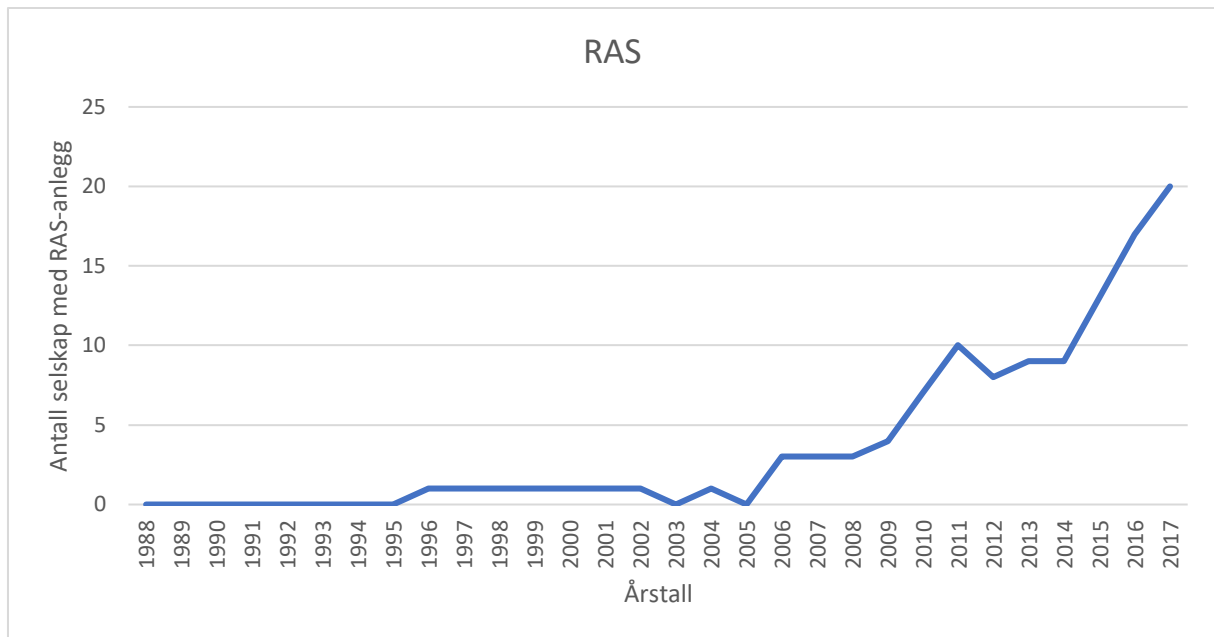
I kapittel 6 vil vi analysere og presentere funnene våre. Vi vil først ta for oss analyse og funn gjort i spørreundersøkelsen, mens vi videre vil presentere funn fra den økonometriske analysen.

### 6.1 Funn spørreskjema

Vi vil i dette delkapittelet ta for oss funnene fra spørreundersøkelsen. For å skape et mer oversiktlig bilde av funnene har vi i tillegg til forklaring laget figurer som illustrerer funnene på en billedlig måte. Siden vi i oppgaven ønsker å studere RAS, er det først og fremst svarene fra de selskapene som allerede har tatt i bruk RAS som er analysert. Samtlige selskap har besvart spørreskjemaet vårt, og vi har samlet inn informasjon om motivasjonen for innføringen av RAS, erfaringer og utfordringer med teknologien, samt snittvekten for hele bransje i 2018.

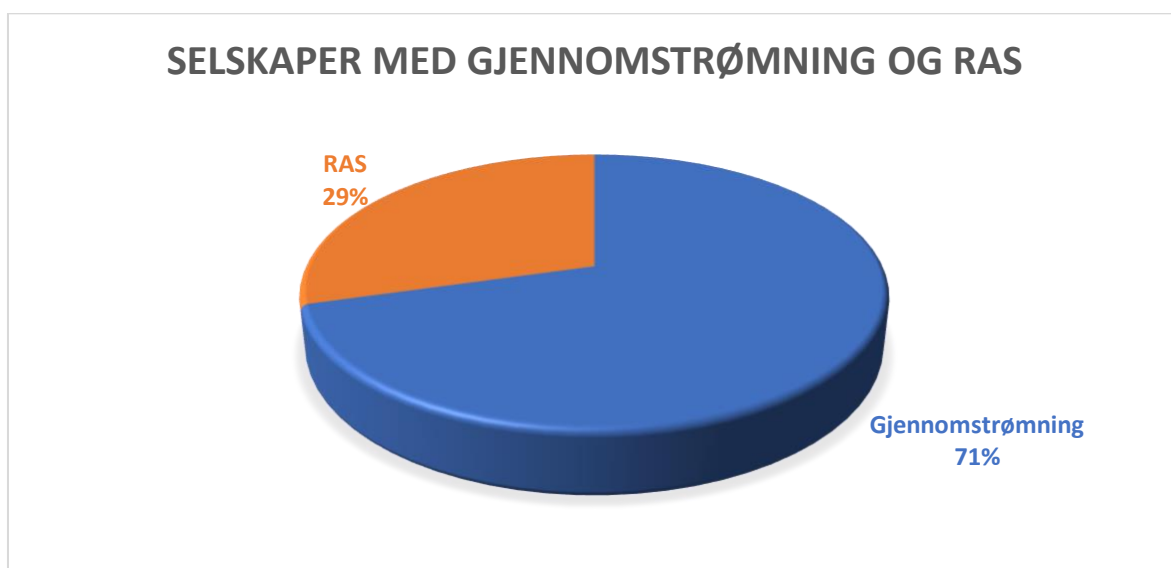
#### 6.1.1 RAS-anlegg i Norge

Av de 68 selskapene som driver med settefiskproduksjon per 2017 er det 20 selskap som har hele eller deler av produksjonen sin med RAS-teknologi. Vi har gjort et funn som viser at et selskap har brukt en forenklet resirkuleringsteknologi siden 1986. Tidligere forskning om RAS tilsier at teknologien ble tatt i bruk på 2000-tallet her i Norge. To av selskapene vi har vært i kontakt med hevder de begynte å bruke RAS på midten av 80-tallet. Det ene selskapet gikk over på gjennomstrømning etter noen år, mens det andre selskapet fortsatt bruker RAS den dag i dag. Dette var en forenklet resirkuleringsteknologi, og ikke RAS slik vi kjenner teknologien i dag. Som figur 14 under illustrerer var det en liten andel RAS frem til midten av 2000-tallet, men siden den gang har det vært en betydelig økning av selskap som har tatt i bruk RAS. Figur 14 er laget basert på datasettet fra Fiskeridirektoratet. Det ene selskapet som hadde resirkulering frem til 1992 var ikke registrert i datasettet før etter at de begynte på gjennomstrømning i 1993. Det andre selskapet som hadde resirkulering fra 1986 ble først registrert i datasettet i 1996. Dette gjør at figuren ikke fanger opp at resirkuleringsteknologien hadde sitt utspring på 1980-tallet. I 2003 og 2005 ser man av grafen at antall selskap med RAS var nede i null. Dette skyldes manglende rapportering. Videre ser vi fra figuren at RAS for alvor ble introdusert i settefiskindustrien fra 2005.



Figur 14: Utviklingen over antall selskap som har hele eller deler av produksjonen på RAS

Per 2017 er det 29 % av selskapene innen settefiskindustrien som har innført RAS. Dette er en relativt ny teknologi som er kapital- og kompetansekrevende. De fleste anleggene er bygd før 2000-tallet, og er lokalisert rundt om i landet hvor det grunnet naturlige forhold er god vanntilførsel og gode forutsetninger for gjennomstrømning. Dette gjør at barrierene er større enn gevinsten av RAS-teknologien i forhold til mengden smolt som blir produsert. Flertallet av respondentene sier at man blir nødt til å innføre RAS om man skal utvide produksjonen, primært på grunn av vannmangel.



