



Universitetet  
i Stavanger

DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

## MASTEROPPGAVE

Studieprogram/spesialisering: Prosjektledelse	Høstsemesteret, 2017  Åpen / Konfidensiell
Forfatter: Tord Ludvigsen	<i>Tord Ludvigsen</i> ..... (signatur forfatter)
Fagansvarlig:  Veileder(e): Professor Atle Øglend og Professor Ragnar Tvetervås	
Tittel på masteroppgaven: Økonomisk analyse av det offshorebaserte havbruket «Octopus»  Engelsk tittel: Economic analysis of the offshore-based ocean farm «Octopus»	
Studiepoeng: 30	
Emneord: Akvakultur, investeringanalyse, sensitivitetsanalyse, eksponert havbruk, jack- up.	Sidetall: 68  + vedlegg/annet: 12  Stavanger, 15/12 -2017 dato/år

## **Forord**

Det 2-årige masterstudiet i industriell økonomi har gått fort og studiet avsluttes med denne masteroppgaven. Jeg er takknemlig for at oppgaven ble innen lakseoppdrett siden det er en meget interessant bransje, spesielt i disse tider. I tillegg var jeg så heldig at jeg fikk sjansen til å skrive oppgave for Roxel Aqua og deres havbruksinnovasjon «Octopus». Den «galne», oppfinnsomme og dyktige gjengen har gitt meg mye kunnskap og moro. Spesiell takk til Dag Øyvind Meling, Trond Ferkingstad og Jan Henry Melhus. Mine veiledere Ragnar Tveterås og Atle Øglend har usedvanlig god kjennskap til oppdrettsbransjen og har delt meget velvillig av deres innsikt og var lynkjappe med tilbakemeldinger i sluttspurten. I tillegg har jeg sendt mailer til flere i oppdrettsbransjen i både Norge og Færøyene, og har fått særdeles mange hjelpsomme tilbakemeldinger. Kristoffer Tveit i Skretting har også hjulpet meg en hel masse ved hans innsikt i «AquaSim» og generelt om fiskevelferd.

## **Sammendrag**

Lakseproduksjonen i Norge har stagnert de siste 4-5 årene til tross for høy inntjening. Stagnasjonen skyldes i stor grad lakselus, knapphet på egnet sjøareal for akvakultur og restriksjoner på produksjonstillatelser. Likevel er det et vedtatt politisk mål at Norge skal øke lakseproduksjonen betraktelig i årene fremover. Fiskeridirektoratet har iverksatt utlysning av utviklingstillatelser for økt innovasjonsevne i næringen.

Selskapet Roxel har opprettet selskapet Roxel Aqua for å utvikle konseptet «Octopus», hvor en oppjekkbar rigg blir konvertert til en stasjon for havbruk med nedtrekkbare merder i et særdeles eksponert sjømiljø. Denne oppgaven er en mulighetsanalyse for konseptet med investeringsanalyse etter nåverdimetoden og tilbakebetalingstid med diskontering. I oppgaven ser en på to hovedscenarier; å operere «Octopus» under utviklingstillatelser og en annen lisensstruktur - i Norge eller et annet sted i verden.

Økonomien i havbruksnæringen og laksevelferd i eksponerte havstrøk er undersøkt i oppgaven. Konklusjonen er at laksen vil trives vel så godt i eksponerte strøk som ved tradisjonelle lokasjoner, såfremt laksen ikke blir plassert i et område med for høy strømningshastighet og merdene tåler belastningen.

Det er estimert et investeringsbudsjett og driftsbudsjett for konseptet og en kontantstrømanalyse er blitt utarbeidet. Det er blitt undersøkt om konseptet er økonomisk levedyktig ved utviklingstillatelser og uavhengig av utviklingstillatelser. Det er laget sammenligningsanalyser med ulike postsmoltstørrelser og vurdert om det er best å leie eller kjøpe rigg for konseptet.

Konseptet gir store muligheter for storproduksjon av laks til havs. Konseptet er skalerbart og det er derfor relativt enkelt å sette på flere merder. Ved lakseproduksjon på 20-25 tusen laks i året vil konseptet potensielt gi svært god meravkastning og kan gi produksjonskostnader sammenlignbare med tradisjonelle havbruk.

Leie av rigg ser ut til å være best på kort sikt, mens kjøp av rigg gir bedre økonomi på lang sikt. En leieordning med opsjon på kjøp av rigg kan være optimalt, så noe mindre investeringer er påkrevd i oppstarten av prosjektet.

## Innholdsliste

FORORD .....	I
SAMMENDRAG .....	II
NOMENKLATUR .....	VI
1. INTRODUKSJON .....	1
1.1 Bakgrunn .....	1
1.2 Roxel Aquas konsept for oppdrett av laks til havs .....	3
1.3 Problemstilling .....	3
2. NORSK OPPDRETTSNÆRING .....	4
2.1 Innledning .....	4
2.2 Naturlig lakselivssyklus .....	4
2.3 Produksjonssyklus i lakseoppdrett .....	5
2.4 Økonomisk utvikling i oppdrettsbransjen .....	6
2.5 Reguleringer i oppdrettsbransjen .....	9
3. UTFORDRINGER I LAKSEOPPDRÆTSBRANSJEN .....	13
3.1 Svinn .....	13
3.2 Lakselus .....	13
3.3 Lakserømming .....	17
3.4 Laksesykdommer .....	18
3.5 Arealknapphet .....	19
4. OPPDRÆTSBRANSJEN I ENDRING .....	20
4.1 Eksponerte oppdrætsanlegg .....	20
4.2 Innovasjoner i eksponerte anlegg .....	20
4.3 Større utsettisk / postsmolt .....	22
4.4 Laksevern i eksponerte havbruk .....	23
4.5 Laksevern i eksponerte havbruk - oppsummering .....	27
4.6 Landbaserte anlegg .....	28
4.7 Tilbud og etterspørsel .....	29
5. TEORI .....	30
5.1 Investeringsanalyse .....	30
5.2 Nåverdimetoden .....	30
5.3 Kostnadsestimat for investeringer (CAPEX) .....	33
5.4 Investeringsanalyse i havbruk .....	34
5.5 Avskrivning .....	34
5.6 Bioøkonomisk analyse .....	35
6. ØKONOMIEN I KONSEPTET .....	38
6.1 Konseptet "Octopus" og investeringskostnader .....	38
6.2 Variable kostnader .....	42
6.3 Faste kostnader .....	44
6.4 Andre kostnader .....	45
6.5 Parametere i investeringsanalysen .....	46
6.6 Scenarioer i analysene .....	47
7. RESULTATER .....	49
7.1 Scenario A – Utviklingstillatelset innvilget .....	49
7.2 Scenario B – Uavhengig utviklingstillatelset .....	53
7.3 Best-mulig scenario .....	58
7.4 Sammenligning av produksjonskostnader .....	59
8. DISKUSJON .....	62
9. VIDERE ARBEID .....	64
APPENDIKSER .....	

## Figurliste

Figur 1 – Driftsresultat og salgsværdi av norsk oppdrettslaks (ikke inflasjonshustert) Kilde: Fiskeridirektoratet ..	1
Figur 2 – Produksjon av norsk laks i tonn. Kilde: Fiskeridirektoratet .....	2
Figur 3 - Produksjon av laks i kilo per årsverk. Kilde: Fiskeridirektoratet .....	6
Figur 4 - Produksjon, produksjonskostnader og salgpris av laks. Kilde: SSB for produksjonsutvikling (Data for 1991 er stipulert). Fiskeridirektoratet for produksjonskostnad og salgpris. Ikke inflasjonsjustert. ....	7
Figur 5 - Produksjonskostnader av laks – (ikke inflasjonsjustert). Kilde: Fiskeridirektoratet. ....	7
Figur 6 - Fordeling av produksjonskostnader i 2016. Kilde: Fiskeridirektoratet. ....	8
Figur 7 - Global produksjon av atlantisk laks i tonn. Kilde: FAO. ....	9
Figur 8 - Sammenheng mellom søkers investeringsforslag i søknad og antall tildelte tillatelser.....	11
Figur 9 - Svinn i norsk lakseproduksjon Antall i 1000. Kilde: Fiskeridirektoratet. ....	13
Figur 10 - Lakselusnivå (Ukentlig gj. snitt av voksne hunnlakselus per fisk 2012–2016). Kilde: Lusedata.no ...	14
Figur 11 - Antall behandlinger av lakselus. Kilde: Veterinærinstituttet, Hjeltnes mfl., 2017).....	15
Figur 12 - Rømming av laks. Kilde: Fiskeridirektoratet. ....	18
Figur 13 - Utbrudd av meldepliktige laksesykdommer. Kilde: Veterinærinstituttet / (Hjeltnes mfl., 2017).....	18
Figur 14 - Deformasjon av merd i strøm (Kilde: Fredheim, udatert).....	22
Figur 15 – Referansetemperatur, Ytre Utsira, 20m dyp (2007-2017) .....	24
Figur 16 - Tilvekstkurver for maiutsett, T: Tvetvå, S: Skretting .....	36
Figur 17 - Tilvekstkurve for septemberutsett. T: Tvetvå, S: Skretting .....	36
Figur 18- Konseptfigur av "Octopus" .....	38
Figur 19 - Konseptuell utforming av fôringsmodul og fôringskontainere .....	39
Figur 20 - En "Fiskehelsemodul" på nedsenkbar dekk som brukes til behandling av parasitter. Konseptskisse.	40
Figur 21 - Nedtrekkbare merder for laksevelferd i bølger .....	41
Figur 22 - De nedtrekkbare merdene er koblet til riggen med slanger for blant annet fôring og elektrisitet. ....	41
Figur 23 - Tidslinje for prosjekt første 7 år ved utviklingstillatelse .....	48
Figur 24 - Sammenligning av akkumulert NPV ved leie og kjøp av rigg og ulike utsettvekter. 10 utviklingstillatelset konvertert. ....	49
Figur 25 - Løpende produksjonskostnader ved ulike antall utviklingstillatelset, 400 gram settefisk. ....	50
Figur 26 - Fordeling av produksjonskostnader, første 10 år i produksjon, ved 10 utviklingstillatelset og 400 gram utsettisk. ....	51
Figur 27 - Nåverdi etter 5 år (utviklingstillatelset ikke konvertert) .....	52
Figur 28 - Sammenligning av produksjonskostnader per kilo for varierende biomasse (i antall tillatelset), 400 grams postsmolt .....	54
Figur 29 - Fordeling av kostnader.....	55
Figur 30 - Sensitivitet av produksjonskostnad, 20 tillatelset, gj.snittspris etter 10 år, settefisk på 400 gram. ....	56
Figur 31 - Akkumulert nåverdi ved 15600 tonn biomasse, tilsvarende 20 tillatelset, 400 g settefisk.....	57
Figur 32 - Best mulig scenario, 20 tillatelset, 400 gram settefisk. ....	58
Figur 33 - Sammenligning av produksjonskostnader .....	60
Figur 34 – Skalaeffekter.....	61

## Tabelliste

Tabell 1 - Oversikt over tildelte utviklingstillatelser per 1. desember 2017. ....	11
Tabell 2 - Anbefalte karakteristikker ved eksponert lakseoppdrett. ....	28
Tabell 3 - Vekting av rente fra gjeld og egenkapital. ....	32
Tabell 4 - Antatt levetid for ulike anleggsmidler. ....	35
Tabell 5 - Tilvekstmodell. ....	35
Tabell 6 - Pris av ulike postsmoltstørrelser i kr. ....	43
Tabell 7 - Antatte lønnskostnader inkl. sosiale kostnader. ....	44
Tabell 8 - Parametere brukt i analysen. ....	46
Tabell 9 - investeringer første 3 år etter eventuelt tilsagn. ....	48
Tabell 10 - Antall merder ved ulik størrelse settefisk og antall tillatelser. ....	50
Tabell 11 - Fordeling av produksjonskostnader, første 10 år i produksjon, 10 tillatelser, 400 gram utsettisk. ....	51
Tabell 12 - Sensitivitet av produksjonskostnad. ....	52
Tabell 13 - Nåverdi etter antall tillatelser og utsettsvekt. ....	52
Tabell 14 - Verdi av utviklingstillatelser og kontantstrøm. ....	53
Tabell 15 - Antall merder ved ulik størrelse settefisk. ....	54
Tabell 16 - Gjennomsnittlig produksjonskostnad per kg første 10 år i produksjon. ....	55
Tabell 17 - Sensitivitet, diskonteringsrente er 10%, 20 tillatelser. ....	56
Tabell 18 - Tilbakebetalingstid med diskontering, diskonteringsrente = 10%, 20 tillatelser. ....	57
Tabell 19 - Nåverdi etter 10 år av investering, etter utsettsvekt og antall tillatelser. ....	57
Tabell 20- Antall merder ved best mulig scenario. ....	58
Tabell 21 - Tilbakebetalingstid med diskontering, diskonteringsrente = 10%, 20 tillatelser. ....	58
Tabell 22 - Gjennomsnittlig produksjonskostnad per kg første 10 år i produksjon. ....	59
Tabell 23 - Nåverdi - optimalt scenario. ....	59

## Nomenklatur

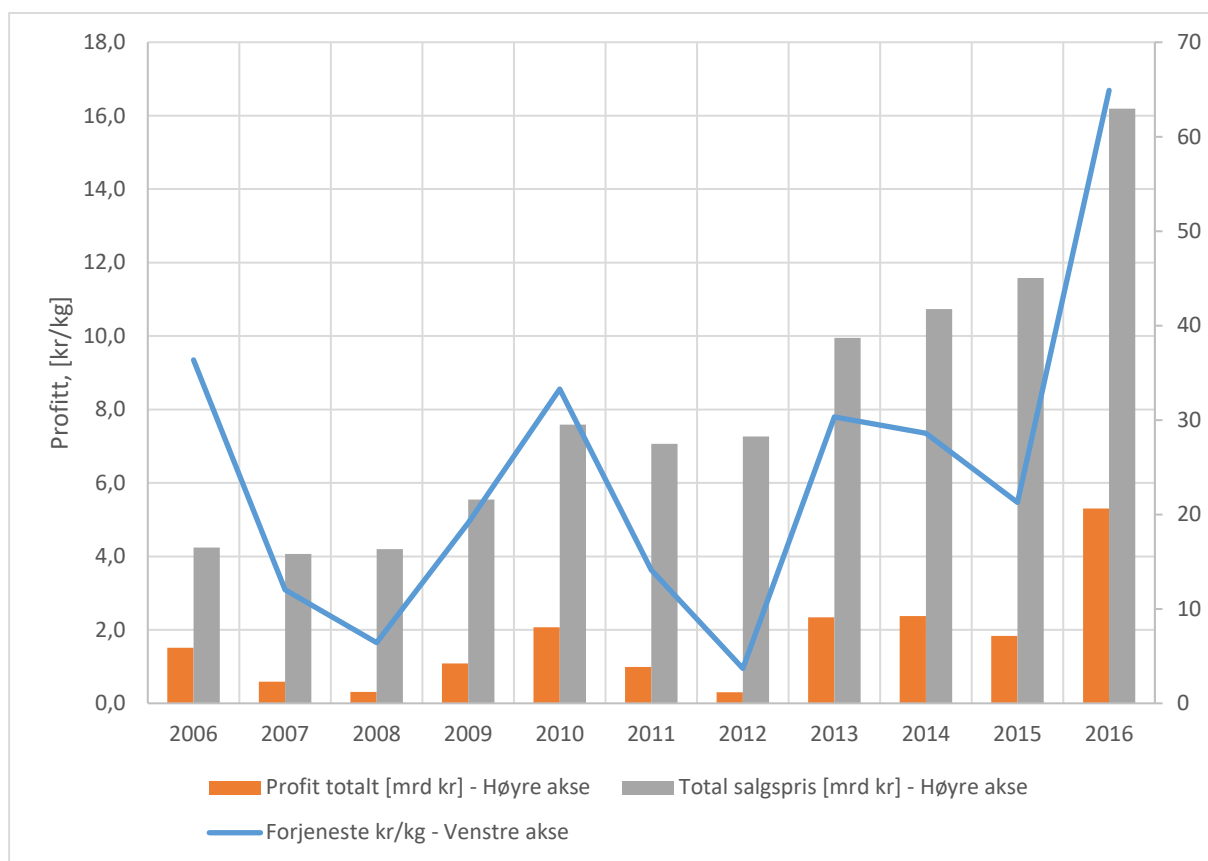
AGD	Gjellamøbe (amoebic gill disease), ref. 2.6.4.3
BL	Body Length – laksens kroppslengde er relatert til laksens svømmehastighet
døgngrader	antall døgn x gjennomsnittlig temperatur / døgn
CAPEX	Capital Expenditure (kapitalkostnad)
eksponert havbruk	havbruk som er lokalisert i områder med større værpåvirkning (i form av bølger, strøm, vind og temperatur) enn skjermede havbruk.
FoU	Forskning og utvikling
fôrbåt	en båt som transporterer fôr til havbruk. Fiskefôrflåten har typisk begrensninger i posisjoneringssystemer og evne til å takle grov sjø
fôrfaktor	kg fôr / kg slaktevektfisk – ofte i størrelsesorden 0,8 – 1,5
HMS	Helse, miljø, sikkerhet
H <sub>s</sub>	Signifikant bølgehøyde er gjennomsnittshøyden av de 1/3 høyeste målte bølgene.
ILA	Infeksiøs Lakseanemi, ref. 2.6.4.2
MTB	Maksimal Tillatt Biomasse. Maks tillatt stående fisk på en lokalitet og totalt for et fiskeoppdrettsselskap.
oppjekkbar plattform	En oppjekkbar plattform (engelsk jack-up rigs) er en plattform med et skrog og en eller flere legger som kan beveges opp eller ned relativt i forhold til skroget.
OPEX	Operational Expenditure (driftskostnad)
patogener	er et biologisk / medisinsk begrep: det som forårsaker sykdommer, vanligvis bakterier og virus. Patogen er synonymt med «sykdomsfremkallende».
PD	Pancreas Disease / Pankreassykdom, ref. 2.6.4.1
PE	polyetylen (plastprodukt)
RAS-anlegg	resirkuleringsteknologi for akvakultur – landbasert fiskeoppdrettsanlegg
rotasjonsproblemet	når en tilstreber å finne et økonomisk optimalt tidspunkt å slakte en generasjon med fisk.
rund vekt (WFE)	rund vekt er definert som den vekt fisken har når den tas opp av havet og er en internasjonal standard for bruk i fiskeristatistikk. WFE står for Whole Fish Equivalent
rensefisk	fisk som spiser lakselus og blir satt ut i merder for å rense laksen for lus.
Sløyd fisk (HOG)	vekt av fisk etter sløying, men med hodet på (Head on Gutted)

# 1. Introduksjon

## 1.1 Bakgrunn

I Norge har oppdrett av atlantisk laks (*Salmo salar*) blitt en betydelig matindustri med formidabel vekst siden den ble startet opp i 1970-årene. I 2017 er produksjonen av norsk laks på rundt 1,2 – 1,3 millioner tonn i året. Oppdrettslaks er nå den tredje største eksportnæringen i Norge med en eksportverdi på 61,4 milliarder kroner i 2016 (Norsk sjømatråd, 2017).