Figur 15: Fordeling av selskaper med de ulike teknologiene; gjennomstrømningsteknologi og RAS-teknologi

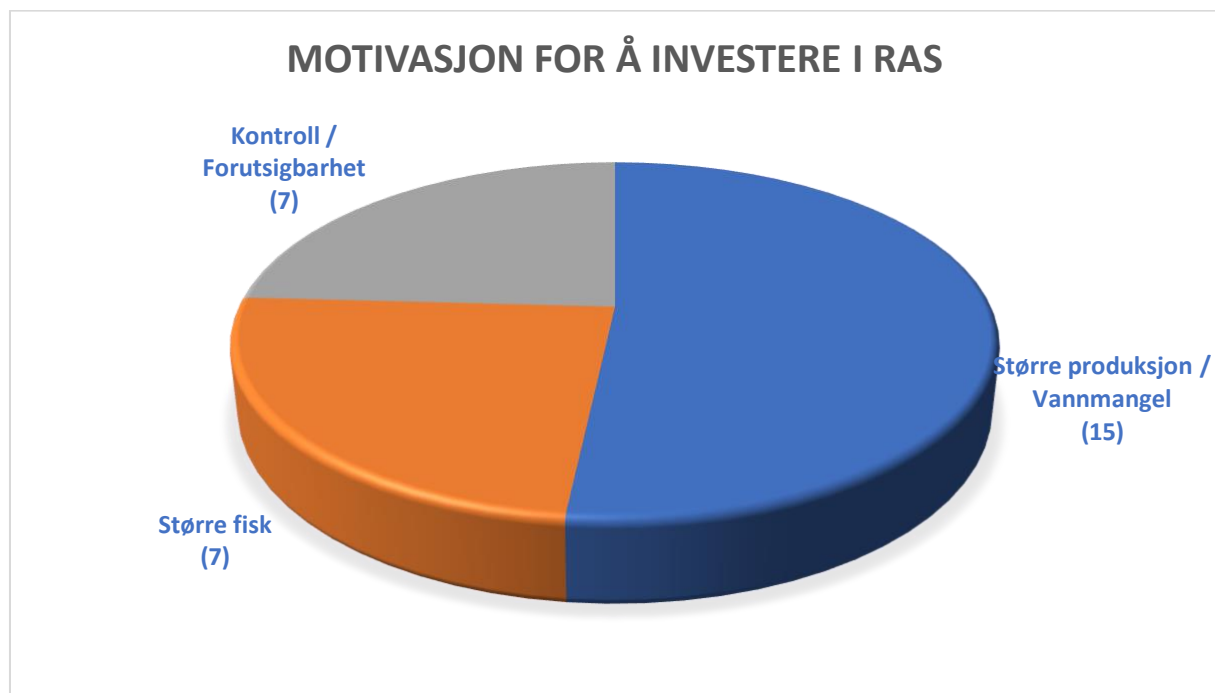


### 6.1.2 Motivasjonen for å velge RAS

Vi spurte alle selskapene som bruker RAS i dag om hva som var motivasjonen for innføring av RAS, og følgende faktorer var de viktigste:

- Vannmangel
- Økning av produksjonen
- Kontroll og forutsigbarhet
- Økt etterspørsel etter større smolt

Vannmangel er et stort problem i verden generelt, også i Norge. 15 av 20 selskaper sier at vannmangel eller økning av produksjon var motivasjonen for å innføre RAS. Nettopp dette er den største årsaken til at flere selskaper nå investerer og bygger RAS-anlegg. Etterspørselen etter smolt vil trolig øke i fremtiden, og om settefiskprodusentene skal øke produksjonen uten å bruke mer vann er RAS veien videre.



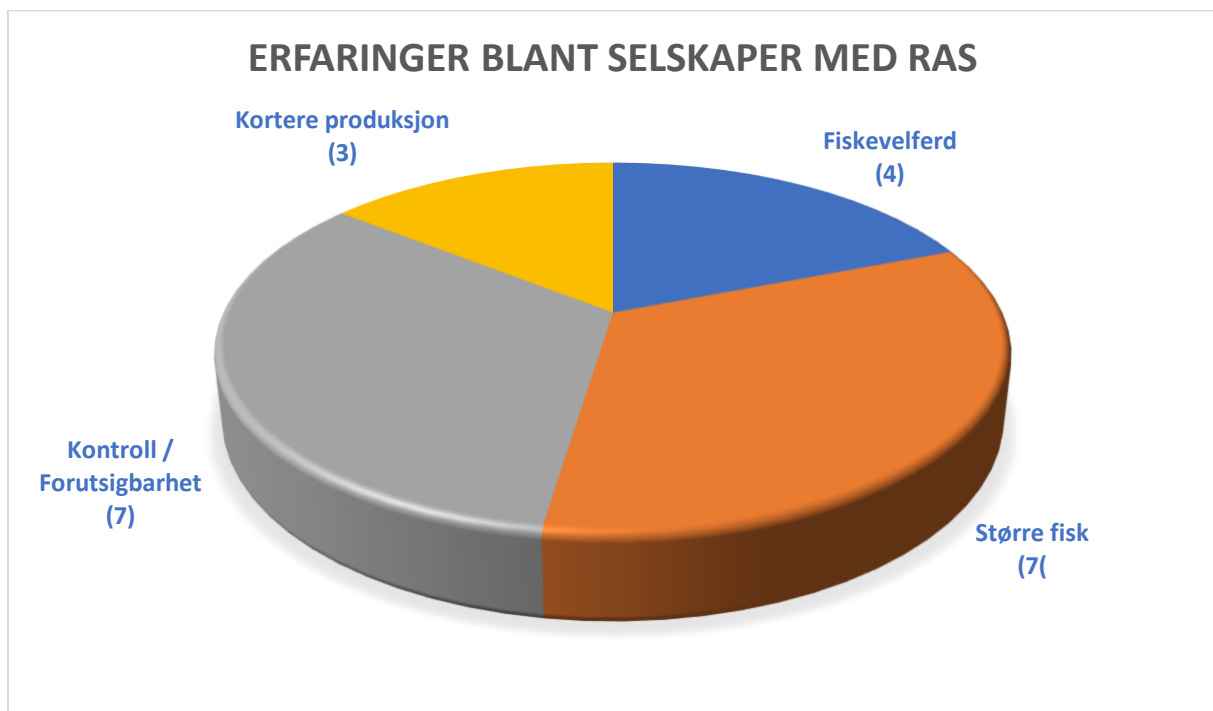
Figur 16: Motivasjon blant selskapene til å investere i RAS

Etterspørsel etter større smolt er også en av årsakene til at flere innfører RAS. Teknologien gir mulighet for å holde fisken lenger på land. Dermed vil smolten være større og mer robust ved utsett i sjøen. Dette sørger for at fisken er mer motstandsdyktig og har kortere eksponeringstid i sjø, som gjør at fisken blir mindre utsatt for sykdom, og sjansen for rømning reduseres. Andre

årsaker som nevnes er bedret fiskevelferd. I et RAS-anlegg har man mye bedre kontroll på vannkvaliteten og temperaturen på vannet, noe som sørger for at man kan gi fisken gode forutsetninger for vekst, helse og et godt miljø.

### 6.1.3 Erfaringer med RAS

Alle som benytter seg av RAS er positive til teknologien, og har stort sett bare gode erfaringer. De erfaringene som nevnes er vist i figur 17. Det viser seg at årsakene som motiverte selskapene til å investere i RAS, i stor grad har oppfylt forventningene med investeringen:



Figur 17: Erfaringer blant selskapene som har investert i RAS

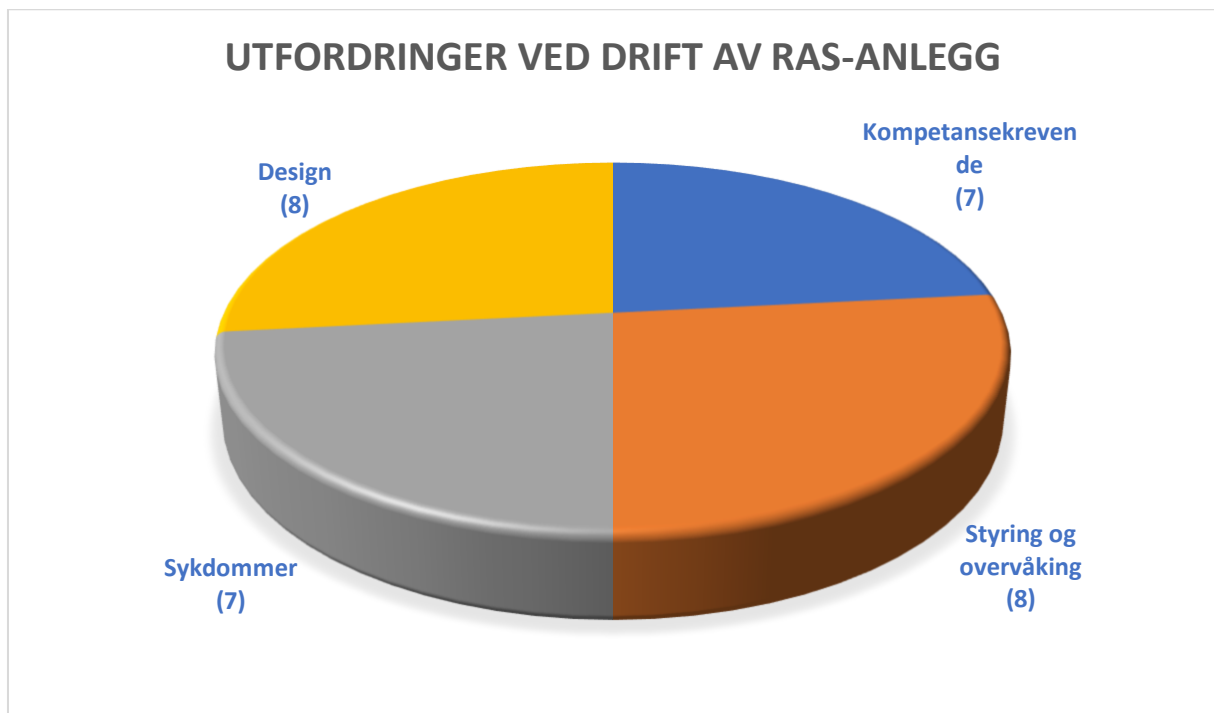
Utover det åpenbare som er at man bruker mye mindre vann, gir respondentene klart uttrykk for at man har mye bedre kontroll over produksjonsparametere, som resulterer i økt biosikkerhet og muliggjør manipulasjon av vekstsyklusen som resulterer i bedre velferd og vekstvilkår.

En annen viktig årsak til å innføre RAS var at man ønsket større og mer robust fisk, og erfaringene i bransjen tilsier at RAS tilrettelegger for nettopp dette. Ved å produsere en større fisk vil det føre til at man oppnår en robust fisk som er motstandsdyktig og har høyere overlevelseshastighet. I tillegg kan man fremskynde produksjonen, som betyr at man oppnår flere utsett og øker kapasitetsutnyttelsen. Andre positive erfaringer med RAS er en mer forutsigbar produksjon, der man i mye større grad kan påvirke og styre produksjonen slik man ønsker. Det

er interessant å se at det som motiverte selskapene til å investere i RAS faktisk også er det som RAS har resultert i.

#### 6.1.4 utfordringer med RAS

En ny produksjonsprosess er forbundet med usikkerhet, og selv om RAS-selskapene i stor grad er fornøyde og positive til teknologien, er det også en del utfordringer. Vi har i figur 18 under laget en oversikt over de utfordringene som er størst blant RAS-selskapene:



Figur 18: Utfordringer knyttet til driften av et RAS-anlegg

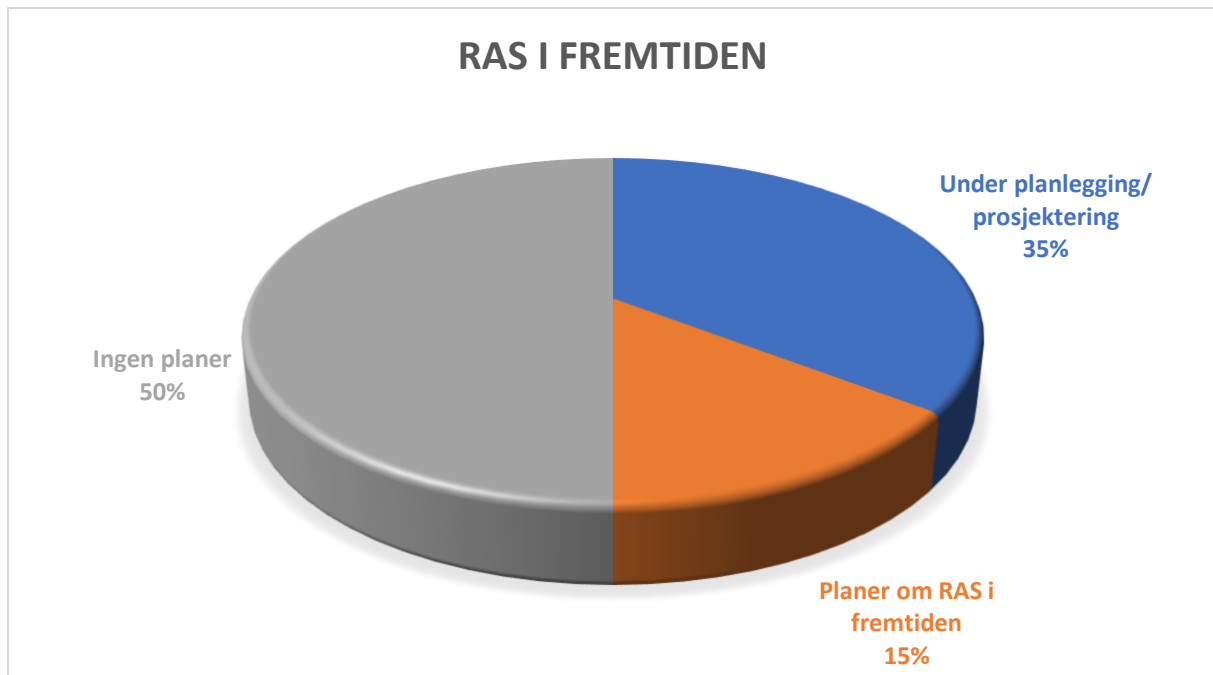
Det som vår undersøkelse viser er at den største utfordringen med å drifte et RAS-anlegg er kompleksiteten. Det er spesielt utfordrende i starten da aktørene ofte har lite informasjon og erfaring angående drift av et RAS-anlegg. Det er flere komponenter som må fungere sammen, og dermed er feilmarginene mindre. Ved de tradisjonelle gjennomstrømningsanleggene er kompetansen ofte begrenset til røktere, mens ved RAS-anlegg kreves det tverrfaglig kompetanse – både biologisk og teknisk. I oppstartsfasen kan utfordringene være forskjellige ut ifra lokaliteter, og kompetansen for å drifte et RAS-anlegg er vanskelig å overføre. Det er en kontinuerlig læringsprosess der man over tid tilegner erfaring og seg taus kunnskap. I et RAS-anlegg stilles det også mye større krav til styring, overvåking og nøyaktighet i forhold til fôring.

Vannet i et RAS-anlegg går gjennom en omfattende rensesprosess, og om designet av anlegget ikke er optimalt vil dette kunne føre til dårlig vannkvalitet, ustabil vannutskiftning og stillestående vann. Om disse problemene oppstår vil miljøet påvirkes negativt, noe som kan føre til dårlig smoltkvalitet, sykdommer, og i verste fall død.

En annen utfordring ved resirkulering er smitterisikoen og sykdommer. I RAS-anlegg er det en høyere smitterisiko enn gjennomstrømningsanlegg. Blant annet har det vært økt problematikk knyttet til den giftige gassen hydrogensulfid ( $H_2S$ ). Erfaringer tilsier at økt tilsetning av sjøvann øker risikoen for  $H_2S$ . Ved produksjon av settefisk i RAS-anlegg er oppsamling av slam og rensing av partikler en elementær prosess. Om det er partikler du ikke får renses kan det påvirke sammensetningen av bakteriekulturen i biofiltrene, dermed får du ikke utnyttet kapasiteten i anlegget. Bakteriekulturen må også stabilisere seg, derfor kan biofilteret være mer sårbart i startfasen. Det er viktig å opprettholde og vedlikeholde biofiltrene for å oppnå en god og jevn vannkvalitet. Det er også viktig med god styring og overvåkning for å følge med på partikkelnivået, og sikre seg mot vekst av bakterier som bryter ned vannkvaliteten.