Samtidig øker etterspørselen av atlantisk oppdrettslaks (Svåsand mfl., 2017). Siden etterspørselen har vokst raskere enn tilbudet de 2 siste årene, har prisen, fortjenesten og driftsresultatet til oppdrettselskaper vært særdeles høyt (ref. figur 1).

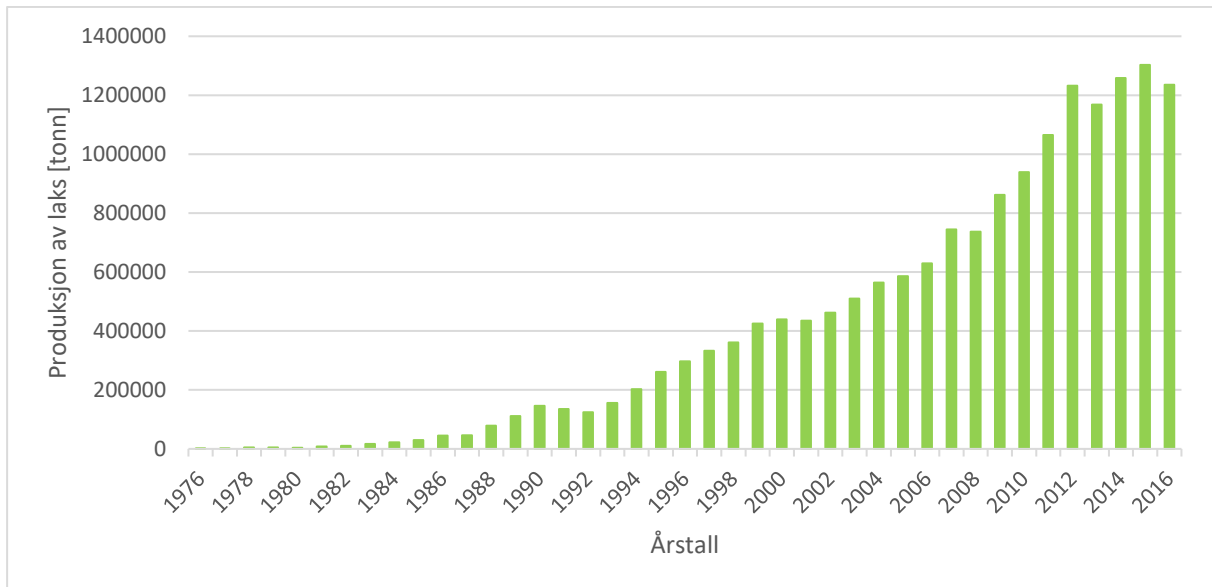


Figur 1 – Driftsresultat og salgsværdi av norsk oppdrettslaks (ikke inflasjonshustert) Kilde: Fiskeridirektoratet

Til tross for den høye inntjeningen har norsk produksjonsveksten av oppdrettslaks stagnert de siste 5 årene. Figur 2 viser utviklingen i produksjonen av oppdrettslaks fra 1976 til 2016, hvor 2015 var toppåret med 1 376 267 tonn produsert oppdrettslaks. Svikten i produksjonsveksten skyldes hovedsakelig lakselus og underliggende høy dødelighet (Svåsand mfl., 2017). Flere aktører peker også på at lakseoppdrettsnæringen har nådd et metningspunkt for hvor tett oppdrettsanleggene kan ligge (KPMG, 2016), ikke minst ettersom lakselus spres raskere om



oppdrettsanleggene ligger nært hverandre (Jansen, P. A, mfl., 2012; Gullestad mfl., 2011). En bærekraftig utvikling av oppdrettsnæringen begrenses av tilgangen på gode oppdrettslokaliteter (Gullestad mfl., 2011, s 3-4).



Figur 2 – Produksjon av norsk laks i tonn. Kilde: Fiskeridirektoratet.

I henhold til økonomisk teori vil næringer med høye driftsmarginer typisk bli møtt med flere aktører som ønsker å entre dette markedet og prisene vil etter en periode reduseres. Dette krever imidlertid at det er mulig å øke produksjonen. I norsk og internasjonal oppdrett av laks er det typisk reguleringer, laksesykdommer / parasitter og teknologi som legger en demper på produksjonsveksten. Dette stimulerer til teknologiutvikling, som for eksempel utvikling av havanlegg som kan plasseres utaskjærs.

Den norske regjeringen har en visjon om en betydelig vekst i oppdrettsnæringen, og har iverksatt ulike tiltak for å fremme produksjonsvekst, og rapporten «Verdiskapning basert på produktive hav 2050» uttrykte at det er et potensiale for å øke produksjonen til 5 millioner tonn laks i 2050. En av hovedkonklusjonene var at det må satses mer på innovasjon og teknologiutvikling (Olafsen, mfl., 2012).

Et av regjeringens viktigste tiltak for vekst i havbruksnæringen er å innføre såkalte utviklingstillatelser for mer innovasjon og bærekraftighet (Fiskeridirektoratet, 2017d). Oppdrettsnæringen har respondert med en rekke innovasjoner som kan øke produksjonen både på land og til havs. Et aktuelt konsept utvikles i disse dager i selskapet «Roxel Aqua» og denne oppgaven vurderer økonomien i Roxel Aquas konsept.

## *1.2 Roxel Aquas konsept for oppdrett av laks til havs*

Roxel er et ungt selskap med røtter i offshore- og bygningsbransjen som har utviklet et nytt konsept for havbruk. Konseptet består i å benytte en oppjekkbar plattform («jack-up») som base for nedtrekkbare merder. Løsningen muliggjør lakseoppdrett i eksponerte sjøområder, noe som kan være banebrytende for global produksjon av laks og eventuelt andre fiskeslag.

Ideen er i stor grad basert på å utnytte de relativt sett lave oljeprisene en har hatt fra midten av 2014 og dermed sikre seg lave riggrater (enten ved kjøp eller leie av rigg), samt å utnytte de miljømessige fordelene en har ved å lokalisere havbruk i tilstrekkelig avstand fra andre havbruk med tilhørende reduksjon av lakselus og mindre avfallsbelastning.

## *1.3 Problemstilling*

Hovedformålet med denne oppgaven er å foreta en investeringsanalyse for Roxel Aquas konsept «Octopus» for lakseoppdrett til havs. Det er stor usikkerhet knyttet til laksens velferd i eksponert havbruk og den nye teknologien Roxel Aqua utvikler. I vurderingen av økonomien er det sentralt å forstå og evaluere egnetheten i det teknologiske konseptet og spesielt hvordan laksevelferden blir påvirket av teknologien og et miljø lengre til havs enn i tradisjonelle oppdrettsanlegg. Oppgaven søker å finne fram til de viktigste parameterne for økonomien i konseptet og hvordan endringer i parameterne endrer totaløkonomien. Oppgaven er begrenset til å se på «Octopus» som havbruksanlegg og vurderer ikke økonomien i alternativ bruk som oljerigg. Dette krever en analyse av markedsforholdene for oljerigger og er ikke vurdert.

Ved usikkerhet er det naturlig å utføre sensitivitetsanalyser og det er interessant å vurdere sensitivitet i følgende faktorer som påvirker totaløkonomien:

- Fiskens biofysiske faktorer i eksponerte havbruk
- Valg av settefiskstørrelse
- Ulike finansieringsløsninger for oppjekkbar rigg (leie eller eie)
- Skalafordeler ved ulik mengde biomasse

Kapitel 2 presenterer grunnleggende informasjon om laksens livssyklus og lakseoppdrettsbransjen. Kapitel 3 omhandler utfordringene i oppdrettsnæringen. Kapitel 4 gir en innføring i eksponerte og landbaserte anlegg og hvordan laksens velferd blir påvirket av eksponerte anlegg. Kapitel 5 omhandler anvendt teori i oppgaven. Kapitel 6 presenterer Roxel Aquas konsept «Octopus» og budsjettkalkylene for «Octopus». Kapitel 7 viser resultatene av beregningene, kapittel 8 diskuterer resultatene og kapittel 9 foreslår videre arbeid.

## 2. Norsk oppdrettsnæring

Dette kapitlet gir bakgrunnskunnskap om norsk oppdrettsnæring med laksens livssyklus, økonomisk utvikling i bransjen og regulering av bransjen.

### 2.1 Innledning

Norsk oppdrettsnæring har vært et eventyr målt i både vekst og økonomisk suksess. På 40 år har norsk havbruk vokst fra å være hobbydrevet til å være en avansert biologisk storproduksjon med en 1000-doblet produksjon (ref. figur 2).

I Norge drives det først og fremst kommersielt oppdrett på atlantisk laks og ørret, selv om det i liten grad også er oppdrett på torsk, kveite, steinbit og blåskjell. Imidlertid er norsk oppdrett dominert av atlanterhavslaks. Atlanterhavslaksen har et naturlig habitat i hele Nord-Atlanteren og gyter i tilstøtende elver. I Norge er naturlige forhold for lakseoppdrett er svært gode med dype, skjermede sjøvann med stabil gunstig temperatur og rent sjøvann (FAO, udatert). I tillegg har norske styresmakter investert betraktelig i forskning innen akvakultur og Norge har fremmet teknologiutvikling gjennom politikk, lovgivning og finansiering. I 2009 var totalt FoU budsjett for havbruk (både offentlig og privat) på ca. 1,3 milliarder kroner, eller noe under 2 kr per kilo produsert laks (Asche, Roll og Tveterås, 2012).

### 2.2 Naturlig lakselivssyklus

Naturlig laks har ulike stadier i dens livssyklus. Den starter i ferskvann hvor hunnlaksen legger egg / rogn som befruktes av laksehannens melk, blir klekket og blir til *lakseyngel*. Etter hvert som yngelen vokser og blir frittsvømmende kalles den for *parr*. Parren lever i elva i minst ett år før den går ut i havet, avhengig av temperatur og næringstilgang. Parren smoltifiseres, det vil si at den tilpasser seg saltvann for vandring til sjøen. I denne fasen er det en stor dødelighet. Smolten vandrer så til havet hvor den vokser seg til laks. Laksen brer seg over store områder i Nord-Atlanteren, spesielt konsentrert ved Færøyene om vinteren og ved Vest-Grønland. Etter et til fire år vender laksen som regel tilbake til sin barndomselv for å gyte (Havforskningsinstituttet, 2016).

Som ungfisk i ferskvann spiser laksen for en stor del insekter. I havet spiser den plankton og fiskeyngel, og etter hvert som den vokser ulike pelagiske fisk som sild og lysprikkfisk (Havforskningsinstituttet, 2016).

### 2.3 Produksjonssyklus i lakseoppdrett

Lakseoppdrett imiterer laksens naturlige livssyklus og det er to hovedstadier for produksjon av laks, *settefisk* og *matfisk*. Settefisk er kunstig klekkede fiskeunger som føres en tid før de settes ut i ferskvann eller sjøen for videre vekst (Johnsen, 2017).

#### 2.3.1 Stamfisk til rogn

Atlantisk oppdrettslaks er avlet opp fra villaks fra ulike elver i Norge. *Stamfisk* er kjønnsmoden laks som blir benyttet i avlsarbeid og holdes i landbaserte ferskvannsanlegg før *strykning*. Strykning er når en tar ut melk og rogn fra stamfisk. Disse blandes og en får befruktete egg. Dette kan også skje i settefiskanlegget eller spesialiserte anlegg. De befruktete eggene utvikler seg til øyerogn.

#### 2.3.2 Rogn til smolt

Øyerognet klekkes ut til plommesekeyngel etter et visst antall døgngrader. Den lever av plommesekken inntil den begynner å spise selv og kalles da for *ynge*. I denne fasen flyttes den fra kar til klekkeriet i smoltanlegget og begynner å spise vanlig tørrfôr tilpasset dens behov. Etter hvert vokser den større, flyttes til større kar og kalles i dette stadiet for *parr*. Når lakseyngelen er 8 – 15 måneder gammel og 60 - 100 gram blir den til *smolt* og gjennomgår en fysiologisk forandring for å bli klar til saltvann.

#### 2.3.3 Matfisk

Smolten plasseres i merder / matfiskanlegg i sjø og vokser til en størrelse på rundt 4-6 kg hvor den så blir slaktet i et fiskeslakteri. Avhengig av smoltens størrelse, sjøtemperatur og slaktevekt kan dette ta 9 til 22 måneder. Laksen kan bli kjønnsmoden, og dette medfører at laksen slutter å vokse og kjøttet blir forringet (Pall, mfl.,2006). Dette problemet imidlertid synes å ikke lenger være et industriproblem, idet laks kan behandles med lysbehandling og genmanipulering (Kleppe mfl., 2017, personlig kommunikasjon med Kristoffer Tveit, avdelingsleder Skretting).

#### 2.3.4 Slakting

Når laksen har nådd slaktevekt, vil en brønnbåt ankomme matfiskanlegget, pumpe laksen inn i båten og frakte den levende til et slakteri. På slakteriet vil laksen typisk bli sløyd, lagt på is i kasser og kjøres med lastebil til kontinentet, den den foredles videre. Det eksisterer også prosessbåter som kan slakte fisken på vei fra matfiskanlegg og bruk av prosessbåter kan redusere kostnaden ved transport og gi ferskere fisk enn ved bruk av brønnbåt og slakteri (Berge, 2017).

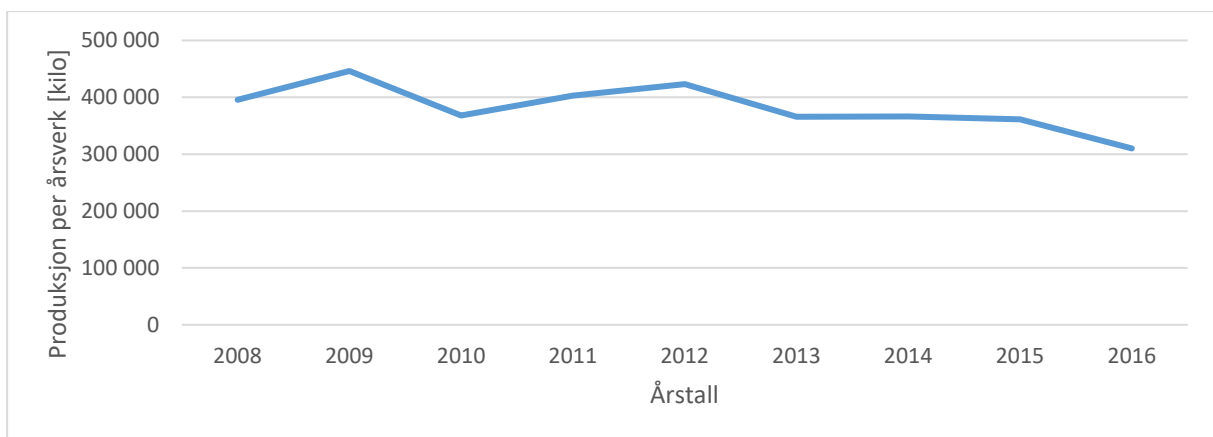
## 2.4 Økonomisk utvikling i oppdrettsbransjen

De siste årene har oppdrettsbransjen har en meget høy inntjening på grunn av høye laksepriser. «Pengefest langs hele kysten» var hovedsaken til Dagens Næringsliv, 28. aug. 2017 og siktet til den usedvanlige høye inntjeningen i bransjen. I artikkelen ble det nevnt at utbyttet i 2016 var tre ganger høyere enn i 2015. Imidlertid har driftsutgiftene steget med 15 milliarder, nær 50 prosent, grunnet høyere priser på fôr, økt dødelighet og milliardutgifter til behandling av lakselus i fra 2012 til 2016. Lønnsutgiftene har i samme periode økt med nærmere 50 prosent, med halvannen milliard til fem milliarder. Sjømatanalytiker Kolbjørn Giskeødegård i Nordea Markets uttalte at:

«Veksten i kostnader er bekymringsfull. Når kostnadene øker så mye, må man spørre om næringen er i ferd med å gå i oljefellen. Det er likhetstrekk, først gikk prisen til himmels, høyere enn noen drømte at den ville gå, og i ly av prisveksten går kostnadene kraftig opp» (Ytreberg, 2017a).

### 2.4.1 Produktivitetsutvikling

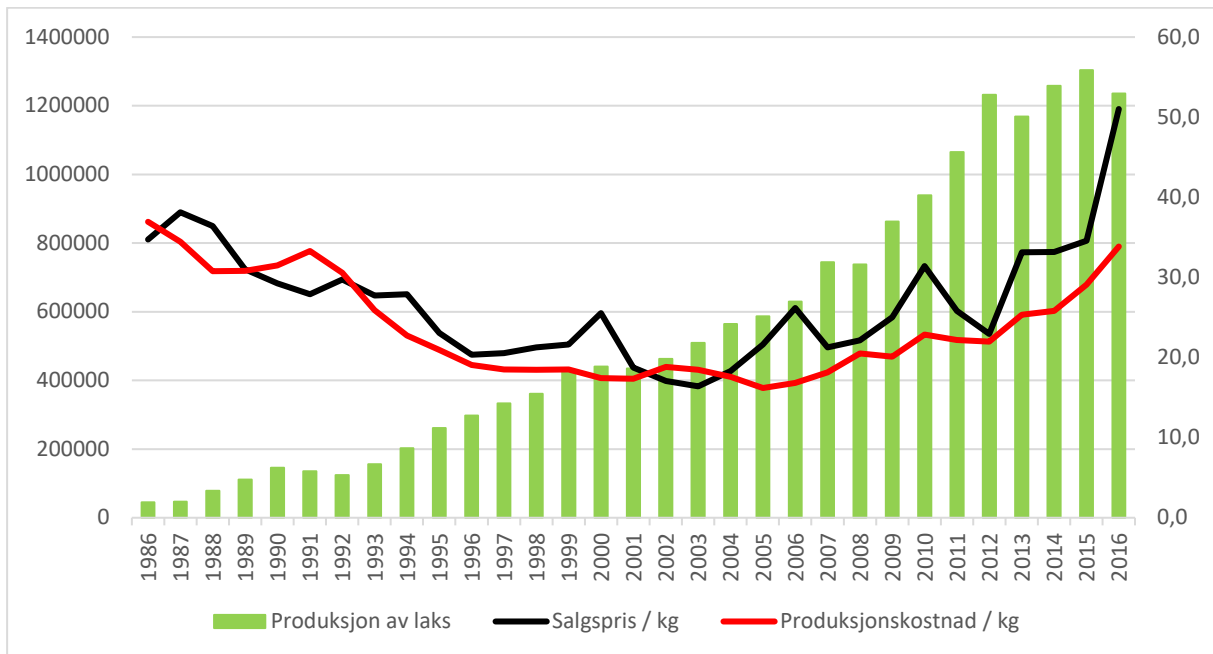
Produksjon av norsk oppdrettslaks har stort sett økt kontinuerlig siden starten i 1970-årene, med unntak av de siste fem årene hvor produksjonsveksten har stoppet opp, ref. figur 4. Stagnasjonen skyldes i stor grad lakselus og arealknapphet. Dette henger i sammen med at oppdrettsanleggene er plassert så tett i sammen langs kysten av Norge og derfor oppdrettsnæringen har blitt mer sensitiv for spredning av lakselus (Veterinærinstituttet, 2017). Figur 3 viser produksjon av laks per årsverk.



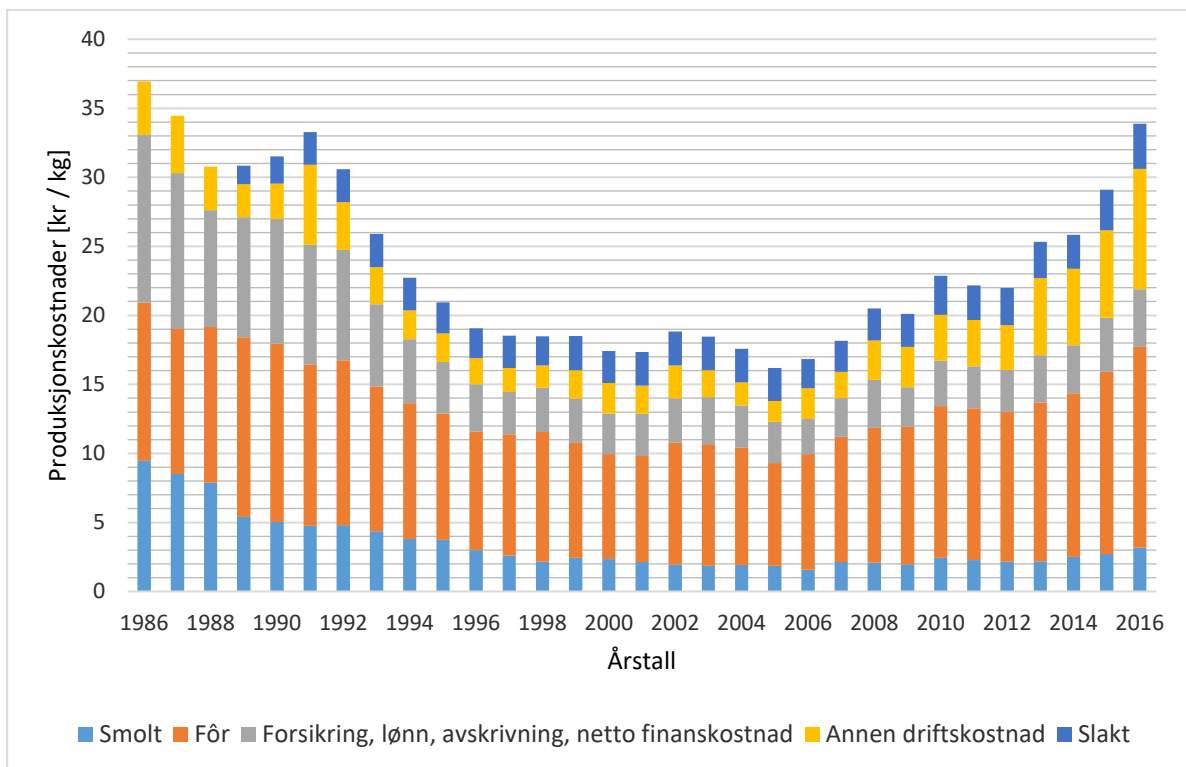
Figur 3 - Produksjon av laks i kilo per årsverk. Kilde: Fiskeridirektoratet

## 2.4.2 Kostnadsutvikling

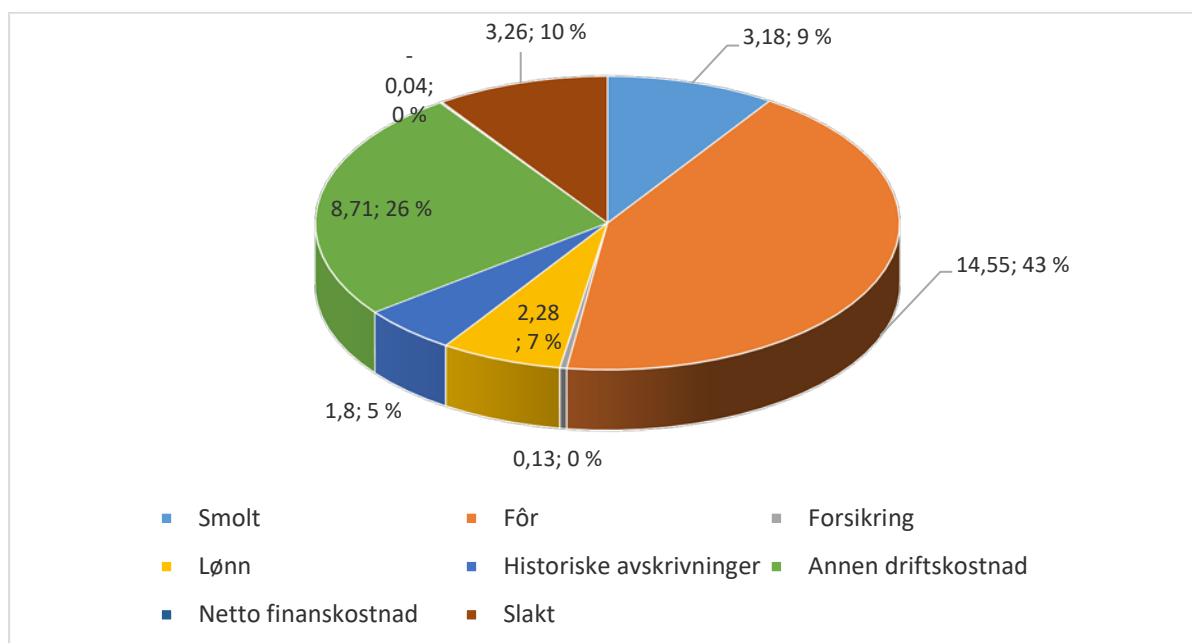
Figur 4 viser kostnadsutviklingen av produsert laks (sløyd fisk / HOG) per kilo. Produksjonskostnaden inkludert slakte – og fraktkostnader nådde et bunnpunkt i 2005 på 16,2 kr / kg, men har siden økt nesten kontinuerlig til 33,86 kr i 2016 (Fiskeridirektoratet, 2017f).



Figur 4 - Produksjon, produksjonskostnader og salgspris av laks. Kilde: SSB for produksjonsutvikling (Data for 1991 er stipulert). Fiskeridirektoratet for produksjonskostnad og salgspris. Ikke inflasjonsjustert.



Figur 5 - Produksjonskostnader av laks – (ikke inflasjonsjustert). Kilde: Fiskeridirektoratet.



Figur 6 - Fordeling av produksjonskostnader i 2016. Kilde: Fiskeridirektoratet.

I figur 5 vises fordeling av produksjonskostnader over tid. Fôr er den klart høyeste produksjonskostnaden med ca. 14,55 kr / kg og 43% av produksjonskostnaden (og er et resultat av fôrpris multiplisert med økonomisk fôrfaktor). Figur 6 viser fordelingen av de ulike produksjonskostnadene i 2016. Som en kan se av figur 5, har spesielt fôr og annen driftskostnad vist en sterk økning de siste årene. Økningen i fôr skyldes (bortsett fra inflasjon) dyrere ingredienser i fiskefôr, økt bruk av spesialfôr for vekst, fiskehelse, samt en lav kronkurs som gir økte importpriser. Økonomisk fôrfaktor har også økt, blant annet på grunn av økt dødelighet og størrelse på dødfisken (Iversen mfl., 2015).

### 2.4.3 Lakselus

Den største kostnadsdrivende faktoren er lakselus, spesielt i 2014 da bruken av hydrogenperoksid økte dramatisk. Metoden ga mer arbeidskrevende operasjoner og en større behandlingsdødelighet. I tillegg kommer større utgifter som følge av tapt tilvekst og høyere fôrfaktor (Iversen mfl., 2015).

### 2.4.4 Lønnskostnader

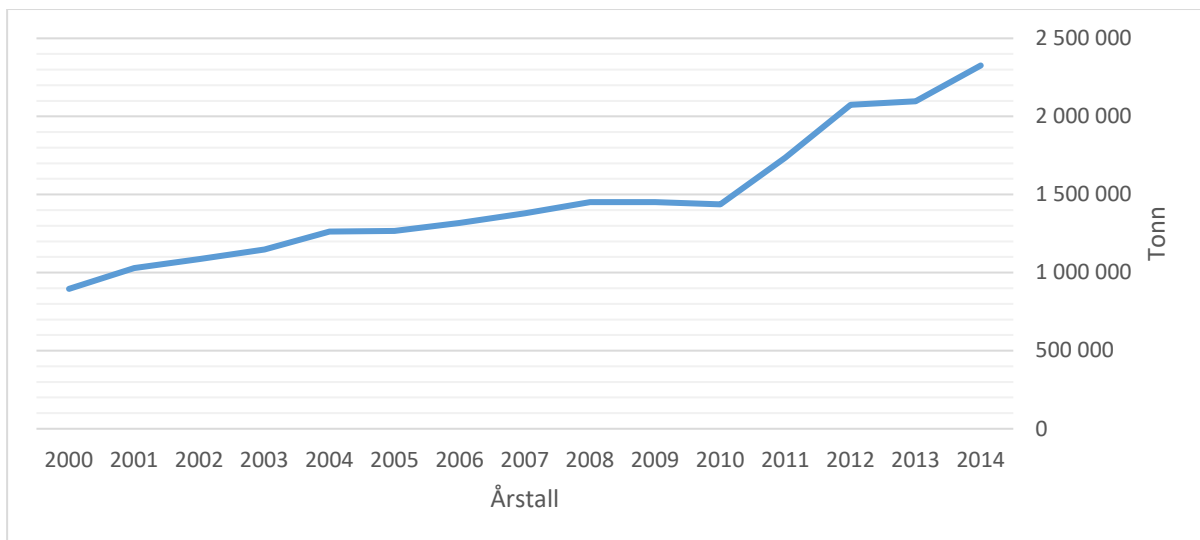
Lønnskostnader har også økt, og dette skyldes i stor grad en indirekte konsekvens av lakselus, idet en må bruke mer arbeidsressurser til lusebehandling, notvask og andre spesialiserte tjenester. I tillegg økte prisen på arbeidskraft som følge av generell lønnsvekst og en periode fordi næringen har konkurrert mot økende lønninger i petroleumsbransjen (Iversen, 2015).

#### 2.4.5 Andre driftskostnader

Annen driftskostnad har økt dramatisk siden 2012, fra 3,26 i 2012 til 8,88 i 2016 (Fiskeridirektoratet, 2017c). Økningen i annen driftskostnad er i stor grad knyttet til lakselus, med lusetelling/kontroll, behandlingskostnader, kostnader knyttet til rensefisk inkl. mer rensing av nøter. Det er også investeringskostnader som luseskjørt, snorkelmerder, lusefôr (laksefôr som hemmer lusevekst) og luselaser. Totale lusekostnader er anslått til 3-4 milliarder i 2014 (Iversen, mfl., 2015).

#### 2.4.6 Tilbud og etterspørsel

Figur 7 viser at globalt tilbud av atlantisk laks har økt betraktelig siden 2010 (FAO, 2009). De høye prisene for laks de siste årene skyldes derfor økt etterspørsel i høyere grad enn stagnasjon i globalt tilbud av laks.



Figur 7 - Global produksjon av atlantisk laks i tonn. Kilde: FAO.

### 2.5 Reguleringer i oppdrettsbransjen

Fiskeoppdrettere i Norge er regulert av 60 lover og forskrifter. Den viktigste loven er akvakulturloven.

#### 2.5.1 Akvakulturloven

Akvakulturloven ble vedtatt i 2005 og "skal fremme akvakulturnæringens lønnsomhet og konkurransekraft innenfor rammene av en bærekraftig utvikling, og bidra til verdiskaping på kysten» (Nærings- og fiskeridepartementet, 2015b).

Blant kjernen i loven er at det kan gis tillatelse (også kalt lisens eller konsesjon) til å drive akvakultur innenfor gitte rammer, som at det er miljømessig forsvarlig, arealplaner er overholdt, det er gitt tillatelser innen matproduksjon og det er vern mot forurensning og mot avfall (Fixdal,



mfl. 2012). Et viktig moment i akvakulturloven som er et anlegg må brakklegges i to måneder etter en produksjonssyklus (Nærings- og fiskeridepartementet, 2015b). Mattilsynet fører tilsyn med at oppdrettere følger bestemmelsene i akvakulturdriftsforskriften.

### **2.5.2 Tillatelser**

Det er begrenset antall tillatelser til oppdrett av laks, ørret og regnbueørret i Norge. Maksimal Tillatt Biomasse (MTB) bestemmer hvor mye fisk innehaveren av tillatelsen kan maksimalt ha stående i sjøen til enhver tid. MTB gjelder på to nivåer, totalt per lokalitet (7000 tonn) og totalt per selskap. Omfanget biomasse et selskap kan ha, avhenger av type og antall tillatelser, mens per lokalitet avhenger av den miljømessige bæreevnen lokaliteten er ansett å ha (Fiskeridirektoratet, 2017b).

En standardtillatelse til lakseoppdrett er opptil 780 tonn laks per tillatelse, med unntak av Troms og Finnmark som kan ha opptil 945 tonn laks i en tillatelse på grunn av lavere sjøtemperatur og laksetilvekst. Flere tillatelser kan slås sammen i en lokalitet (Fiskeridirektoratet, 2017b). Antall gitte tillatelser per år har vært noenlunde konstant de siste årene og ligget mellom 50 og 60 (Fiskeridirektoratet, 2017c). Imidlertid har ingen tillatelser blitt tildelt siden 2014 (DNB, 2017).

Det er en stor etterspørsel etter tillatelser. De er antallsbegrenset og tildeles når Nærings- og fiskeridepartementet bestemmer det (Fiskeridirektoratet, 2017a). I forbindelse med utlysning av såkalte *grønne konsesjoner*, som var en særskilt utlysning av tillatelser med vekt på bærekraft og miljø, ble tillatelser auksjonert bort til høystbydende. Prisene som ble oppnådd per tillatelse var mellom 55 og 66 millioner (Klausen, 2016). Ifølge (DNB Markets, 2017) kan markedsprisen for en tillatelse ha vokst til så mye som 120 millioner kroner, ettersom fiskeindeksen på Oslo børs har fordoblet seg siden 2014. Økonomiprofessor Frank Asche påpeker imidlertid at tillatelsene kan bli verdiløse på sikt dersom global lakseproduksjon øker tilstrekkelig (Berge, 2015b).