#### 6.1.5 RAS i fremtiden

Selv om det er en klar overvekt av selskap som produserer på den tradisjonelle metoden med gjennomstrømning, bygges alle nye anlegg med RAS. Vi spurte alle selskapene som ikke har RAS i dag, om de hadde planer om å bygge RAS-anlegg, eller implementere RAS på allerede eksisterende anlegg. Svarene er vist i figur 19 under, og det er tydelig at også de som ikke bruker RAS er positive til teknologien:

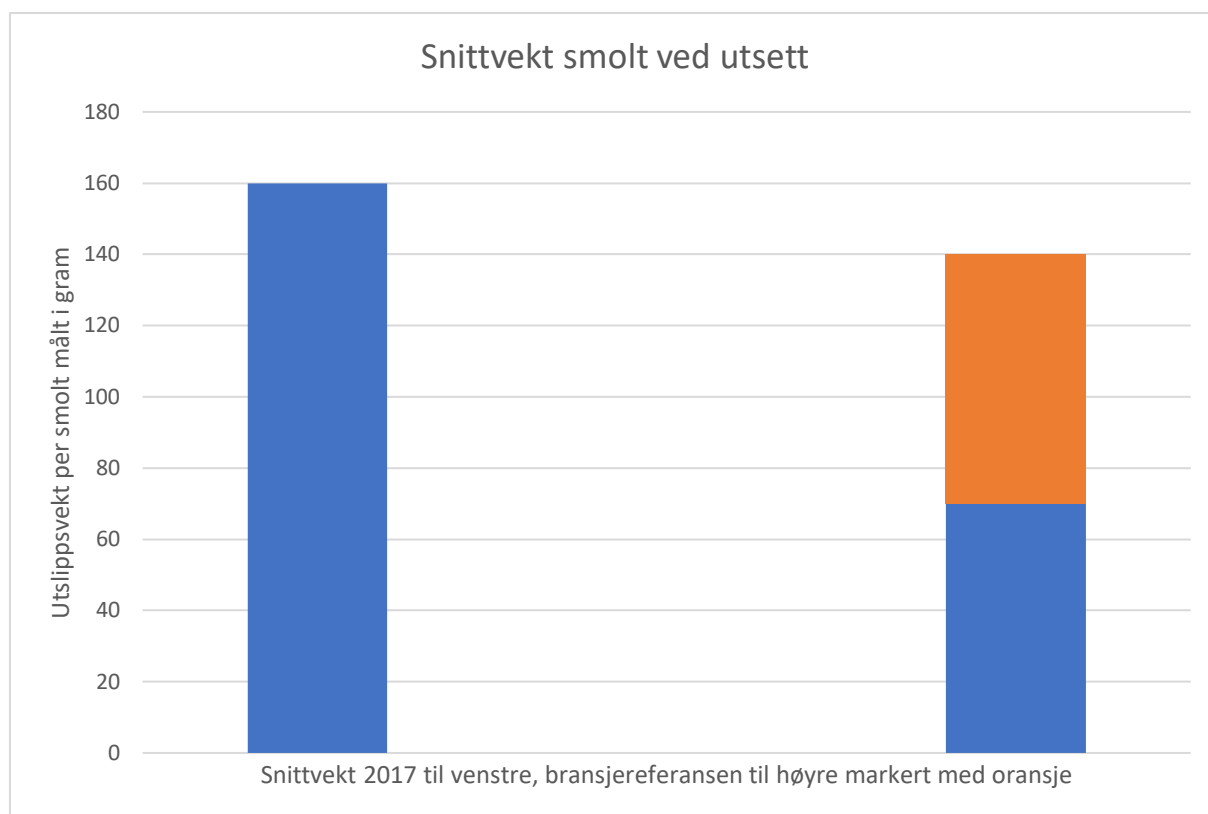


Figur 19: Selskapene som ikke har RAS i dag om RAS i fremtiden

50% av selskapene som ikke bruker RAS har ingen konkrete planer om å utvide produksjonen eller om å ta i bruk RAS. Hele 35% av selskapene driver med konkret planlegging eller er allerede i gang med prosjektering av RAS-anlegg. Det vil si at det om noen få år trolig vil være 17 selskap som har nye RAS-anlegg. I tillegg er det 15% som har planer om RAS i fremtiden, men som ikke har konkrete planer om når. Av de som ikke har planer om å innføre RAS, nevner alle at de har nok vann i forhold til produksjonen. I tillegg er det utfordrende å skaffe finansiering, driften er kapitalkrevende og utbygging av RAS krever stort areal.

#### 6.1.6 Snittvekt

En av fordelene med RAS er at teknologien lar produsentene holde fisken lenger på land. Samtidig tillater de nye reguleringene utsett av smolt på over 250 gram. Vi ønsket derfor å undersøke om RAS har hatt en påvirkning på snittvekten ved utsett. Ut ifra svarene fra respondentene har vi funnet ut at snittvekten på utsatt smolt i 2018 var på 160 gram. Det normale i bransjen har vært å sette ut smolt i sjøen når den har en vekt på mellom 70 og 140 gram, noe som indikerer at RAS har bidratt til en økning på snittvekten.



Figur 20: Snittvekt

Søylen til venstre viser snittvekten til utsatt smolt i 2018. I søylen til høyre viser det oransje feltet hva som i bransjen tidligere er oppfattet som normal utslippsvekt – en vekt på mellom 70 og 140 gram (Asche & Bjørndal, 2011). Snittvekten i 2018 var altså noe høyere enn hva som tidligere er blitt oppfattet som normal utslippsvekt. Ved å bryte ned tallene ser vi at snittvekten på utsatt smolt fra de selskapene som benytter seg av RAS, finner vi at den er på 180 gram. Snittvekten blant selskapene som kun benytter seg av gjen nomstrømningsteknologi er på 152 gram. Dette tyder på at RAS-selskapene produserer større fisk enn gjennomstrømningsselskapene, og vi antar at snittvekten i fremtiden vil øke korrelert med økning av antall RAS-selskap. Den nye teknologien er krevende, og det vil ta tid før produksjonen er optimalisert. De fleste respondentene sier at de i fremtiden vil produsere større smolt, men at dette vil skje gradvis. Det er en kontinuerlig læringsprosess, som tar tid. Med mer erfaring og læring, antar vi at snittvekten per utsatt smolt øke i årene fremover.

## 6.2 Statistisk analyse/funn

For å teste statistisk signifikans er det vanlig å teste nullhypotesen mot en tosidig alternativ hypotese:

$$H_0: \beta_j = 0$$

$$H_1: \beta_j \neq 0$$

Ved dette alternativet har  $x_j$  en ceteris paribus effekt på den avhengige variabelen uten å spesifisere om effekten er positiv eller negativ. Som et minimum vil det å bruke en tosidig alternativ test hindre oss i å se på den estimerte ligningen og så basere alternativet på om  $\hat{\beta}_j$  er enten positiv eller negativ. Når alternativet er tosidig er vi interessert i den absolutte t-verdien. Vi forkaster  $H_0$  dersom t-verdien er større enn den kritiske verdien. For å finne den kritiske verdien spesifiserer vi først et signifikansnivå, i dette tilfellet 5 %. For en tosidig test er kritisk verdi 97.5 prosentpoeng i t-fordelingen med  $n - k - 1$  frihetsgrader. I vår modell er frihetsgradene  $2404 - 15 - 1 = 2388$ , og den kritiske verdien for en tosidig test er dermed  $C = 1.960$ . (Wooldridge, 2015)

$$N = 2404, R^2 = 0,8378$$

Ved å gjennomføre en regresjonsanalyse av Cobb-Douglas produksjonsfunksjon med 2404 observasjoner i STATA gir modellen oss en  $R^2$  på 0,8378, noe som indikerer at 83,78 % av variansen i  $y$  er forklart av den estimerte modellen. Modellens signifikanstest gir oss:

$$F(15, 2388) = 534,83$$

$$P\text{-verdi} = 0,000$$

Dermed forkaster vi hypotesen som tilsier at alle koeffisientene i modellen ikke er statistisk signifikant på 1 % signifikansnivå. Vi konkluderer derfor med at modellen er statistisk signifikant. Videre vil vi teste om koeffisientene er individuelt signifikante og forskjellig fra null.