### **2.5.3 Utviklingstillatelser**

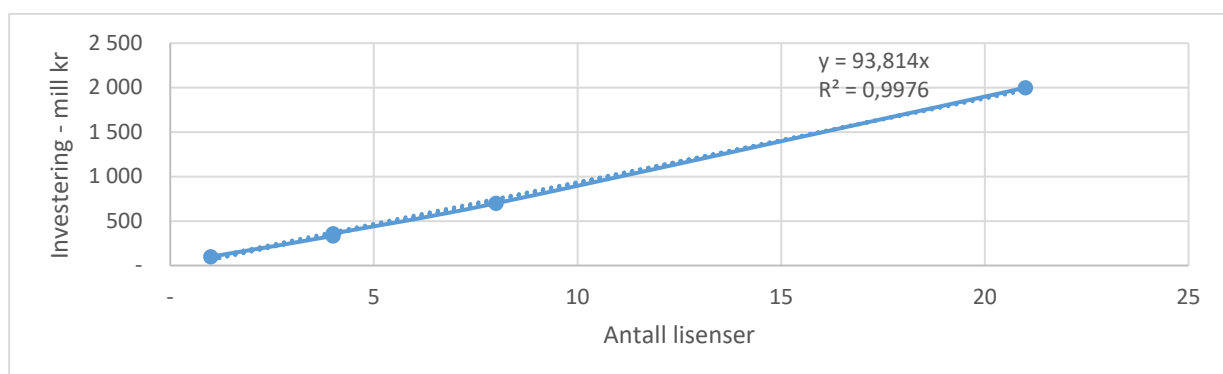
Utviklingstillatelser ble innført av Nærings- og fiskeridepartementet i 2015 som en prøveordning og frem til 17. november 2017 var det mulig for selskaper å søke om utviklingstillatelser. Tillatelsene skal legge til rette for innovativ utvikling i oppdrettsbransjen som kan løse miljø- og arealutfordringene bransjen står overfor (Fiskeridirektoratet, 2017d). Utviklingstillatelsene kan revolusjonere oppdrettsnæringen og har et globalt potensiale for produksjon utenfor Norges grenser. For å få tilslag i en søknad om utviklingstillatelse må selskapene søke Fiskeridirektoratet og påvise «betydelig innovasjon» og «betydelig

investering». Søkerne skal også spesifisere hvor mange tillatelser (med 780/945 tonn MTB i hver tillatelse) de søker på og for hvor lang tid de søker tillatelsen, men maksimalt i 15 år. Et krav er at biomassebehovet gis ut ifra forutsetningen om at det kun tildeles utviklingstillatelser til selve utviklingsprosjektet. Gulroten i utviklingstillatelsene er at selskapene vil slippe å betale for tillatelsen og kan i stedet investere i ny teknologi. Selskapene som får utviklingstillatelser kan søke om å konvertere utviklingstillatelsene til vanlige driftstillatelser mot et vederlag på 10 millioner kroner (inflasjonsjustert) per tillatelse. Totalt har 104 søknader blitt sendt inn til Fiskeridirektoratet. Per 01.12.2017 har 23 fått avslag og 11 er innenfor ordningen, hvorav 5 har fått innvilget et bestemt antall tillatelser. De 5 har karakteristikker som vist i tabell 1 (Fiskeridirektoratet, 2017e).

Søker	Konsept	Antall tillatelser	Total biomasse (T)	Utviklingsperiode	Investeringer i millioner kr
AkvaDesign AS	Semi-lukket	1	780	15	100
Marine Harvest	«Egget»	4	3 120	6	333
MNH Production	«AquaTraz»	4	3 120	7	360
Ocean Farming	«Havmerden»	8	6 240	7	700
Nordlaks	«Havfarm»	21	16 380	15	2 000

Tabell 1 - Oversikt over tildelte utviklingstillatelser per 1. desember 2017.<sup>1</sup>

I denne oppgaven ble det undersøkt om det var en korrelasjon mellom størrelsen på investeringen selskapene la til grunn for søknaden og antall tillatelser de fikk. Korrelasjonen er meget sterk som vist i figur 8. Det kan virke som om Fiskeridirektoratet forventer at en planlagt investering på 90 - 95 millioner kroner kan gi én tillatelse. Dette er ikke bekreftet fra andre hold.



Figur 8 - Sammenheng mellom søkers investeringsforslag i søknad og antall tildelte tillatelser.

<sup>1</sup> Tallene er etter beste evne tatt ut fra Fiskeridirektoratets svarbrev inntil 01.12.2017, men garanterer ikke feilfrihet, idet det er en lang historikk (for eksempel med klager) og mye data og detaljer i svarbrevene.

Ifølge flere svarbrev fra Fiskeridirektoratet om antall tillatelser, påpeker Fiskeridirektoratet at en tillatelse har en verdi på minst 50 millioner kroner (Fiskeridirektoratet, 2017d). Utviklingstillatelsene ser ut til å være lett omsettelige. I april 2017 kjøpte selskapet «NTS» «MNH Produksjon». I salgsperioden ble MNH Produksjon tildelt 4 utviklingstillatelser for konseptet «AquaTraz», noe som førte til en økning i salgsprisen på 200 millioner kroner (DN, 2017).

#### **2.5.4 Trafikklyssystemet**

Trafikkssystemet er et tillatelsessystem som ble innført 15. oktober 2017 for å bidra til et bærekraftig havbruk. Norges kyst deles inn i 13 soner og annethvert år benyttes predefinerte indikatorer som forekomst av lakselus for å vurdere produksjonskapasiteten i hver sone. Ved “grønt lys”, “gult lys” eller “rødt lys” kan sonen henholdsvis øke, fryse eller redusere kapasiteten. En kan øke produksjonen maks 6% i løpet av en to-års periode innenfor en spesifikk kystsoner. Den første beslutningen tatt i 2017 kan føre til en vekst på total MTB i underkant av 3% eller 24000 tonn laks (ilaks, 2017).

Oppdretterne kan i soner med grønt lys vokse enten ved å øke på tillatelser de allerede har eller gjennom nye tillatelser. De nye tillatelsene prises til 120 000 kr per tonn tillatelsen blir utvidet med (Regjeringen, 2017)

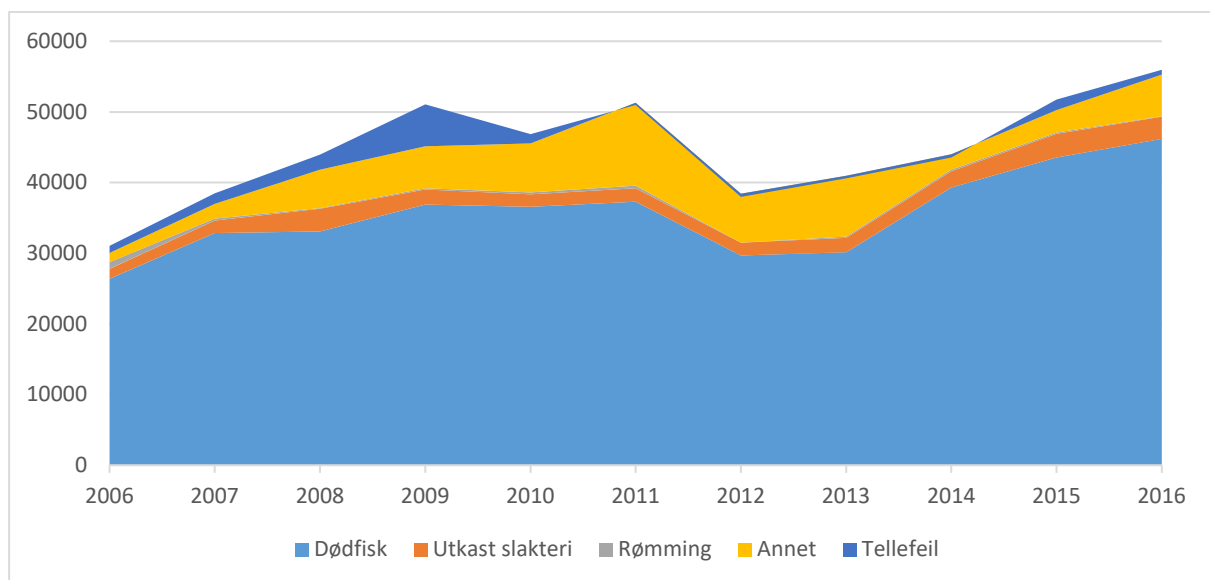
120 000 kroner per tonn tilsvarer 93,6 millioner kroner for en 780 tonns standardtillatelse. Denne prisen for en tillatelse samsvarer med korrelasjonen funnet i 2.5.3.

### 3. utfordringer i lakseoppdrettsbransjen

De største miljøutfordringene i lakseoppdrettsbransjen er lakselus og lakserømming, som gir økonomiske kostnader i form av svinn, behandling og andre tiltak. Andre utfordringer er laksesykdommer og utslipp av næringsalter og organisk materiale, sykdommer og bruk av fôrressurser.

#### 3.1 Svinn

Svinn defineres som fisk som går tapt i produksjonen fra utsett til slakting. Svinn omfatter dødelighet som skyldes lakselus, rømming og sykdommer, men også tap på grunn av håndtering, predasjon, utkast på slakteri (skrapfisk) og uregistrerte tap. Svinnet har typisk vært en rundt 20 prosent frem til rundt 2012, 13-14 prosent i 2012 og 2013 som igjen økte til rundt 20 prosent i 2016, ref. figur 9. Dødelighet på grunn av nye behandlingsformer for lakselus og badebehandlinger for gjelleamøber er sett på som en viktig årsak til økende svinn de siste årene. Svinnet på Færøyene er lavere og rundt 10 % og viser at det er mulig å redusere svinnet (Hjeltnes, mfl. 2017). Det er stor variasjon i dødelighet etter lokasjon og dersom femtedelen av lokalitetene i Norge med høyeste svinn hadde vært tatt bort fra statistikken, ville gjennomsnittet falt med 5,3% (Bleie og Skrudland, 2014).



Figur 9 - Svinn i norsk lakseproduksjon Antall i 1000. Kilde: Fiskeridirektoratet.

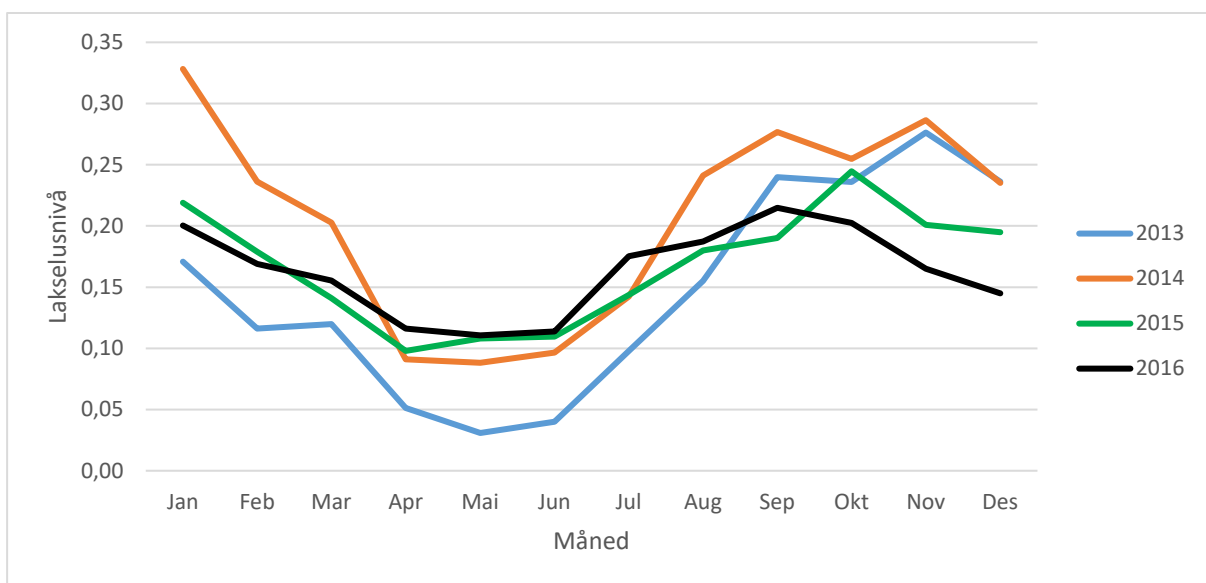
#### 3.2 Lakselus

Parasitten lakselus er en type krepsdyr som lever på overflaten av laksen og finnes i alle havområder på den nordlige halvkule. Den eksisterer på både villaks og oppdrettslaks og er meget godt tilpasset laksen. Lakselusen trives best i sjøtemperaturer som laksen også trives best

i. Den kan bli ca. 12 mm lang og suger seg på vertsfisken og spiser slim, skinn og blod. Dette åpner for andre infeksjoner fra bakterier og sopp. Den er relativt harmløs i små antall, men kan ved større antall forårsake stress, åpne sår og tilslutt vertsfiskens død (Mattilsynet, 2017a; Mattilsynet, 2017b; Svåsand mfl. 2017).

Den er tilpasset å leve i åpent hav med store avstander mellom eventuelle vertsfisker. Spredningen av lakselus er avhengig av strømforhold og temperatur. Observasjoner og hydrodynamiske modeller tyder på at lakselus som regel kan spres 20-30 km fra kilden, men kan i enkelttilfeller også spres opptil 200 km i løpet av 10 dager (Svåsand mfl., 2017).

Forekomsten av lakselus er forøvrig avhengig av beliggenhet og driftsmessige forhold. Eksponerte anlegg har mindre lakselus enn skjermede anlegg. I fjorder med lav saltholdighet er det lite eller ingen problemer med lakselus. I tillegg reduseres luseplagene i anlegg med stor avstand til andre anlegg og anlegg med periodevis brakklegging (Jansen, mfl. 2012; Samuelsen, 2003). Figur 10 viser forekomsten av lakselus de siste år.



Figur 10 - Lakselusnivå (Ukentlig gj. snitt av voksne hunnlakselus per fisk 2012–2016). Kilde: Lusedata.no

En annen utfordring med lakselus er at den kan spre seg til villaks. Under naturlig smoltutvandring om våren kan villaks passere oppdrettsanlegg og bli smittet av lakselus fra oppdrettsanlegg. I denne perioden er oppdretterne pålagt å gjennomføre felles behandling for å sikre så lavt nivå av lakselus som mulig (Mattilsynet, 2017b).

Maks tillatt antall gjennomsnittlig lakselus på oppdrettslaks er 0,5 hunnlakselus per laks. Det er påkrevd at lakseoppdretteren kontinuerlig teller antall lus og foretar avlusning dersom det er flere lakselus enn tillatt (Mattilsynet, 2017b).

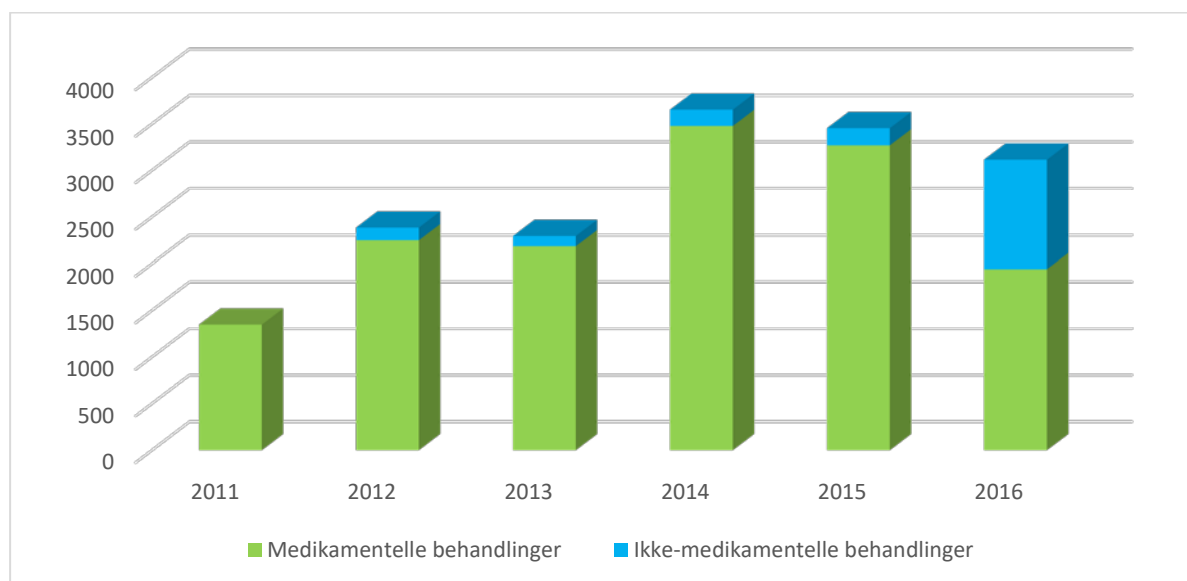
Samtidig som lakselusen har gitt grunn til bekymring i oppdrettsbransjen, har også bransjen hatt en enorm vilje og innovasjonsevne til å finne ny teknologi for å hindre lakselus og avlusning.

### 3.2.1 Behandlingstiltak mot lakselus

Det er blitt utviklet en rekke behandlingstiltak mot lakselus, både passive og aktive, som kjemiske midler, preventiv medisiner, vaksiner, termisk avlusning, mekanisk avlusning, bruk av rensefisk, genetiske metoder, bruk av ferskvann og lakseavl. Lakselusen vil typisk utvikle resistans mot kjemiske / biologiske avlusningskurer (Havforskningsinstituttet, 2010).

Forskningsleder Kevin Glover på Havforskningsinstituttet i Bergen uttaler i Dagens Næringsliv 18. august at:

«Lakselusen er tilnærmet resistent mot nesten alle kjemikalier vi har brukt mot den. Jeg tror ikke lakselus blir resistent mot ferskvann, men det er veldig mulig at den kan tåle det lengre, slik at behandlingen ikke fungerer så bra på sikt» (Ytreberg, 2017b).



Figur 11 - Antall behandlinger av lakselus. Kilde: Veterinærinstituttet, Hjeltnes mfl., 2017)

Trenden ser ut til å gå mot mindre kjemisk avlusning og mer mekanisk avlusning (ref. figur 11).

Ofte vil avlusning involvere en brønnbåt som foretar avlusning ved merdene. Brønnbåten ankommer havbruket, pumper fisken inn i brønnbåten, behandler den for lus og pumper fisken ut igjen i merdene. Dette medfører en kostnad for havbruket, samt at fisken blir stresset. I

enkelte tilfeller kan fisken bli så kronisk stresset av behandlingen at behandlingen i seg selv medfører høyere risiko for død enn lakselusen.

#### *3.2.1.1 Medikamentell behandling*

En rekke medikamenter har vært forsøkt på lakselus enten som badbehandling eller tilsatt fôret. De mest vanlige kjemiske midlene er hydrogenperoksid, azametifos, samt pyretroidene cypermetrin og deltametrin (Samuelsen, 2003).

Gjentatte behandlinger av hydrogenperoksid er effektivt, men er dyrt og fører ofte til stress hos laksen. Bruken av hydrogenperoksid er stort sett synkende, selv om bruken fra 2013 til 2014 ble firedoblet (Berge, 2015a). Imidlertid ble bruken redusert med 38 prosent fra i 2016. Forekomsten av lakselus var mindre i 2016 enn året før. Generell nedgang i medikamenter skyldes mindre forekomst av lakselus i 2016 enn 2015 og mer bruk av rensefisk og ikke-medikamentelle avlusningsmetoder (Stenwig, 2017).

Legemidler har vært brukt i oppdrettsbransjen i årtier, men har de siste årene blitt brukt mindre, i stor grad pga. utvikling av vaksiner kombinert med smitteforebyggende driftsrutiner, riktig ernæring og god vannkvalitet. I 2016 var 1/3 av behandlingene medikamentfrie (Hjeltnes mfl. 2017, Samuelsen, 2003).

Medisinering av oppdrettsfisk gis gjennom fôret som gruppeterapi. En del av fôret blir som regel ikke spist og noe av fôret vil bli spist av fisker utenfor merdene. I tillegg er det bare deler av fiskefôret som tas opp i laksen og resten skilles ut via urin og ekskrementer. Dette gir et potensielt problem med ugunstig avfall utenfor merdene.

Et problem med medikamentell er at lakselusen etter hvert blir resistent mot medikamentene. I enkelte områder har lusepopulasjonen blitt resistente mot 2 og 3 ulike kjemikalier og næringen søker derfor stadig andre løsninger mot lakselus (Samuelsen, 2003).

#### *3.2.1.2 Termisk avlusning*

Termisk avlusning er at laksen blir eksponert for lunkent varmt eller kaldt vann. Lakselusen vil typisk ha mindre motstandsdyktighet mot kaldt / varmt vann enn laksen og vil falle av. Denne behandlingsmetoden ga ingen skader på fisken og er velferdsmessig forsvarlig (IntraFish, 2015).

#### *3.2.1.3 Mekanisk avlusning*

Mekanisk avlusning er at laksen blir skrubbet eller spylt for lakselus. I enkelte tilfeller har en oppnådd 90% fjerning av lus. Utfordringen er at laksen kan bli stresset, fysisk skadet og dø av

den mekaniske fjerningen, idet det må gjennom til dels trange rør og må utsettes for høyt trykk eller skrubbing (Berge, 2014).

#### *3.2.1.4 Biologisk avlusning - rensefisk*

Rensefisk som leppefisk, berggyllt, bergnebb og rognkjeks er fisk som spiser lakselus og anvendes i merdene for fjerning av lakselus. Bruken av rensefisk har lite velferdsrisiko for laksen, men utfordringene er at rensefiskene trenger eget fôr for vekst, trivsel og har ofte kort levetid. De er også utsatt for bestemte sykdommer og kan rømme med tilhørende problemer. Rensefisken krever derfor merarbeid (Svåsand mfl. 2017).

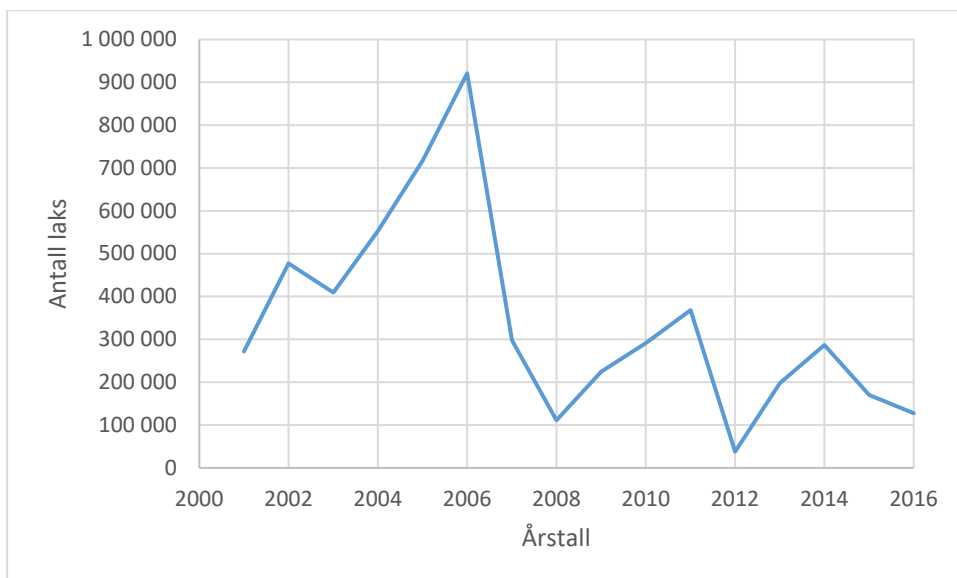
#### *3.2.1.5 Andre behandlingsmetoder*

En «luselaser» har blitt utviklet og dreper lusen fortløpende på laksen som svømmer i merden. I tillegg teller den antall lus og er derfor også nyttig som en kontrollinstans og kan redusere oppdrettsanleggets kostnader til telling av lakselus som typisk foregår ved å fange et visst antall fisk, bedøve dem og telle antall lus. En erfaring fra oppdrettsbransjen er at laseren er effektiv og preventiv ved lave temperaturer og lave lakselusforekomster, men at laseren ikke gir adekvat behandling ved høye temperaturer og dermed høye lakselusforekomster.

### *3.3 Lakserømming*

Figur 12 viser lakserømming fra norske oppdrettsanlegg siden 2001. I forhold til totalantallet oppdrettslaks er antall rømte laks forsvinnende lavt. Imidlertid er det en risiko for at rømt oppdrettslaks kan genetisk påvirke unike villaksstammer og smitte villaks med sykdommer og lakselus. I tillegg er det påkrevd at oppdretter driver gjenfangst av rømt oppdrettslaks. Det er en nullvisjon for rømming av oppdrettslaks og tiltak er iverksatt for å hindre rømming, deriblant trådte NYTEK forskriften i kraft i 2012. Med forskriften ble det innført nye tekniske krav for flytende oppdrettsanlegg (Fiskeridirektoratet, 2015). Årsakene til rømming er i stor grad operasjonell svikt, som håndtering av not, manglende risikoforståelse ved operasjoner og strukturell svikt som teknisk svikt eller designfeil (Nærings- og fiskeridirektoratet, 2017)

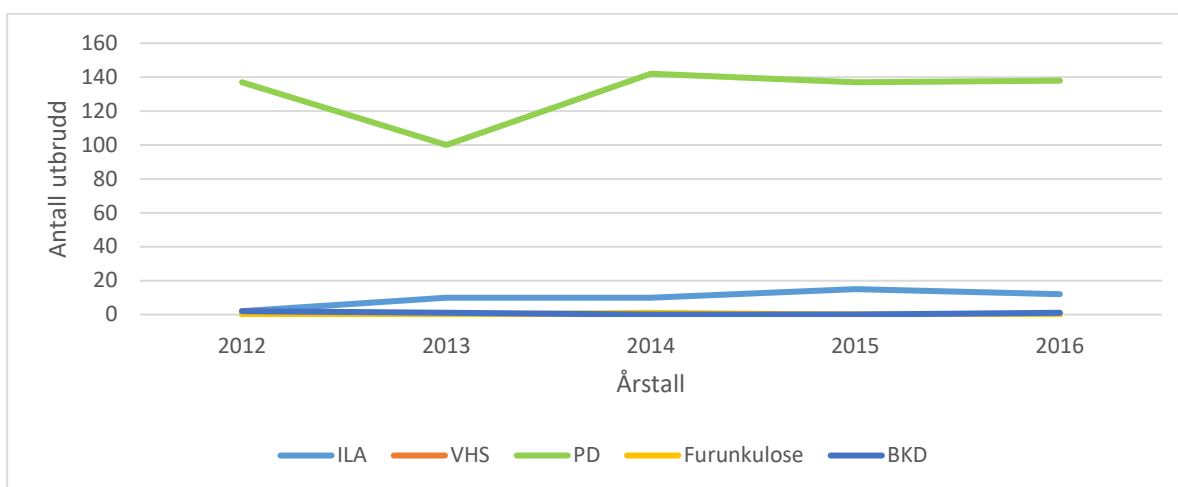




Figur 12 - Rømming av laks. Kilde: Fiskeridirektoratet.

### 3.4 Laksesykdommer

Noen av de vanligste laksesykdommene i norske oppdrettsanlegg i 2017 er PD, ILA og gjelleamøbe. Figur 13 viser utbrudd av de vanligste meldepliktige sykdommene.



Figur 13 - Utbrudd av meldepliktige laksesykdommer. Kilde: Veterinærinstituttet / (Hjeltnes mfl., 2017).

#### 3.4.1.1 Pankreassykdom (PD)

Pankreassykdom (*Pancreas disease, PD*) er ansett som den mest alvorlige laksesykdommen fra både et økonomisk og biologisk synspunkt (Hjeltnes mfl., 2017). Sykdommen forårsaker at fisken slutter å spise. Dødeligheten er høy, og den kan ikke behandles med medikamenter. Vaksinerer har begrenset virkning. Det er vanlig å slakte infiserte fisker for å unngå videre spredning og det er typisk mellom 100 og 140 utbrudd hvert år. (Mattilsynet, 2017c, Veterinærinstituttet, udatert - a; Barentswatch, 2017)

#### *3.4.1.2 Infeksiøs lakseanemi (ILA)*

Infeksiøs lakseanemi (ILA) er en alvorlig, smittsom laksesykdom som har en dødelighet på opptil 90%. Sykdommen hadde mange utbrudd på 80-tallet, men er siden 1993 redusert til typisk 1-20 utbrudd hvert år. Dersom ILA påvises må all fisk i oppdrettsanlegget slaktes og utstyret som not må rengjøres og oppdrettsanlegget må settes i brakk i 3 måneder før en kan sette ut fisk igjen. ILA rammet chilensk oppdrettslaks hardt i 2007, noe som førte til at produksjonen av atlantisk laks i Chile ble redusert med over 60% mellom 2008 og 2010, med et antatt tap på 2000 millioner US\$ (Vike 2014; Mattilsynet 2017d; Veterinærinstituttet, udatert - b; Barentswatch 2017)

#### *3.4.1.3 Gjelleamøbe (AGD)*

Amøbegjellesykdom eller amoebic gill disease (AGD) ble påvist første gang i 2006 og deretter hvert år siden 2012 (Karlsbakk, 2015). De to viktigste risikofaktorene for AGD-utbrudd er høy salinitet og høy temperatur (Hjeltnes, 2016). Amøbene kan overleve i noen dager og spres over lange avstander, og kan også spres ved flytting av infisert fisk og utstyr eller vandrende infisert fisk (Veterinærinstituttet, udatert - c).

### *3.5 Arealknapphet*

Akvakultur er en særdeles arealeffektiv form for proteinproduksjon. Overflaten brukt til havbruk var i 2013 på 21,09km<sup>2</sup> og dette ga en gjennomsnittlig produksjon på 58949 tonn laks og ørret per kvadratkilometer brukt sjøareal (Andreassen og Robertsen, 2014). Sjøareal brukt til havbruk har faktisk blitt redusert de siste årene som følge av en mer effektiv produksjon på hver lokalitet.

Til tross for dette og at andelen areal brukt til havbruk er relativt lite i forhold til totalt norsk sjøareal ønsker havbruksnæringen mer tilgjengelig areal. Dette er ikke uproblematisk for det mange interessenter som kjemper om de samme sjøområdene, og spredning av lakselus og andre sykdommer krever at havbruksanleggene ikke kan ligge for nære hverandre. I en undersøkelse utført i 2014 blant alle norske oppdrettsselskaper, anså 37% av respondentene at tilgang på egnede arealer som den største begrensningen for videre vekst i selskapet. 66% svarte at de trenger flere lokaliteter for å oppnå en årlig vekst på 4-5% (Hersoug mfl. 2014).

## 4. Oppdrettsbransjen i endring

Stagnasjon i produksjonen, problemer med lakselus og rømming av laks og arealknapphet har ført til at både styresmakter og oppdrettsbransjen må tenke nytt. Dette har ført til nye forskrifter, nye systemer for tillatelsesutdeling og mange nye konsepter for havoppdrett. Noen av tendensene i oppdrettsbransjen er at man i større grad flytter matfiskanleggene til mer *eksponerte* lokasjoner, starter landbasert produksjon av laks og setter ut større fisk enn tidligere. Dette kapitlet omhandler hvordan oppdrettsbransjen vil endre seg i årene fremover.

### 4.1 Eksponerte oppdrettsanlegg

Eksponerte oppdrettsanlegg er en av flere løsninger til økt lakseproduksjon og knapphet på oppdrettsarealer i skjermede strøk. Tanken om mer eksponerte havbruk er ikke ny. Allerede i 2004 ble eksponert havbruk diskutert i Havforskningsinstituttets «Havbruksrapporten» og peker på tre måter for økt produksjon: gjennom bedre utnyttelser av eksisterende arealer, samlokalisering / soneoppdrett eller ved å «gå utaskjærs». *Eksponert havbruk* er havbruk som er mer eksponert for bølger, vind og strøm enn tradisjonelle havbruk i skjermede områder. NYTEK forskriften er en standard for utforming, dimensjonering, utførelse, installasjon og drift av flytende oppdrettsanlegg og klassifiserer grad av eksponering, basert på strøm opptil 1,5 m/s og bølger opptil  $H_s = 3\text{m}$ . Når bølgene er over 3m  $H_s$  og strømningshastigheten er mer enn 1,5 m/s kalles det for *svær eksponering*. Idet Roxel Aqua's konsept omtalt i denne oppgaven tar sikte på full «offshore» eksponering med  $H_s$  på 15 m, er det en teknologisk utfordring å lage nedtrekkbare, åpne oppdrettsanlegg som kan tåle eksponeringsgraden. De teknologiske løsningene må også være i stand til å ivareta god laksevelferd, og selv om anleggsmidlene tåler de tøffe miljøene er det ikke sikkert at laksen gjør det.

### 4.2 Innovasjoner i eksponerte anlegg

Etter at utviklingstillatelser ble innført, har det blitt lansert en rekke innovasjoner og løsninger for hvordan havbasert oppdrett kan foregå. Blant innovasjonene finnes både åpne og lukkede systemer (Fiskeridirektoratet 2017e). Denne oppgaven tar ikke sikte på å vurdere de ulike konseptene, ettersom det er for omfattende og økonomien i de ulike konseptene ikke er offentlig.

Merder, både åpne og lukkede, er et teknologiområde hvor det er stort innovasjonsfokus.

#### 4.2.1 Åpne merder

Utviklingen i åpne merder, med flyter og not, har først og fremst dreiet seg om større merder samt merder som kan tåle den økte belastning eksponerte lokasjoner vil gi. De fleste merder er

laget av polyetylen (PE) som har vist seg å være et robust materiale også i eksponerte strøk. Merdenes størrelse har vokst i både diameter og størrelse og volum er opptil 250 ganger større på dagens merder enn i 1970. En merd kan i dag holde opptil 160 000 m<sup>3</sup> vann (Fixdal, mfl. 2012).

Merdene har en begrensning på antall fisk opptil 200 000 fisk for skadebegrensning av totalt havari. I tillegg har en etablert en tetthetsgrense på 25 kg/m<sup>3</sup> for matfisk for å sikre fiskens velferd med tilstrekkelig oksygentilførsel.

Åpne merder har flere fordeler, som en effektiv produksjon av fisk, en lav kostnad for relativt god plass for fisken – med tilhørende velferd og god gjennomstrømming av vannmasser som gir god kvalitet på vann for fisken.