Tabell 2: Parameterestimater av Cobb-Douglas produksjonsfunksjonsmodell 1988-2017

Variable	Coefficients	Standard Error	t-value	p-value
$\alpha_0$	0.5703668	0.1774826	3.21	0.001
$\alpha_L$	0.3374627	0.0285237	11.83	0.000
$\alpha_C$	0.0354468	0.0138942	2.66	0.008
$\alpha_F$	0.3474788	0.0223114	15.57	0.000
$\alpha_R$	0.1926462	0.0138942	13.87	0.000
$\alpha_E$	0.1338188	0.1512870	8.85	0.000
$\alpha_T$	-0.2732526	0.1027377	-2.66	0.008
$\alpha_t$	0.0392888	0.0023115	17.00	0.000
$\alpha_{\text{County 2 Rogaland}}$	0.1918138	0.0435068	4.41	0.000
$\alpha_{\text{County 3 Hordaland}}$	0.1460440	0.0334147	4.37	0.000
$\alpha_{\text{County 4 Sogn og Fjordane}}$	0.1020343	0.0385552	2.67	0.008
$\alpha_{\text{County 5 Møre og Romsdal}}$	0	(omitted)		
$\alpha_{\text{County 6 Sør-Trøndelag}}$	0.0810084	0.0461614	1.75	0.079
$\alpha_{\text{County 7 Nord-Trøndelag}}$	0.1451189	0.0441747	3.29	0.001
$\alpha_{\text{County 8 Nordland}}$	-0.0649995	0.0398176	-1.63	0.103
$\alpha_{\text{County 9 Troms}}$	-0.3386290	0.0487727	-6.94	0.000
$\alpha_{\text{County 10 Finnmark}}$	-0.2220882	0.0872496	2.55	0.011

Resultatene fra Cobb-Douglas produksjonsfunksjonen presentert i tabell 3 ovenfor. Den viser estimatene fra Cobb-Douglas produksjonsfunksjonen hvor vi også estimerer regionale forskjeller i produktiviteten ved å kontrollere for fylker, uttrykt ved formel 4. Rogaland, Hordaland, Sør-Trøndelag, Nord-Trøndelag og Sogn og Fjordane har positive koeffisienter, som indikerer en positiv produktivitetseffekt i forhold til produksjonsgrensen sammenlignet med base-fylket Vest-Agder. Nordland, Troms og Finnmark har negative koeffisienter, som indikerer en negativ produktivitets effekt. Dette illustrerer at det er regionale forskjeller i forhold til produktiviteten i industrien. Det viser seg at de sørlige fylkene er mer produktive enn de nordlige med Rogaland som det mest produktive fylket, og Troms som det minst produktive fylket. Dette er som forventet grunnet de sørlige fylkene har naturlige fordeler i forhold til produksjonsprosessen sammenlignet med de nordlige fylkene. (Sandvold, 2016)

Skjæringspunktet  $\alpha_0$  er en konstant som gir den forventede gjennomsnittlige verdien av den avhengige variabelen når alle de uavhengige variablene er lik null. Hvis verdien av de uavhengige variablene aldri er lik null vil konstanten ikke indikere noe av forholdet mellom



den avhengige variabelen og de uavhengige variablene. Hvis modellen inneholder dummyvariabler vil derimot konstanten ha en større betydning. Siden konstanten er det forventede gjennomsnittet når de uavhengige variablene er lik null, vil den gjennomsnittlige verdien kun gjelde for de observasjonene som har  $RAS = 0$ . Koeffisienten har en positiv verdi på 0,5703668, en t-verdi = 3,21 og en p-verdi = 0,001. Dermed er konstanten statistisk signifikant på 1 % signifikansnivå.

$$H_0: \beta_{\ln\_arbeid} = 0$$

$$H_1: \beta_{\ln\_arbeid} \neq 0$$

Resultatene fra regresjonsanalysen viser at variabelen for arbeid gir en t-verdi = 11,83 og en p-verdi = 0,000, noe som fører til at vi kan forkaste nullhypotesen på 1 % signifikansnivå.  $\ln\_arbeid$  er derfor statistisk signifikant og forskjellig fra null. Koeffisienten  $\ln\_arbeid$  har verdien 0,338.

$$H_0: \beta_{\ln\_kapital} = 0$$

$$H_1: \beta_{\ln\_kapital} \neq 0$$

Regresjonsanalysen viser at variabelen for kapital har en t-verdi = 2,66, og en p-verdi = 0,008. Disse resultatene indikerer at vi kan forkaste null hypotesen på 1 % signifikansnivå, og  $\ln\_kapital$  er statistisk signifikant og forskjellig fra null. Koeffisienten har en verdi på 0,0355.

$$H_0: \beta_{\ln\_f\hat{o}r} = 0$$

$$H_1: \beta_{\ln\_f\hat{o}r} \neq 0$$

Variabelen for  $f\hat{o}r$  har en t-verdi = 15,57 og en p-verdi = 0,000. Dette gjør at vi kan forkaste nullhypotesen på 1 % signifikansnivå, og konkludere med at  $\ln\_f\hat{o}r$  er statistisk signifikant. Koeffisienten har en verdi på 0,348.

$$H_0: \beta_{\ln\_rogn\_yngel} = 0$$

$$H_1: \beta_{\ln\_rogn\_yngel} \neq 0$$

Variabelen for rogn og yngel har en t-verdi = 13,87, og en p-verdi = 0,000. Disse resultatene tilsier at man kan forkaste null hypotesen på 1 % signifikansnivå, og konkludere med at  $\ln\_rogn\_yngel$  er statistisk signifikant og forskjellig fra null. Koeffisienten har en verdi på 0,1926462.

$$H0: \beta_{\ln\_elektrisitet} = 0$$

$$H1: \beta_{\ln\_elektrisitet} \neq 0$$

Videre gir variabelen for elektrisitet en t-verdi = 8,85, og en p-verdi = 0,000. Dette betyr at  $\ln\_elektrisitet$  er statistisk signifikant på 1 % signifikansnivå. Vi forkaster derfor null hypotesen og konkluderer med at  $\ln\_elektrisitet$  er forskjellig fra null. Koeffisienten har en verdi på 0,134

$$H0: \beta_{Ras\_dummy} = 0$$

$$H1: \beta_{Ras\_dummy} \neq 0$$

Dummyvariabelen for RAS har en t-verdi = -2,66, og en p-verdi = 0,008. Dette tilsier at variabelen  $Ras\_dummy$  er statistisk signifikant eller forskjellig fra null. Koeffisienten har en negativ verdi på -0,2732526, og er statistisk signifikant på 1 % signifikansnivå. Vi konkluderer derfor med at RAS har en negativ effekt på produksjonen.

$$H0: \beta_t = 0$$

$$H1: \beta_t \neq 0$$

Variabelen for teknologisk endring har en positiv verdi på 0,0392888. Den har en t-verdi = 17 og en p-verdi = 0,000, og er dermed statistisk signifikant på 1 % signifikansnivå. Dette indikerer en årlig gjennomsnittlig produktivitet på 3,9 %.

$$H0: \beta_{fylke2} = 0$$

$$H1: \beta_{fylke2} \neq 0$$

Fylke2, som representerer settefiskanlegg i Rogaland har en positiv verdi på 0,1918138. Den har en t-verdi = 4,41 og en p-verdi = 0,000, og er dermed statistisk signifikant på 1 % signifikansnivå.

$$H_0: \beta_{\text{fylke3}} = 0$$

$$H_1: \beta_{\text{fylke3}} \neq 0$$

Fylke3, som representerer settefiskanlegg i Hordaland har en positiv verdi på 0,146044. Variabelen har en t-verdi = 4,37 og en p-verdi = 0,000, og er dermed statistisk signifikant på 1 % signifikansnivå.

$$H_0: \beta_{\text{fylke4}} = 0$$

$$H_1: \beta_{\text{fylke4}} \neq 0$$

Fylke4, som representerer settefiskanlegg i Sogn og Fjordane har en positiv verdi på 0,1030343. Variabelen har en t-verdi = 2,67 og en p-verdi = 0,008, og er dermed statistisk signifikant på 1 % signifikansnivå.

$$H_0: \beta_{\text{fylke6}} = 0$$

$$H_1: \beta_{\text{fylke6}} \neq 0$$

Fylke6, som representerer settefiskanlegg i Sør-Trøndelag har en positiv verdi på 0,0810084. Variabelen har en t-verdi = 1,75 og en p-verdi på 0,079. Disse verdien tilsier at koeffisienten ikke er signifikant på hverken 1 % eller 5 % signifikansnivå, men er statistisk signifikant på 10 % signifikansnivå siden  $1,75 > \text{Kritisk verdi (1,645)}$ .

$$H_0: \beta_{\text{fylke7}} = 0$$

$$H_1: \beta_{\text{fylke7}} \neq 0$$

Fylke7, som representerer settefiskanlegg i Nord-Trøndelag har en positiv verdi på 0,1451189. Variabelen har en t-verdi = 3,29 og en p-verdi = 0,001, og er dermed statistisk signifikant på 1 % signifikansnivå.

$$H_0: \beta_{\text{fylke8}} = 0$$

$$H_1: \beta_{\text{fylke8}} \neq 0$$

Fylke8, som representerer settefiskanlegg i Nordland har en negativ verdi på -0,0649995. Variabelen har en t-verdi = -1,63 og en p-verdi = 0,103, og er dermed ikke signifikant på 5 % signifikansnivå.

$$H0: \beta_{\text{fylke9}} = 0$$

$$H1: \beta_{\text{fylke9}} \neq 0$$

Fylke9, som representerer settefiskanlegg i Troms har en negativ verdi på -0,338629. Variabelen har en t-verdi = -6,94 og en p-verdi = 0,000, og er dermed statistisk signifikant på 1 % signifikansnivå.

$$H0: \beta_{\text{fylke10}} = 0$$

$$H1: \beta_{\text{fylke 10}} \neq 0$$

Fylke10, som representerer settefiskanlegg i Finnmark har en negativ verdi på -0,2220882. Variabelen har en t-verdi = -2,55 og en p-verdi = 0,011, og er dermed ikke statistisk signifikant på 1 % signifikansnivå, men er statistisk signifikant på 5 % signifikansnivå fordi  $-2,55 < \text{kritisk verdi } (-1,96)$ .

Estimerte egenpriselasititeter er presentert i tabell 2. Som man ser fra tabellen er egenpriselasititetene positive for innsatsfaktorene arbeid, kapital, fôr, elektrisitet, og rogn og yngel. Disse resultatene er som forventet fordi ved å øke produksjonen er det behov for å øke innsatsfaktorene. Fôr er den innsatsfaktoren som har størst betydning med en egenpriselasititet på 0,348. Den innsatsfaktoren som viser seg å ha nest størst betydning er arbeid, med en egenpriselasititet på 0,338. Dette stemmer overens med tidligere forskning utført av Sandvold og Tveterås som viser at produksjon av smolt er en arbeidsintensiv industri hvor kostnadene relatert til arbeid utgjør opp mot 20 % av de totale kostnadene (Sandvold & Tveterås, 2014). Variabelen for rogn og yngel har en egenpriselasititet på 0,193, elektrisitet har en egenpriselasititet på 0,134, og kapital er den variabelen som har minst betydning med en egenpriselasititet på 0,036.

Den binære variabelen for teknologi, som er RAS-teknologi, har en negativ egenpriselasititet på -0,273. Det betyr at RAS har en negativ innvirkning på produksjonen av smolt, og hvis man helt eller delvis benytter RAS som en produksjonsmetode vil det ha en negativ effekt på antall

produserte enheter. De siste årene har det vært en økende interesse for å investere i postsmoltanlegg og RAS-teknologi. Som vi ser fra figur 2 hadde enhetskostnaden i settefiskindustrien en reversert utvikling fra 2005, og fortsatte med en moderat stigning. Ut ifra figur 14 ser vi at i 2005 opplevde industrien økende investeringer i RAS. Dette tyder på at RAS har hatt en negativ påvirkning på enhetskostnadene, og produksjon av settefisk i et RAS-anlegg vil gi høyere produksjonskostnader. Dette bekrefter det faktum at RAS har hatt en negativ innvirkning på den avhengige variabelen.

Dette kan forklares av flere faktorer. RAS er en relativt ny teknologi i denne industrien, og erfaringene blant aktørene er minimale. I likhet med andre nye innovasjoner er det mer krevende i starten. Det er en kontinuerlig læringsprosess hvor man møter på flere utfordringer, og man vil oppleve flere innkjøringsproblemer enn ved en veletablert teknologi. Andre faktorer som påvirker elastisiteten er kapital og kompetanse. Det er svært kapital- og kompetansekrevende å innføre RAS i produksjonen, både i form av investeringen, prosjekteringen, byggeprosesser, driftskostnader, og langsiktige kostnader relatert til å rekruttere og beholde kompetanse. I et RAS-anlegg behøver man et større personell som innehar både teknisk og biologisk kompetanse. Driften stiller krav til et tverrfaglig personell som innehar kompetanse innenfor både vannkjemi, elektrisitet, ventilasjon og røkterkompetanse. Derfor vil drifts- og lønnskostnadene i disse anleggene være høyere enn i et gjennomstrømningsanlegg. Sykdomstilfeller i RAS-anlegg vil også ha store konsekvenser for produksjonen, da et sykdomstilfelle kan føre til akutt dødelighet. Et sykdomsutbrudd i RAS-anlegg vil ramme hardere enn i et gjennomstrømningsanlegg, og man kan risikere å miste hele produksjonen. En negativ egenpriselasitet på RAS-variabelen var som forventet da det er en relativt ny innovasjon, og konsekvenser at dette som usikkerhet, risiko og kostnader, samt innkjøringsproblemer m.m. vil ha en direkte påvirkning på produksjonen. I et langsiktig perspektiv når erfaringene og kompetansen har økt vil sannsynligvis utfordringene minimeres og stordriftsfordelene forsterkes. Derfor er det sannsynlig at RAS i fremtiden vil øke produktiviteten og være nødvendig for å forbli konkurransedyktige i markedet.

Tabell 3: Elastisiteter, skalaavkastning og teknologisk endring

Variable	Elasticity	Standard error	t-vaule	p-value
$\alpha_L$	0.338	0.029	11,83	0.000
$\alpha_C$	0.036	0.013	2,66	0.008
$\alpha_F$	0.348	0.022	15,57	0.000
$\alpha_R$	0.193	0.013	13,87	0.000
$\alpha_E$	0.134	0.015	8,85	0.000
$\alpha_T$	-0.273	0.102	-2.66	0.008
RTS	0.774	0.103	7.51	0.000
TC	0.039	0.002	17.00	0.000

Skalaavkastningen presenterer hvor effektivt det er å forandre produksjonsnivået, uttrykt ved formel 8. Den gjennomsnittlige skalaavkastningen (RTS) er estimert til 0,774 og er signifikant forskjellig fra 1. Dette indikerer at industrien er representert ved avtagende skalaavkastning, og en økning i alle innsatsfaktorene gir en relativt mindre økning i produksjonen. For eksempel vil en 100 % økning i innsatsfaktorer kun resultere i 77,4 % økning i produksjon

Teknologisk endring (TC) måler den årlige gjennomsnittlige produktiviteten, uttrykt ved formel 9. Som vi ser fra tabell 2 har TC en verdi på 0,039, og er statistisk signifikant på 1 % signifikansnivå. Dette tilsier at fra 1988-2017 er det en gjennomsnittlig produktivitetsøkning på 3,9 % hvert år for hele dataperioden, og at teknologisk endring bidrar med å øke antall enheter solgt på lang sikt. Tidligere forskning viser at fra perioden 1988-2012 var teknologisk endring estimert til 4,8 % (Sandvold, 2016). Disse resultatene indikerer at teknologisk endring har hatt en negativ utvikling de siste fem årene, og at produktiviteten i industrien er noe redusert. Det har vært en radikal utvikling i antall settefiskanlegg som har innført RAS i perioden 2012-2017. Dette kan forklare deler av hvorfor produktiviteten har hatt en negativ utvikling. Mange aktører har skiftet teknologi fra gjennomstrømning til RAS. Det innebærer utfordringer relatert til for eksempel risiko, usikkerhet og kapital. Det resultatene indikerer er at innføring av ny radikal teknologi så langt har bidratt negativt på produktiviteten.