Utfordringene ved åpne merder er eksponering for rømming og lakselus. Åpne merder må fortsatt utvikles dersom de skal være tilstrekkelig robuste i utsatte farvann og kunne løse bransjens arealknapphet. I tillegg gir åpne merder ingen fysisk barriere mot fiskens avføring og fôrspill som kan være forurensende.

Åpne merder med «skjørt», *permaskjørt*, bruker en lusetett duk i de øvre deler av vannmassene og har en positiv preventiv effekt på lakselus, idet lakselus typisk lever i de øverste 5m av vannmassene. Forsøk fra Sintef viser at permaskjørt gir en reduksjon i lusepåslaget mellom null og 80 prosents reduksjon. I snitt ble lusepåslaget redusert med 54 prosent (Sintef, 2015).

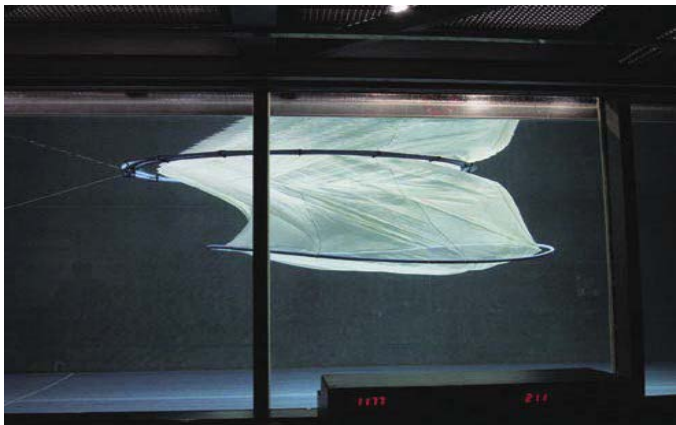
Et annet konsept under utvikling er «merder med selvbehandling» som er merder hvor det øverste laget i stor grad er ferskvann. Fisken kan selv velge å svømme til dette området for avlusning (Sintef, 2016).

Fremtidens merder i eksponerte områder må trolig tåle større belastninger enn til nå. En belastning som kan bli høyere, er bølgebelastninger. I Nordsjøen kan signifikante bølger bli så høye som 15m og maks bølgehøyde nærmere 30m. Dette krever at dersom åpne merder skal kunne brukes i slike miljøer, må merdene designes for slike belastninger. En mulighet er at merdene kan senkes under de verste bølgeforholdene og heves når været bedrer seg (hev-senk merder). Bølgepartiklens hastighet og akselerasjon reduseres eksponentielt med økende dybde og således utsettes de nedsenkete merdene for mindre bevegelser og krefter i forhold til de som ligger i havoverflaten.

Et annet merdkonsept som er utviklet de siste årene er en merd med snorkel. Bakgrunnen for konseptet er at dersom merder skal brukes på eksponerte lokasjoner, og merden senkes ved

høye bølger, vil laksen etterhvert få helseproblemer. Uten tilgang på luft tømmes laksens svømmeblære som gir laksen negativ oppdrift. Allerede første dag etter nedsenking vil laksen kompensere ved å svømme fortere for å genere oppdrift. I løpet av 9-12 dager får den redusert appetitt og uholdbar velferd etter 43 dager, med nedsatt tilvekst og delvis sammenpresset ryggrad. Forsøk gjort med snorkelmerder ga påviselig langt færre lakselus enn merder uten snorkel. Snorkelmerder ga også mindre smitte av AGD. (Havforskningsinstituttet, 2016).

En utfordring med åpne merder er at notene i merdene vil deformeres i strøm og bølger og dermed forminske fiskens tilgjengelige volum ref. figur 14.



Figur 14 - Deformasjon av merd i strøm (Kilde: Fredheim, udatert)

#### 4.2.2 Lukkede anlegg

Lukkede anlegg kan benyttes på land eller i sjø. Lukkede anlegg har fordeler som at en kan kontrollere miljøparametre som temperatur og vannkvalitet og rømming, lakselus og organisk utslipp blir redusert. I tillegg kan en få bedre fôrutnyttelse, bedre utnyttelse av MTB og mindre svinn. Imidlertid er det en rekke andre utfordringer som arealtilgang, energibruk, vannforbruk og lønnsomhet (Fixdal, 2012).

Dessuten hadde en i 2016 en raskere utvikling av AGD i merder med luseskjørt enn nabomerder uten luseskjørt, og det kan tyde på at denne type smitte kan få mer alvorlig forløp i lukkede/semi-lukkede konstruksjoner (Hjeltnes mfl. 2017).

#### 4.3 Større utsettisk / postsmolt

Som nevnt i kapittel 2.4.2, har tradisjonelt smolt med typisk vekt på 60 - 100 gram blitt satt ut i merder. Over denne størrelsen kalles utsettisk for laks eller postsmolt. I de siste årene har det blitt stadig mer aktuelt å benytte større utsettisk ettersom de kan gi en kortere produksjonstid til slakteklar vekt. Dette har allerede vært gjort i stor grad på Færøyene, hvor utsettsvekten i gjennomsnitt lå på ca. 170 gram i 2015, opp fra rundt 120 gram i 2012. I Norge

har også gjennomsnittlig utsettsvekt økt med 28-29% fra 2011 til 2016 og lå i 2016 på rundt 120 gram (Nystøyl, 2017).

Som nevnt i 2.5.1 må oppdrettsanlegg brakklegges i 2 måneder mellom hver produksjonssyklus, men i praksis har oppdrettsanleggene ofte vært brakklagt enda lengre ettersom en produksjonssyklus typisk er kortere enn 22 måneder. En av grunnene til å benytte større utsettfisk er muligheten til å redusere dagens produksjonsperiode fra 15-22 måneder til 10 måneder slik at det kan settes ut et nytt kull hvert år for hvert år og fortsatt oppnå slaktevekt. Dette gir ifølge (Berget, 2016) en mer stabil inntjening, vil øke produksjonsvolumene, kan gi en videre vekst i næringen, redusert forekomst av lakselus, redusert dødelighet og er i sum en potensiell «game-changer» for norsk lakseoppdrettsnæring. I den anvendte modellen i (Berget, 2016) ville et vårutsett på 650 gram gi en slaktevekt på 5 kg i løpet av 10 måneder.

Hovedutfordringen ved bruk av postsmolt på kort sikt er imidlertid at postsmolt i liten grad er tilgjengelig i Norge, og en må typisk kjøpe seg inn i produksjonen av postsmolt 2-7 år før utsett. Mesteparten av postsmolten som blir produsert er ikke tilgjengelig på spotmarkedet, og det er vanlig at produksjonen av postsmolt reserveres av oppdrettere mange år før de klare for utsett.

Postsmolt på 250 gram er vanlig i Norge i dag, mens 400 gram og 700 gram er mer uvanlig, men vil sannsynligvis bli vanlig i løpet av 2-7 år (personlig kommunikasjon med Nils Viga, styreleder i Fister Smolt og Kristoffer Tveit, avdelingsleder Skretting). Økonomisk effekt av ulike størrelser av postsmolt er vurdert for konseptet «Octopus».

#### *4.4 Laksevelferd i eksponerte havbruk*

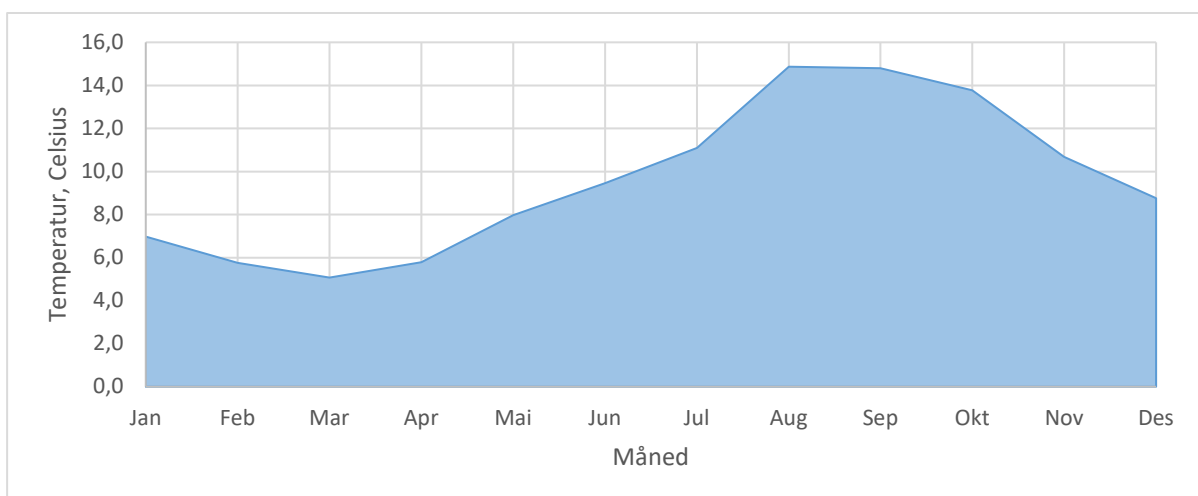
Etterhvert som oppdrettsanleggene har kommet tettere langs kysten, har det oppstått et behov for å legge anleggene lengre ute, eller *eksponert* for vær og vind. Dette har gitt en viss erfaring i hvordan laksens velferd blir påvirket av eksponerte lokasjoner. Samtidig pågår det forskning om laksens velferd i eksponerte områder. Dette avsnittet tar sikte på å definere hvilke miljøbegrensninger laksen har.

Laksen lever naturlig i et eksponert miljø i hele Nord-Atlanteren og det derfor naturlig å anta at laksen mestrer dette miljøet. Utfordringen er imidlertid at oppdrettslaksen ikke kan bevege seg utenfor oppdrettsanleggene og kan derfor ikke fritt velge miljøet den lever i. De viktigste miljøfaktorene for laksens velferd er temperatur, strøm/bølger og oksygeninnhold, men også saltinnhold og lys påvirker laksen.

#### 4.4.1 Temperatur og oksygen

Temperatur er den viktigste miljøfaktoren for laksens vekst og laksens veksttakt øker med temperaturen. Laksens optimaltemperatur er 13 grader eller lavere (Nifes, 2014) og trives også opptil 17 grader. Et problem med høye sjøtemperaturer er mindre oksygen i vannet enn kaldt vann (Nifes, 2014). I temperaturer over 17 grader, vil laksen vokse senere og ta opp mindre mat (Nifes, 2011). I tillegg vil laksen trenge mer oksygen i høye temperaturer, samtidig som merdene ofte er oksygenfattige siden det er høy biomasse i merdene (Nodland, 2017). Ikke minst vil forekomsten av lakselus bli mye høyere ved høye temperaturer (Dalvin og Johnsen, 2015). Laksen takler temperaturer ned til omtrent 2 grader, men vil da vokse sakte. I en doktoravhandling ble det forsket på hvordan laksen reagerte på reduserte mengder med oksygen, og det ble konkludert med at for lite oksygenivå i merdene kan laksens vekst reduseres og stresse fisken. De kritiske oksygenivåene er avhengig av sjøtemperaturene (Remen, 2012).

Havforskningsinstituttet etablerte mellom 1935 og 1947 8 faste målestasjoner langs Norgeskysten for sjøtemperatur ved ulike dybder. Ytre Utsira er en av dem og er valgt som referansetemperatur i denne oppgaven, ettersom det er sannsynlig at «Octopus» ved en eventuell utviklingstillatelse kan bli plassert i Rogalandsområdet og utaskjærs, ref. figur 15. Ytre Utsira har typisk noe høyere vintertemperaturer og noe lavere sommertemperaturer enn Havforskningsinstituttets andre målestasjoner, noe som trolig vil være typisk for en lokalitet utaskjærs. Imidlertid er ikke temperaturprofil spesielt vektlagt i oppgaven, ettersom det kan være lokale forskjeller i temperatur og det på sikt kan være aktuelt med flere anlegg ulike steder. Ulike temperaturprofiler i samme område gir relativt små utslag på fisketilveksten.



Figur 15 – Referansetemperatur, Ytre Utsira, 20m dyp (2007-2017)

#### 4.4.2 Strøm

Ifølge forsøk, tåler noen laks en strøm opptil ca.  $0,7 \text{ BL s}^{-1}$  (*BL* – *body length*), altså relatert til fiskens lengde i meter, og i dette tilfellet er strømningshastigheten på 0,7 fiskelengder per sekund, [m/s]. I denne svømmehastigheten vil noen laks slutte å svømme i ring. Tilsvarende forsøk viste at all laks sluttet å svømme i ring og svømte / stod mot strømmen i en svømmehastighet på  $0,9 \text{ BL s}^{-1}$ . 6 ukers forsøk ble også utført for å finne ut hvordan laksen ville vokse under ulike strømvilkår. Moderat / middels høy strøm ( $0,8 \text{ BL s}^{-1}$ ) var den optimale strømningshastigheten med god vekst og muskeloppbygning. Høyere strømningshastighet ga mindre vekst og lavere strømningshastighet ga tilsvarende høy vekst som ved moderat strøm, men med høyere fettinnhold i fisken. Lav strøm ga også større nivåer av stresshormoner i fisken og kan gi for lav gjennomstrømning i merden. Høy strøm førte til erosjon av laksens finner idet den kolliderte oftere mot hindringer i høy strømningshastighet. Fiskens optimale energieffektive svømmehastighet ligger på  $1,02 \text{ BL s}^{-1}$ . (Solstorm, 2017). Et annet studie viste at laksens foretrukket svømmehastighet er  $0,78\text{-}0,95 \text{ BL s}^{-1}$  (Tudorache mfl. 2011). Ettersom strømningshastigheten relaterer seg til laksens kroppslengde vil større laks klare høyere strømningshastigheter og det er derfor sannsynlig at større postsmolt vil klare seg best i eksponerte områder (Solstorm, 2017). Det er ikke funnet forskningsresultater som viser til at en *må* benytte postsmolt eller en minimums postsmoltstørrelse i eksponert havbruk. Det er imidlertid erfaringer som tyder på dette og det nevnes i kapittel 4.3.4.

En kritisk strømningshastighet for laks kan være langt høyere enn nevnte verdier, men dette er sett på som absolutt maks for hva laksen kan klare i korte perioder. For lengre perioder bør strømningshastigheten holdes under fiskens naturlige hastighet for en god fiskevelferd (Hvas mfl. 2017). Det kan imidlertid også være flere faktorer som påvirker fiskens evne til å svømme, som oksygeninnhold og temperatur.

#### 4.4.3 Bølger

Laksen vil typisk svømme dypere i sjøen under bølgeeksponering, hvor bølgepartikkelbevegelsene er lavere enn i overflaten. Laksens svømmeblære tåler å være neddykket bare for bestemte perioder. Svømmeblæren er en gassfylt «sekk» som hjelper fisken å holde riktig dybde under vann uten å bruke muskelkraft for å flyte opp eller ned i vannet. I en doktoravhandling ble det gjort 2 typer forsøk med laks i nedsenkede merder. I forsøk 1 var laksen nedsenket 4 til 15 m i 22 dager. Laksen tålte dette uten tegn til mindre vekst eller død. Laksen svømte imidlertid raskere for å kompensere for mindre oppdrift. I forsøk 2, hvor laksen var nedsenket 10-25 m i 42 dager uten tilleggsllys på vinterstid, mistet laksen luften i



svømmeblæren i løpet av tre uker. I tillegg fikk laksen nedsatt appetitt og fôrutnyttelse, større svømmeaktivitet, økt finneslitasje og begynnende ryggdeformasjon. Konklusjonen var at laks kan tolerere å være nedsenket under 10m i minst to uker uten negative effekter dersom de gis kontinuerlig undervannsllys (Korsøen, 2011).

Det antas at bølgene vil påvirke laksen på samme måte som strøm, såfremt laksen kan dykke ned til et dyp hvor bølgepartikkelhastigheten har tilsvarende resultanthastighet som strømningshastigheten. Resultanthastigheten i bølgene er en funksjon av lokasjonens dybde og topografi, bølgeperiode, bølgehøyde og svømmedybde.

Høye bølger forekommer oftest på vinteren og en fordel ved å senke merdene i høye bølger er de høyere temperaturene i lavere vannmasser på vinterstid.