## 7. Konklusjon

Det er i denne oppgaven forsket på landbaserte oppdrettsanlegg av settefisk i Norge, med fokus på produksjonsteknologi. Det er de siste årene innført en ny resirkuleringsteknologi (RAS), og vi ønsket å finne erfaringene og effektene på produktiviteten etter innføring av denne. Dette har vi løst ved å bruke et paneldatasett fra Fiskeridirektoratet for perioden 1988-2017 der vi har lagt inn en variabel for teknologi. Denne variabelen samlet vi inn gjennom en spørreundersøkelse utført over telefon. Gjennom spørreundersøkelsen (vedlegg 1) fikk vi svar på når de innførte RAS, motivasjon, erfaringer og utfordringer, samt snittvekt på smolten i 2018. Vi har estimert en produksjonsfunksjon hvor avhengig variabel var antall solgt smolt, og innsatsfaktorene var arbeid, kapital, elektrisitet, fôr, rogn og yngel, samt variabelen for teknologi som vi samlet inn.

Funn fra undersøkelsen viser at det per 2017 var 29 % av selskapene som har innført RAS. Innføringen av teknologien begynte i 2005, men hadde en signifikant økning fra 2014 til 2017. Den største motivasjonsfaktoren er begrensede vannmengder ved økt produksjon. De erfaringene aktørene i bransjen nevner som utslagsgivende er bedre kontroll over produksjonsprosessen og muligheten for større fisk. De største utfordringene som blir nevnt er design, styring og overvåking, sykdom, og kompetanse. Disse utfordringene hadde forholdsvis like vektall. RAS bygger på flere komponenter som skal fungere sammen, og marginene er mindre. Det er viktig med et design som tilrettelegger for god biosikkerhet for å forhindre sykdomsutbrudd. RAS er kompetansekrevene, og god styring av vannkvalitetsparametere for å kunne forstå sammenhengen mellom teknologi og biologi er en kritisk suksessfaktor. Videre viser det seg at erfaringene samsvarer med motivasjonen for å innføre RAS. De produserer større fisk, har bedre kontroll over produksjonsprosessen, kan produsere smolt på kortere tid og har bedre fiskehelse. Vi kan derfor konkludere med at en god og forsvarlig drift av RAS øker kapasitetsutnyttelsen, kvaliteten på smolten og fiskehelsen.

Hele industrien planlegger å øke snittvekten på sikt. Dette er gjort mulig etter nye reguleringer. Tidligere har normen i bransjen vært å sette smolten ut i sjøen når de har en vekt på mellom 70 og 140 gram. Snittvekten for hele industrien i 2018 var 160 gram, og indikerer en moderat økning i forhold til tidligere forskning. Videre viser funnene våre at 50% av selskapene som i dag ikke har RAS sier at de har planer om å innføre RAS. Av disse er det hele 35% som har konkrete planer om slike anlegg i nærmeste fremtid. Vi kan derfor konkludere med at RAS har

bidratt til at snittvekten på smolt har økt noe, og sannsynligvis vil fortsette å øke korrelert med utviklingen i antall selskaper som innfører RAS i fremtiden.

Ut ifra den økonometriske analysen fikk vi tydelige resultater. Innsatsfaktorene kapital, arbeid, fôr, elektrisitet, og rogn og yngel hadde positiv effekt på produksjonen, som var forventet. Fôr er den innsatsfaktoren som har størst betydning for antall produserte enheter. RAS hadde en tydelig negativ effekt, som også var forventet da dette er en ny teknologi som er kapitalkrevende og har høyere driftskostnader enn den tradisjonelle produksjonsmetoden. Det er også større konsekvenser ved sykdomsutbrudd som gir utslag på produksjonen. Derfor har teknologien hatt negativ effekt på antall solgte enheter. En realisering av gevinstene med RAS vil først skje når man har optimalisert produksjonsprosessen og redusert enhetskostnadene.

Fra å erfare en nedgang i enhetskostnadene fra 1988, reverserte utviklingen seg i 2005, og settefiskindustrien opplevde en moderat økning i enhetskostnader. I samme periode, fra 2005 til 2017 innførte 20 selskaper RAS. Vi ser at det er en sammenheng mellom innførsel av RAS og økningen i enhetskostnader. Dette indikerer en negativ utvikling i produktiviteten. Tidligere forskning viste at fra 1988-2012 var den årlige gjennomsnittlige produktivitetsøkning på 4,8 %. Vår økonometriske analyse viser en årlig gjennomsnittlig produktivitet i perioden 1988 til 2017 på 3,9 %, en signifikant nedgang de siste fem årene. Fra 2012-2017 var det 12 nye selskaper som innførte RAS, og vår forskning indikerer at dette har en negativ sammenheng med den årlige gjennomsnittlige produktiviteten. Vi kan derfor konkludere med at RAS har hatt en negativ effekt på produktiviteten. Industrien er representert ved avtagende skalaavkastning, og en økning i innsatsfaktorene gir en relativt mindre økning i produksjonen. Resultatene viser også at det er regionale forskjeller. De sørlige fylkene er mer produktive enn de nordlige, hvor Rogaland er det mest produktive.



## Referanser

- Akvakultur. (2018, Oktober 25). Hentet fra Statistisk sentralbyrå: <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/fiskeoppdrett/aar>
- Akvakulturdriftsforskriften. (2008, August 25). Hentet fra Lovdata: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2008-06-17-822>
- Akvakulturloven. (2005, Janura 1). Hentet fra Lovdata: [https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2005-06-17-79#KAPITTEL\\_1](https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2005-06-17-79#KAPITTEL_1)
- Asche, F., & Bjørndal, T. (2011). *The Economics of Salmon Aquaculture*. Chichester: Wiley-Blackwell.
- Badiola, M., Mendiola, D., & Bostock, J. (2012, November). *Recirculating Aquaculture Systems (RAS) analysis: Main issues on management and future challenges*. Hentet fra <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2012.07.004>
- Bårdsen, G., & Nymoene, R. (2011). *Innføring i økonometri*. Trondheim og Oslo: Fagbokforlaget.
- Bjørndal, T., Holte, E. A., Hilmarsen, Ø., & Tusvik, A. (2018, September). *Analyse av lukke oppdrett av laks - landbasert og i sjø*. Hentet fra Fisk.no: <http://fisk.no/attachments/article/6572/landbasert-lakseoppdrett-analyse.pdf>
- Bleie, H., & Skrudland, A. (2014, August). *Tap av Laksefisk i Sjø*. Hentet fra Mattilsynet: [https://www.mattilsynet.no/fisk\\_og\\_akvakultur/fiskevelferd/tap\\_av\\_laksefisk\\_i\\_sjo\\_rapport.15430/binary/Tap%20av%20laksefisk%20i%20sj%C3%B8%20rapport](https://www.mattilsynet.no/fisk_og_akvakultur/fiskevelferd/tap_av_laksefisk_i_sjo_rapport.15430/binary/Tap%20av%20laksefisk%20i%20sj%C3%B8%20rapport)
- Fagerberg, J., Mowery, D. C., & Nelson, R. R. (2005). *The Oxford Handbook of Innovation*. Great Clarendon Street, Oxford OX2 6DP, United Kingdom: Oxford University Press.
- Fiskeridirektoratet. (2017, April 24). Hentet fra Tildelingsprosessen: <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tildeling-og-tillatelser/Tildelingsprosessen>
- Fiskeridirektoratet. (2018, August 14). *Akvakultur*. Hentet fra Fiskeridirektoratet: <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tildeling-og-tillatelser/Saertillatelser/Utviklingstillatelser?fbclid=IwAR1Sz810I5-hxJvJ25XHEAvAOYkIIMj7KmNqG9LxKaYTazuYa5goWBlrGsQ>
- Fiskeridirektoratet. (2018, Mai 20). *Settefisk*. Hentet fra Fiskeridirektoratet: <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tildeling-og-tillatelser/Kommersielle-tillatelser/Laks-oerret-og-regnbueoerret/Settefisk>
- Fiskeridirektoratet. (2018). *Statistikk for akvakultur 2017 - foreløpige tall*. Bergen: Fiskeridirektoratet.
- Fiskeridirektoratet. (2019, Februar 19). *Fiskeridirektoratet.no*. Hentet fra Webområde for Fiskeridirektoratet: <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Statistikk-akvakultur/Roemningsstatistikk>
- Fiskeridirektoratet. (2019, Mai 25). *Fiskeridirektoratet.no*. Hentet fra <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Statistikk-akvakultur/Akvakulturstatistikk-tidsserier/Laks-regnbueoerret-og-oerret/Settefiskproduksjon>
- Goolsbee, A., Levitt, S., & Syverson, C. (2013). *Microeconomics*. New York: Macmillan higher education.
- Hammarberg, K., Kirkman, M., & de Lacy, S. (2016). Qualitative research methods: when to use them and how to judge them. *Human Reproduction, Volume 31, Issue 3*, 498-501.
- Hjeltnes, B., Bæverfjord, G., Erikson, U., Mortensen, S., Rosten, T., & Østergård, P. (2012, January 10). *Risk Assessment of Recirculation Systems in Salmonid Hatcheries*. Hentet fra Vitenskapskomiteen for mattrygghet:

- <https://vkm.no/download/18.3a33d0ea16122420c393dc33/1516971511354/Risk%20Assessment%20of%20Recirculation%20Systems%20in%20Salmonid%20Hatcheries.pdf>
- Iversen, A. (2017). *Kostnadsutvikling i lakseoppdrett: Med fokus på før- og lusekostnader*. Tromsø: Nofima.
- Iversen, A. (2017, Desember). *Nofima*. Hentet fra Kostnadsutvikling for havbruk i Norge og i konkurrentland:  
<https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/2426068/Rapport%2b61-2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Johannessen, A., Kristoffersen, L., & Tuft, P. A. (2004). *Forskningsmetode for økonomisk-administrative fag*. Oslo: Abstrakt Forlag.
- Kahn, K. B. (2018, Mai). *Understanding Innovation*. Hentet fra  
<https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.01.011>
- Labora. (2019, 4 10). *Labora*. Hentet fra Webområde for Labora:  
<https://labora.no/aktuelt/stamfisk-settefisk-eller-matfisk/>
- Laks på land. (2015, Januar 14). Hentet fra Regjeringen:  
<https://www.regjeringen.no/contentassets/1e8b96928110400eb0d5892b9c8c4bdb/laks-pa-land.pdf>
- Laksetildelingsforskriften. (2005, Januar 5). Hentet fra Lovdata:  
[https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-12-22-1798/KAPITTEL\\_4#%C2%A721](https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-12-22-1798/KAPITTEL_4#%C2%A721)
- Leedy, P. D., & Ormrod, J. E. (2010). *Practical research: Planning and design*. New Jersey: Pearson Education Inc.
- Levinsohn, J., Petrin, A., & Poi, B. P. (2004). *Production function estimation in Stata using*. Hentet fra  
<https://pdfs.semanticscholar.org/edf6/de9460cd2aff89472576a9a99f79980867b6.pdf>
- Mattilsynet. (2014). *Vannkvalitet og vannbehandling i Settefiskanlegg*. Hentet fra Mattilsynet:  
[https://www.mattilsynet.no/fisk\\_og\\_akvakultur/akvakultur/drift\\_av\\_akvakulturanlegg/sluttrapport\\_vannkvalitet\\_og\\_vannbehandling\\_i\\_settefiskanlegg\\_2014.17293/binari/Sluttrapport:%20Vannkvalitet%20og%20vannbehandling%20i%20settefiskanlegg%202014](https://www.mattilsynet.no/fisk_og_akvakultur/akvakultur/drift_av_akvakulturanlegg/sluttrapport_vannkvalitet_og_vannbehandling_i_settefiskanlegg_2014.17293/binari/Sluttrapport:%20Vannkvalitet%20og%20vannbehandling%20i%20settefiskanlegg%202014)
- Mattilsynet. (2016, september 20). Hentet fra Mattilsynet:  
[https://www.mattilsynet.no/fisk\\_og\\_akvakultur/fiskehelse/fiske\\_og\\_skjellsykdommer/lakselus/fakta\\_om\\_lakselus\\_og\\_lakselusbekjempelse.23766](https://www.mattilsynet.no/fisk_og_akvakultur/fiskehelse/fiske_og_skjellsykdommer/lakselus/fakta_om_lakselus_og_lakselusbekjempelse.23766)
- Munkeby, M. (2017, Mars 17). *Nitrogenovermetning*. Hentet fra NorseAqua:  
<https://norseaqua.no/nitrogengassovermetning/>
- Nicholson, W., & Snyder, C. (2016). *Microeconomic Theory: Basic Principles & Extensions*. Boston: Cengage Learning.
- Nofima. (2014, Oktober 14). Hentet fra Optimalisert postsmoltproduksjon:  
<https://nofima.no/prosjekt/optimalisert-postsmoltproduksjon-opp/>
- Norges Sjømatråd. (2018, Januar 8). *Nyheter: Norges Sjømatråd*. Hentet fra Webområde for Norges Sjømatråd: <https://seafood.no/aktuelt/nyheter/en-million-tonn-laks-for-647-milliarder-i-2017/>
- Rubin, A., & Babbie, E. R. (2001). *Research methods for social work*. Belmont: Wadsworth/Thomson Learning.

- Sandvold, H. N. (2016, September 8). *Technical inefficiency, cost frontiers and learningby-doing in Norwegian farming of juvenile*. doi:10.1080/13657305.2016.1224659
- Sandvold, H. N., & Tveterås, R. (2014, Mai 20). *Innovation and productivity growth in Norwegian production of juvenile salmonids*. Hentet fra <https://doi.org/10.1080/13657305.2014.903313>
- Sjømateksport. (2019, Januar 7). Hentet fra Seafood: <https://seafood.no/aktuelt/nyheter/sjomateksport-for-99-milliarder-i-2018/>
- Snyder, C., & Nicholson, W. (2012). *Microeconomic Theory: Basic Principles and Extensions*. Canada: South-Western Cengage Learning.
- Statistisk Sentralbyrå. (2019, Juni 6). *Statistikk: Akvakultur*. Hentet fra Webområde for Statistisk Sentralbyrå: <https://www.ssb.no/fiskeoppdrett>
- Syverson, C. (2011). *What Determines Productivity*. Hentet fra <http://www.aeaweb.org/articles.php?doi=10.1257/jel.49.2.326>
- Terjesen, B. F. (2017). *30 år med settefisk, 1986 til 2016 - hva nå?* Trondheim: TEKSET. Hentet fra [tekset.no: http://fisk.no/attachments/article/6572/landbasert-lakseoppdrett-analyse.pdf](http://fisk.no/attachments/article/6572/landbasert-lakseoppdrett-analyse.pdf)
- Tveterås, R. (2018, Jan 15). *Canvas*. Hentet fra Microeconomics of technological change: [file:///C:/Users/Bruker/Downloads/Lecture%20and%20\\_Microeconomics%20of%20technological%20change.pdf](file:///C:/Users/Bruker/Downloads/Lecture%20and%20_Microeconomics%20of%20technological%20change.pdf)
- Tveterås, R., & Heshmati, A. (1999). *Patterns of productivity growth in the Norwegian salmon farming industry*. 4004: Stavanger College.
- Verdens fremste sjømatnasjon. (2013). Hentet fra Regjeringen: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld-st-22-20122013/id718631/sec1>
- Williams, C. (2007). Research Methods. *Journal of Business & Economic Research*, 65-71.
- Wooldridge, J. M. (2015). *Introduction to Econometrics*. Michigan: Cengage learning.

## Vedlegg 1 - Spørreskjema

Bruker dere RAS i dag?

Ved svar: «Kun RAS»:

- Når var første år dere begynte med resirkulering – satte rogn inn i anlegget?
- Når dere tok avgjørelsen om RAS, hva var motivasjonen?
- Hva er erfaringene deres med RAS?
- Har dere utfordringer med RAS?

Ved svar: «Litt RAS» (Delvis/har begynt):

- Hvor stor del av produksjonen er med RAS?
- Når var første år dere begynte med RAS – satte rogn inn i anlegget?
- Når dere tok avgjørelsen om RAS, hva var motivasjonen?
- Hva er erfaringene deres med RAS?
- Har dere utfordringer med RAS?

Ved svar: «Ikke RAS» (NEI):

- Hvorfor har dere valgt å ikke bruke RAS?
- Har dere planer om å innføre resirkulering? Er det uaktuelt i fremtiden?
- Har dere problem/utfordring med produksjonen?