#### **4.4.4 Case: Erfaring fra Færøyene**

Det er ulike grader av eksponerte havbruk, men så langt har de aller fleste havbruk i stor grad vært skjermet mot vær og bølger. Noen av de mest ubeskyttede havbrukene i dag finnes på Færøyene og noen observasjoner fra Færøyene er presentert. Færøyene ligger midt i Golfstrømmen og har derfor naturgitte stabile temperaturmessige fortrinn med årstemperatur på rundt 8 +/- 2-3 grader (Patursson, 2010) De fleste anleggene ligger på nord-østsiden av Færøyene, men er likevel utsatt for sterke strømmer og kraftig uvær. På Færøyene har ofte selskaper to lokaliteter nære hverandre, hvor den ene er skjermet og den andre mer eksponert. Det brukes typisk stor postsmolt i størrelsen 300-500 gram (personlig kommunikasjon, Øystein Patursson), og postsmolten settes ut i den skjermede lokaliteten først og forflyttes deretter til en mer eksponert lokalitet. Smoltstørrelse er vanligvis motivert av kort veksttid, men i et tilfelle hvor selskapet «Bakkafrost» bare har en eksponert lokalitet, er postsmoltstørrelsen minst på 250 gram for å kunne takle vær, vind og spesielt strøm. Selv fjordene er ofte utsatt for strøm og bølger, ettersom det er høy tidevannsstrøm og fjordene ofte er rettet mot åpne hav med bølger fra alle retninger. På enkelte eksponerte lokaliteter er strømmen opptil 1 m/s. Den høye strømmen har ikke gitt problemer for postsmolten eller laksen, men rognkjeks som er en rensefisk mot lakselus hadde problemer med høy strøm og det jobbes med bedre beskyttelse i merdene for rognkjeksen (personlig kommunikasjon, Øystein Patursson). Forøvrig krever høy strøm mer robust utstyr, men gir også en stor og rask spredning av avfall og parasitter. Det gunstige er at høy strøm gir god vannkvalitet, rene merder og gode bunnforhold og tillater derfor store biomasser på hver lokalitet. Andre fordeler ved fiskeoppdrett på Færøyene er mindre sykdomsrisiko grunnet lang avstand til andre steder med mye lakseoppdrett og få harmfulle algeoppblomstringer. Ulempene er kald sjøtemperatur i tillegg til røffe miljøforhold og lang vei

til markedet (Patursson, 2010). Produksjonskostnadene på Færøyene var 30,91 kr / kg i 2015, altså lavere enn produsentene Norge, Chile, Skottland og Canada. Grunnene til de lave produksjonskostnadene er sammensatte og skyldes i stor grad at Færøyene gjorde grep for en mer bærekraftig produksjon etter store problemer med ILA i spesielt 2003 og 2004. Dette resulterte i blant annet bedre vaksinerings, bedre regime for styring av lokaliteter og utsetting av større smolt. I dag har produksjonen på Færøyene langt mindre svinn og økonomisk førfaktor, høyere tilvekst i kg per smolt og større inntjening per kilo laks enn andre konkurrerende land (Iversen, 2016; Dam, 2017). Uansett demonstrerer eksemplene fra Færøyene at eksponerte lokaliteter i seg selv ikke er til hinder for økonomisk suksess, så lenge strømningshastigheten og bølgene ikke er for høye.

Imidlertid finnes det eksempler på *for* røffe værforhold, som i Marine Harvests tidligere mest eksponerte lokalitet på Færøyene. På lokaliteten kunne signifikant bølgehøyde bli opptil 7 meter og strømmen opptil 1 m/s i overflaten. I åpne merder ble smolt på 370 gram satt ut og alt gikk etter planen inntil en 2-3 ukers vinterstorm i desember 2016 førte til at fisken med en snittvekt på 4,2 kilo måtte nødslaktes på grunn av fiskevelferd. Stormen førte til at noten ble kraftig deformert og ga laksen skader. På fem meters dybde var strømmen 1,24 m/s. Ettersom strømmen ble reflektert av land, ble strømningsforholdene forverret. Prosjektet ble avsluttet, men var ikke udelt negativ. Økonomisk førfaktor på lokaliteten var på 1,03 mot gjennomsnittlig 1,12 på Færøyene og vekstraten var også høyere enn snittet på Færøyene. Generelt, tilsier erfaringene at det er flere utfordringer ved eksponerte lokaliteter som sikkerhet, risikoforståelse, økt krav til fortøyning, deformasjon av notareal under ekstremvær og HMS for personell. Diverse operasjoner som fjerning av lakselus blir også vanskeligere. Planen videre for andre noe mindre eksponerte lokaliteter i samme område er å slakte før vinterstormene ved å bruke enda høyere postsmoltstørrelse (Berthelsen, 2017).

#### *4.5 Laksevelferd i eksponerte havbruk - oppsummering*

Studier i laksevelferd demonstrer at laksen trolig vil trives bedre i eksponerte strøk enn tradisjonelle lokasjoner for oppdrettsanlegg. Noe lavere temperatur på vannet er mer optimalt for vekst og vil trolig gi mindre lakselus. Det er imidlertid lite sannsynlig at lakselusproblemet blir eliminert, ettersom lakselusen er svært tilpasningsdyktig og har naturlig habitat i hele Nord-Atlanteren. Strøm, kombinert med lavere temperatur, gir høyere oksygenforbruk og fisk med mer muskler og mindre fett. Det har ikke vært mulig å finne et nøyaktig anslag for maks strømningshastighet laksen kan takle, men antas å ligge rundt 0,8-1 m/s i løpet av korte perioder,

hovedsakelig basert på erfaringer fra Færøyene. Imidlertid må teknisk produksjonsutstyr, spesielt not og muligens flytekrage i åpne merder, dimensjoneres tilstrekkelig for tøffe belastninger. Konsekvensene av lakserømming er betydelige dersom det forekommer i et utaskjærs anlegg, ettersom gjenfangst er mye vanskeligere. Tabell 2 viser anbefalte karakteristikk ved eksponert lakseoppdrett.

<b>Faktor</b>	<b>Anbefaling</b>
Temperatur	2-17° C
Postsmolt	Minimum 250 gram
Maksimal varighet på neddykking	14 dager ved dybde på under 20 meter
Strøm	Maks: 0,8-1 m/s (usikkert)
Ideell utsett- / høstperiode	Mars – September (begrenset av brønnbåtens operasjonskriterier, vær og ønskelig pga. tilvekstkurver)

Tabell 2 - Anbefalte karakteristikk ved eksponert lakseoppdrett.

#### 4.6 Landbaserte anlegg

Landbaserte anlegg (med resirkuleringsteknologi for akvakultur / RAS-anlegg) har vekket interesse både i Norge og internasjonalt og gir en rekke fordeler som antatt redusert lakselus og ingen lakserømming. Produksjonsmiljø som lys og temperaturer kan reguleres for optimal tilvekst og det er ingen begrensninger i naturlige årstider. I tillegg kan RAS-anlegg bygges i nærheten av markedet og transportkostnadene til markedet blir derfor begrenset (Holm mfl. 2015).

(Bjørndal og Tusvik, 2017) demonstrerer at økonomien i landbasert anlegg er konkurransedyktig, dog ikke fullt så lønnsom som havbasert oppdrettsproduksjon av laks og kommer fram til produksjonskostnader på 38,7 kr / kg for rund fisk (WFE) for landbasert anlegg. En annen beregning viser 37 kr / kg for sløyd fisk (HOG) (DNB, 2017).

Imidlertid er det utfordringer også ved RAS-anlegg. Det er påvist tilfeller av ILA i settefiskanlegg med RAS både i 2015 og i 2016 (Hjeltnes mfl., 2017). Smitten kan sette seg i filtre og andre deler som er vanskelig å rengjøre og desinfisere og kan dermed bli vanskelig å fjerne. Et dansk anlegg hadde utfordringer med utslipp av vond lukt og skapte dårlig omdømme blant befolkningen (DNB Markets, 2017). Anleggene opptar også landarealer som kunne være brukt til andre formål.

#### *4.7 Tilbud og etterspørsel*

Det er for omfattende i denne oppgaven å vurdere hvordan forventet tilbud og etterspørsel vil endre seg fremover. Likevel er forventningene om fremtidig laksepris viktig for investeringsanalysen. Aktører i oppdrettsbransjen frykter at på lang sikt vil landbaserte og eksponerte anlegg ta over markedet, ettersom produksjonen på sikt kan utføres med billigere arbeidskraft og med kortere avstand og rimeligere transport til markedet. DNB Markets studie «A deep dive into land based farming» viser til 24 planlagte landbaserte prosjekter med en forventet økning på rundt 150 000 tonn laks inntil 2020 (DNB Markets, 2017) og sammenligner tilbud og etterspørsel i laksenæringen med lærdømmer fra oljeindustrien hvor produksjonsveksten fra selv relativt små andeler skiferolje utgjorde enorm forskjell i oljepris (DNB Markets, 2017 s. 38). Det er tenkelig at produksjonsveksten fra landbasert og innovativt havbasert lakseoppdrett kan redusere lakseprisene på sikt.

Imidlertid mener rapporten at veksten fra tradisjonelt havbruk i Norge vil bli beskjeden, og dette kan veie opp for økningen i produksjonen. Global etterspørsel etter laks er av mange aktører antatt å ville øke og for eksempel spås lakseprisen av en analytiker i Norsk Sjømatråd til å være høy i 5-10 år (Jensen, 2017). På den annen side, anslo Giskeødegård på slutten av året at lakseprisene vil reduseres etter høy vekst på tilbudssiden til 48 kr kiloet i 2018 (Framstad, 2017). Lakseprisene er imidlertid volatile, både på kort og lengre sikt. Fra 1995 til 2007 var det et standardavvik i laksepriser på 14,9% (Øglend, 2010) og lakseprisen har vært oppunder 80 kr kiloet i årsskiftet 2016-2017 og vært så vidt under 30 kr kiloet i 2013 (Fish Pool, udatert). I denne oppgaven søker en ikke å forutsi fremtidige laksepriser og det brukes en konstant laksepris på 50 kr / kg<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> En estimert usikkerhet i laksepris er +/-30%, som gir en spennvidde på 35- 65 kr/kg. 35 kr kg er noe over produksjonskostnad for norsk laks, og 65 kr/kg er opp mot høyeste prisnivåer oppnådd for laks noensinne.

## 5. Teori

### 5.1 Investeringsanalyse

En investeringsanalyse har som formål å synliggjøre alle kostnader og inntekter i en investering og dermed kunne gi et kvantitativt sammenligningsgrunnlag i forhold til andre investeringer. Det finnes ulike typer investeringsanalyser og i denne oppgaven er investeringsanalyse etter nåverdimetoden med sensitivitetsanalyser valgt.

### 5.2 Nåverdimetoden

For å kunne sammenligne kontantstrømmen i prosjekts ulike faser benyttes nåverdimetoden. Netto nåverdi (NPV) av et prosjekt er summen av alle de neddiskonterte eller nåverdi kontantstrømmer ved prosjektet (Bøhren og Gjærum, s122).

Nåverdien av et prosjekt med konstant diskonteringsrente er gitt ved

$$NV = -I_0 + \sum_{T=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

hvor  $I_0$  er investeringskostnaden ved oppstart av prosjektet,  $C_t$  er netto kontantstrømmer og  $r$  er prosjektets konstante diskonteringsrente og  $T$  er prosjektets levetid. (Dir økonomisk styring, 2014; Bøhren og Gjærum, s 192). Prosjektet antas å være lønnsomt ved positiv nåverdi og skjer når avkastningen i nåverdi enn større enn prosjektets investerte nåverdi ved bruk av en spesifikk diskonteringsrente. Ettersom det er vanskelig å fastslå en bestemt levetid for prosjektet i denne oppgaven, brukes også akkumulert nåverdi som fremstilles grafisk for prosjektets antatte levetid.

#### 5.2.1 Diskonteringsrente

En krone er verdt mer i dag enn en krone i dag. Dette skyldes tre forhold, en *tidskostnad*, *inflasjonskostnad* og en *usikkerhetskostnad*. Tidskostnaden er at en krone levert i dag kan umiddelbart omsettes i forbruk. Inflasjonskostnad / prisstigning vil gi en lavere kjøpekraft av en krone i fremtiden enn i dag. Usikkerhetskostnad er at forventede inntekter og kostnader blir annerledes enn forespeilt. Kapitalkostnaden ved diskonteringsrenten tar hensyn til disse faktorene.

Diskonteringsrente kan finnes ved finansielle formler, men utfordringen er at den uansett vil kunne ha et skjønsmessig preg. For korte perioder er ikke nødvendigvis diskonteringsrenten avgjørende, men den vil være avgjørende for lange prosjektperioder. Det er derfor brukt ulike innfallsvinkler for å finne en rettferdig diskonteringsrente.

I økonomisk teori er diskonteringsrenten for et prosjekt blant annet et mål på usikkerheten i prosjektet. Høy usikkerhet eller risiko vurderes som mindre attraktiv enn et prosjekt med mindre risiko og krever derfor en høyere diskonteringsrente. Diskonteringsrenten kan beregnes etter kapitalverdimetoden eller totalkapitalmetoden.

### 5.2.2 Kapitalverdimetoden

En kan anta at total finansiell risiko i et prosjekt avhenger av systematisk risiko og usystematisk risiko. Kapitalverdimodellen forutsetter at alle investorer diversifiserer maksimalt for å eliminere systematisk risiko (Bøhren, 2009 s356; s367).

Kapitalverdimodellen gir at for et prosjekt med en usikker avkastning

$$r_p = r_f(1 - s) + \beta_p[E(r_m) - r_f(1 - s)]$$

Hvor  $r_p$  er avkastningskravet til prosjekt  $p$ ,  $r_f$  er risikofri rente,  $s$  er selskapets skattesats,  $\beta_p$  betaverdien i prosjekt  $p$  og  $E(r_m)$  er forventet avkastning på markedsporteføljen  $m$  (Bøhren, 2009, s366).

Risikokostnaden for prosjektet er uttrykkets andre del og er gitt ved:

$$r_{kp} = \beta_p[E(r_m) - r_f(1 - s)]$$

Hvor

$$\beta_p = \frac{Cov(r_p, r_m)}{Var(r_m)}$$

Hvor  $r_p$  står for prosentvis avkastning på henholdsvis prosjektet og markedsporteføljen  $m$ .  $Var(r_p, r_m)$  er variansen til markedsporteføljen avkastning og  $Cov(r_p, r_m)$  er kovariansen mellom avkastningen på prosjektet og markedsporteføljen (Bøhren, 2009, s358).

Det er vanlig å bruke  $\beta_p$  for betaverdi fra selskapet som utfører prosjekt. Dette synes imidlertid unødvendig kompliserende i dette tilfellet. Prosjektet «Octopus» utføres i Roxel Aqua som er opprettet for utvikling av «Octopus» og har meget begrenset økonomisk historikk. Selskapet eies blant annet av Roxel, Skretting og Akva group i et noe komplisert eierforhold som trolig vil endres ved tilsagn på utviklingssøknad.  $\beta_p$  kan finnes ved å vekte de ulike eiernes  $\beta$ , men idet Skretting ikke er børsnotert og ingen av selskapene driver med oppdrett synes fremgangsmetoden søkt. Prosjektets risiko vil uansett ikke nødvendigvis samsvare med de ulike selskapenes risiko.

### 5.2.3 Totalkapitalmetoden

I totalkapitalmetoden tas det hensyn til gjeldsfinansieringen i kapitalkostnaden og beregnes som et veid gjennomsnitt av egenkapitalkostnaden og gjeldskostnaden (veid gjennomsnittlig kapitalkostnad).

$$r_T = r_E * \frac{E}{E + G} + r_G(1 - s) * \frac{E}{E + G}$$

hvor  $r_E$  er egenkapitalkostnaden etter skatt, og  $r_G$  er effektiv gjeldsrente etter skatt. E er innskutt egenkapital, G er investeringenes gjeldsbeløp og s er skattesatsen (Bøhren, 2009, s 406).

### 5.2.4 Finansieringsplan

For «Octopus» er en preliminær finansieringsplan laget av en ekstern profesjonell aktør som ikke ønsket å bli referert til i denne oppgaven. I finansieringsplanen er det brukt konvertibelt obligasjonslån, lån til kredittinstitusjoner, trekkfasilitet og egenkapital. I oppgaven har finansieringsplanen blitt noe tilpasset ettersom investeringskostnadene er blitt justert.

For hver enkelt del av finansieringen er det ulike rentebetingelser. Konvertibelt obligasjonslån har en rente på 10%, nedbetalingslånet har en rente på 3mnd Nibor + 5%, trekkfasiliteten har en rente på 3 mnd Nibor + 3,5 %. I denne oppgaven er det antatt en egenkapitalavkastning på 10%, i samråd med Roxels eiere. Vektet rente er av dette beregnet og vist i tabell 3. Skattesats er antatt å være 25%. Det må nevnes at eierstrukturen kan endre seg i løpet av prosjektfasen. 3mnd Nibor var 01.12.2017 på 0,76% (Oslo børs, udatert) men er i denne oppgaven satt til 1%.

Enhet	Vekting	3 mnd Nibor	+	Totalrente	Delvektet rente
Egenkapital	0,4123		10,00 %	10,00 %	0,0412
Lån til Roxel	0,0022		10,00 %	10,00 %	0,0002
Lån til kredittinstitusjoner	0,2157	1 %	5,00 %	6 %	0,0129
Konvertibelt obligasjonslån	0,3302		10,00 %	10,00 %	0,0330
Trekkfasilitet	0,0395	1 %	3,50 %	4,5 %	0,0018

Tabell 3 - Vekting av rente fra gjeld og egenkapital.

Veid gjennomsnittlig gjeldsrente:

$$r_G = r_{G1}(1 - s) * \frac{E}{E + G} + r_{G2}(1 - s) * \frac{E}{E + G} + r_{G3}(1 - s) * \frac{E}{E + G} + r_{G4}(1 - s) * \frac{E}{E + G}$$

$$r_G = (10\% * 0,0022 + 6,00\% * 0,2157 + 10\% * 0,3302 + 4,5\% * 0,395) = 4,8 \%$$

Veid gjennomsnittlig kapitalkostnad:

$$r_T = 0,4123 * 10 + 4,8\% * 0,75 = 7,7\%$$

I denne oppgaven er diskonteringsrenten rundet opp og skjønnsmessig satt til 8% og denne antas å være i nedre delen av skalaen for et så risikabelt prosjekt. Det er mange usikkerheter som øker risikoen i prosjektet. Estimer for investeringskostnadene og produksjonen av laks avhenger av en rekke forhold som blant annet lokalitet, brakkleggingsperioder, drifting av anlegg og tilvekst/svinn. Svinn kan være uforutsigbar og kan for eksempel skyldes et sykdomsutbrudd eller en operasjonell svikt ved trenging eller medikamentell lusebehandling. I tillegg er det usikkerhet om en får tildelt utviklingstillatelse og usikkerhet i laksepriser og i valuta. Konseptuelt design er heller ikke ferdigstilt. En kan se for seg at risikoen og diskonteringsrenten kan revurderes etter at Fiskeridirektoratet har gjort vedtak om utviklingstillatelse og prosjektfasen har kommet lengre inn i detaljeringsfasen.

### 5.2.5 Tilbakebetalingstid med neddiskontering

Tilbakebetalingstid med diskontering viser hvor lang tid det tar å få tilbake investerte penger hvor fremtidens kontantstrøm er diskontert. Metoden er et viktig supplement til nåverdimetoden, spesielt ettersom en ikke har en spesifisert levetid på prosjektet.

### 5.3 Kostnadsestimat for investeringer (CAPEX)

Investeringskostnadene i prosjektet er usikre og vil forbli usikre selv under detaljplanlegging / engineering etter at denne oppgaven er levert. Det er derfor nødvendig å forholde seg til usikkerheter og se på ulike scenarioer. Ifølge (Torp, 2015, 6) er

*Hovedhensikten med en prosess for kostnadsestimering under usikkerhet er å få frem et mest mulig dekkende bilde over kostnader og usikkerhet knyttet til kostnadene for et prosjekt.*

Hver post i investeringskostnadene har fått et usikkerhetsestimert. Totalusikkerheten vil da gi en kvalifisert pekepinn på usikkerheten i investeringskostnadene. Dette er vist i Appendix A. Alle estimer av usikkerheter i oppgaven er personlige anslag som ansees som rimelige.



#### *5.4 Investeringsanalyse i havbruk*

Det er flere viktige elementer i en investeringsanalyse i havbruk. Om havbruket blir en økonomisk suksess eller ikke, avhenger av en rekke faktorer som tilvekst av laks, laksepriser, i hvilken grad en klarer å utnytte MTB, lønnskostnader, kostnad for smolt og fôr og økonomisk fôrfaktor. I tradisjonelt havbruk tar det vanligvis over et år fra utsett av fisk til høsting og slakting. I denne perioden vil det være store kostnader til blant annet smolt og fôr og det er essensielt at likviditeten i selskapet er sterk nok til å bære disse kostnadene. Investeringene trenger derfor å innbefatte tilstrekkelig arbeidskapital til drift, smolt og kostnader før fisken høstes (Asche og Bjørndal, 2011, s205). Investeringsbudsjettet bør derfor detaljeres for de første årene før kontantstrømmen kan brukes til å dekke driftskostnadene. I tillegg til driftskostnader er det kapitalkostnader og avskrivning.

#### *5.5 Avskrivning*

Fysiske anleggsmidler kan avskrives eller fradragsføres over en viss periode. Det er forskjell på skattemessige og regnskapsmessige avskrivninger og de skattemessige avskrivningsreglene er mer rigide enn de regnskapsmessige avskrivningene. I denne oppgaven er det valgt å bruke regnskapsmessig og lineær avskrivning som reflekterer reelt tap av verdi av eiendelene (Altinn, 2017).

Avskrivningene av anleggsmidlene følger antatt levetid som angitt i tabell 4. Gjenværende levetid for eldre rigger er usikker, men det finnes mange rigger som får oppgradert levetiden kontinuerlig etter inspeksjoner og analyser av bærestålet.

Levetid for flytekrage og not er basert på korrespondanse med Trond Severinsen, (Senior Vice President Technology & Development) i AKVA group hvor det er estimert 15-25 år for flytekrage og 4-7 år for not. Imidlertid har plastkragen blitt ukurant på grunn av teknologiutvikling lenge før den er blitt ødelagt. Rigg antas å ha en levetid på 15 år (avhengig av tilstand). Fôrmodul er en relativt enkel stålkonstruksjon med få bevegelige deler og antas en levetid lik riggen. Fiskehelsemodulen har bevegelige deler og antas å ha en kortere levetid på 8 år, eventuelt kortere tid mellom reparasjoner.

Total avskrivningstid er i Appendiks A estimert til å være 12 år<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Usikkerheten er antatt å være +/-3 år.

Enhet	Levetid
Rigg inkludert stålmodifikasjoner	10- 15 år
Fôrmodul	15 år
Fiskehelsemodul	8 år
Flytekrage, merd	15 år
Not	4-7 år

Tabell 4 - Antatt levetid for ulike anleggsmidler.

## 5.6 Bioøkonomisk analyse

### 5.6.1 Tilvekstmodell

I denne oppgaven er det valgt å se på to ulike modeller for tilvekst av laks; en samfunnsøkonomisk matematisk modelleringsmodell og en utviklet av en av prosjektets samarbeidspartnere, fôrprodusenten Skretting. Den førstnevnte er brukt i andre akademiske sammenhenger (Tveterås, 1993; Berget, 2016). Skrettings modell er brukt som referanse og gir i tillegg info om fôrforbruk.

Felles for begge modellene er at tilveksten er avhengig av for laksens vekt og sjøtemperatur. Andre faktorer som salinitet og oksygentilførselen er ikke variabler i disse modellene.

I den samfunnsøkonomiske modellen, en bioøkonomisk modell utviklet av Tveterås er lakseveksten i prosent per dag gitt ved (noe forenklet):

$$laksevekst = a * T^b * weight^c$$

hvor  $T$  er temperatur,  $weight$  er laksens vekt i gram,  $a = 0,9$ ,  $b = 0,97$  og  $c = -0,34$ .

En antatt dødelighet vil begrense tilvekst av total biomasse. Veksten over 10 måneder vil variere med utsettsmåneden, med en antatt vekst over 10 måneder som vist i tabell 5:

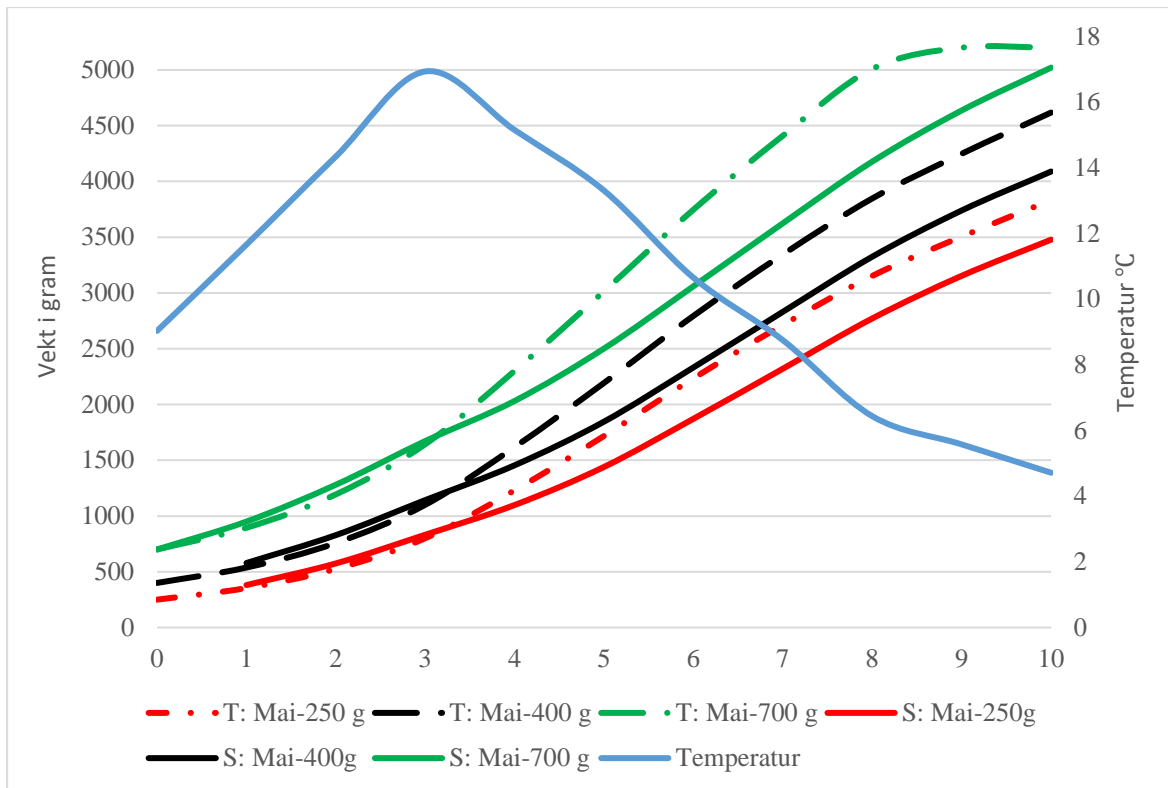
Størrelse av utsettisk	250 gram	400 gram	700 gram
Antatt vekst over 10 måneder	3,4 kg	4,2 kg	5 kg

Tabell 5 - Tilvekstmodell<sup>4</sup>

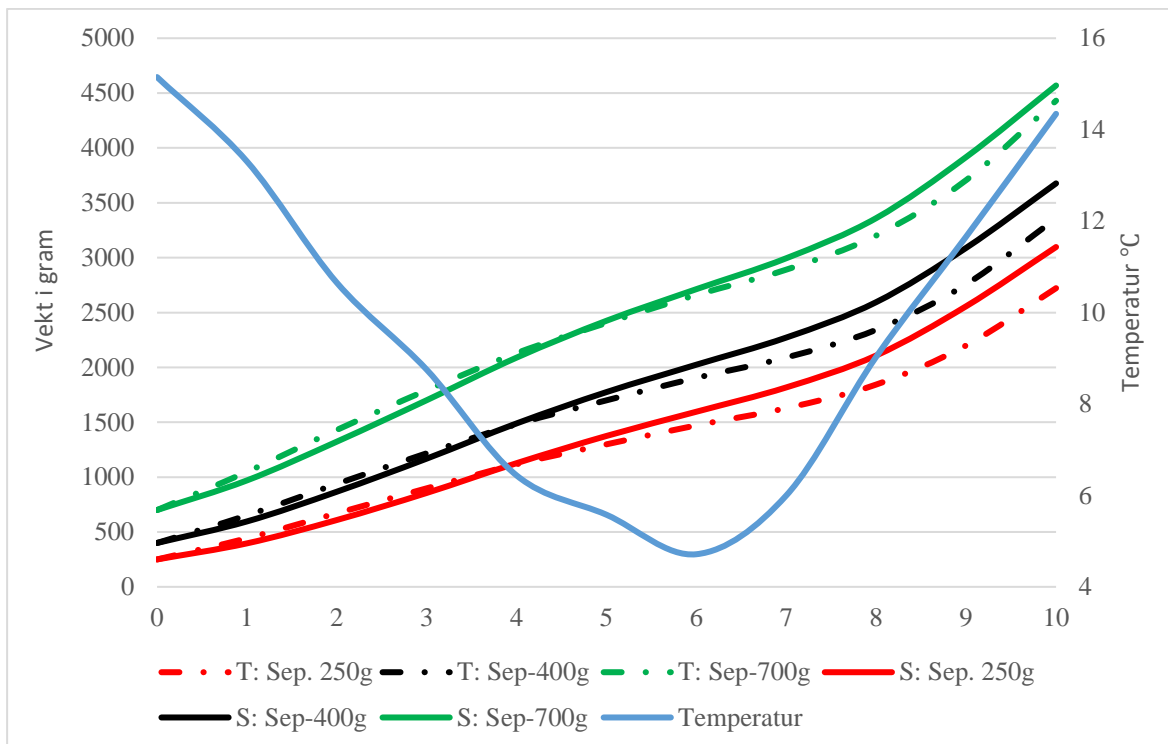
Skretting har utviklet en Excel-basert tilvekstmodell for laks («AquaSim») og denne er benyttet som sammenligningsgrunnlag med den ovennevnte tilvekstmodellen. Resultatene er vist i Appendiks C, og tilveksten er på omtrentlig samme nivå i de to modellene. Det er generelt stor variasjon i tilveksten av laks innbyrdes i hvert kull og mellom kullene fra år til år. Faktorer som smoltkvalitet, fôrkvalitet, lokasjon og tilfeldige endringer i operasjon, temperatur og annet tilsier at en skal være forsiktig med å ta tilvekstmodellene bokstavelig. Derfor søker denne

<sup>4</sup> Basert på tabeller i Appendiks C, settes usikkerhet i tilvekst på 10%.

oppgaven å bruke realistiske verdier fremfor de aller mest optimistiske anslagene for parametere. Kildekoden til Skretting modellen er ikke tilgjengelig. Figur 16 og 17 viser de anvendte tilvekstkurvene for henholdsvis mai og september.



Figur 16 - Tilvekstkurver for maiutsett, T: Tveterås, S: Skretting



Figur 17 - Tilvekstkurve for septemberutsett. T: Tveterås, S: Skretting

### 5.6.2 Produksjonssykluser

En oppdretter må forholde seg til akvakulturlovens forskrift om brakklegging etter hver produksjonssyklus. Kysten er delt inn i soner hvor hver sone har sine egen praksis om brakklegging, vanligvis annethvert år, men i forskjellige måneder fra sone til sone. Dette innebærer at det i denne oppgaven er kompliserende å ta ulike soners brakkleggingspraksis i betraktning ettersom eventuell(e) lokalitet(er) for «Octopus» ikke er fastslått. Det er heller ikke opplagt om en skal satse på en årlig produksjonssyklus eller en toårig produksjonssyklus. En antar i denne oppgaven at brakklegging skjer på samme tid av året hver gang og at produksjonssyklusen varer i 10 måneder med brakklegging i 2 måneder (10+2). Hensikten med dette er en å skape en idealisert og konstant årlig gjennomsnittlig salgskontantstrøm av laks, i stedet for å lage en fiktiv produksjonsplan for flere år med varierende produksjon fra år til år. Som nevnt i 4.4.1 er maks tillatt antall smolt i en merd 200 000 og tettheten er maks 25 kg /m<sup>3</sup>. Antall merder vil typisk være optimalisert ut i fra et gitt antall tildelte tillatelser eller MTB. Ved fullvoksen, slakteklar laks vil total biomasse på en lokalitet ofte være optimalisert og tett oppunder MTB. Imidlertid kan praktiske utfordringer som tilgang på brønnbåt og slakterikapitet avgjøre slaktetidspunkt. I tradisjonelt havbruk, vil oppdretterne tilstrebe å ligge tett opptil grensen på MTB i en periode på noen måneder mens slakting pågår. Dette kan muliggjøre at total produksjon overstiger MTB. Dette kan igjen kreve en strategi for utsett av smolt / postsmolt i ulike størrelser til ulike tider for å oppnå en biomasse nær MTB over en periode (personlig kommunikasjon med Kristoffer Tveit, Skretting). Dette kompliserer rotasjonsproblemet og viser igjen et behov for å idealisere og forenkle problemstillingen, spesielt med så mange usikkerhetsfaktorer som i dette konseptet hvor lokalitet og postsmoltstørrelse ikke er bestemt, og laksens tilvekstbetingelser i eksponerte områder er usikker. I tillegg må det tas hensyn til andre faktorer som for eksempel at fôrbåter og brønnbåter per i dag ikke kan bevege seg utaskjærs og ofte mangler dynamisk posisjoneringssystem og vil ha derfor begrenset manøvreringsevne i bølger. Dette medfører en ytterligere begrensning i hvilke måneder en kan sette ut fisk og slakte fisk og i denne oppgaven antas det at utsett og høsting kan skje fra april til september.

Det antas videre at en produksjonssyklus vil gi en slaktevekt som i tabell 5. En ideell slaktevekt er ofte ansett til å være på 5-6 kilo, men dette vil ikke alltid oppnås under en (10+2) produksjonssyklus. Likevel er laks 3-4 kilo salgbar, dog med en nedgraderingskostnad i forhold til laks på 5-6 kilo. I denne oppgaven er denne valgt til å være på 1 kr/kg, altså en fisk på 4,2 kg vil bli nedgradert med 0,8 kr / kg i forhold til normstørrelsen på 5 kg.

## 6. Økonomien i konseptet

### 6.1 Konseptet "Octopus" og investeringskostnader

Roxel Aqua utvikler et konsept for havbruk basert på oppjekkable plattformer med nedtrekkbare merder for lakseoppdrett. Konseptet sikter på å kunne operere i åpne farvann uten restriksjoner i bølgehøyde og åpner derfor opp for havbruk på helt andre lokasjoner enn ved tradisjonelt havbruk. De nedtrekkbare merdene designes for å kunne trekkes ned ved bølgehøyder over 8-10m H<sub>s</sub>, slik at både laks og anlegg kan tåle bølgebelastningen som er langt mindre i dypet enn ved havoverflaten. I avsnittene under blir de ulike elementer ved konseptet og deres tilhørende kostnader presentert.

#### 6.1.1 Oppjekkbar rigg

En oppjekkbar plattform (engelsk *jack-up rigs*) er en plattform med et skrog og typisk 3-4 ben som kan beveges opp eller ned relativt i forhold til skroget. Dette innebærer at en oppjekkbar plattform kan flyte når bena er jekket opp og dermed transporteres (som oftest ved tauing) fra en lokasjon til en annen. Når den oppjekkable plattformen ankommer en lokasjon kan bena jekkes opp inntil de når sjøbunnen og dermed stå fast. Skroget jekkes videre opp slik at bølger kan passere under skroget.



Figur 18- Konseptfigur av "Octopus"

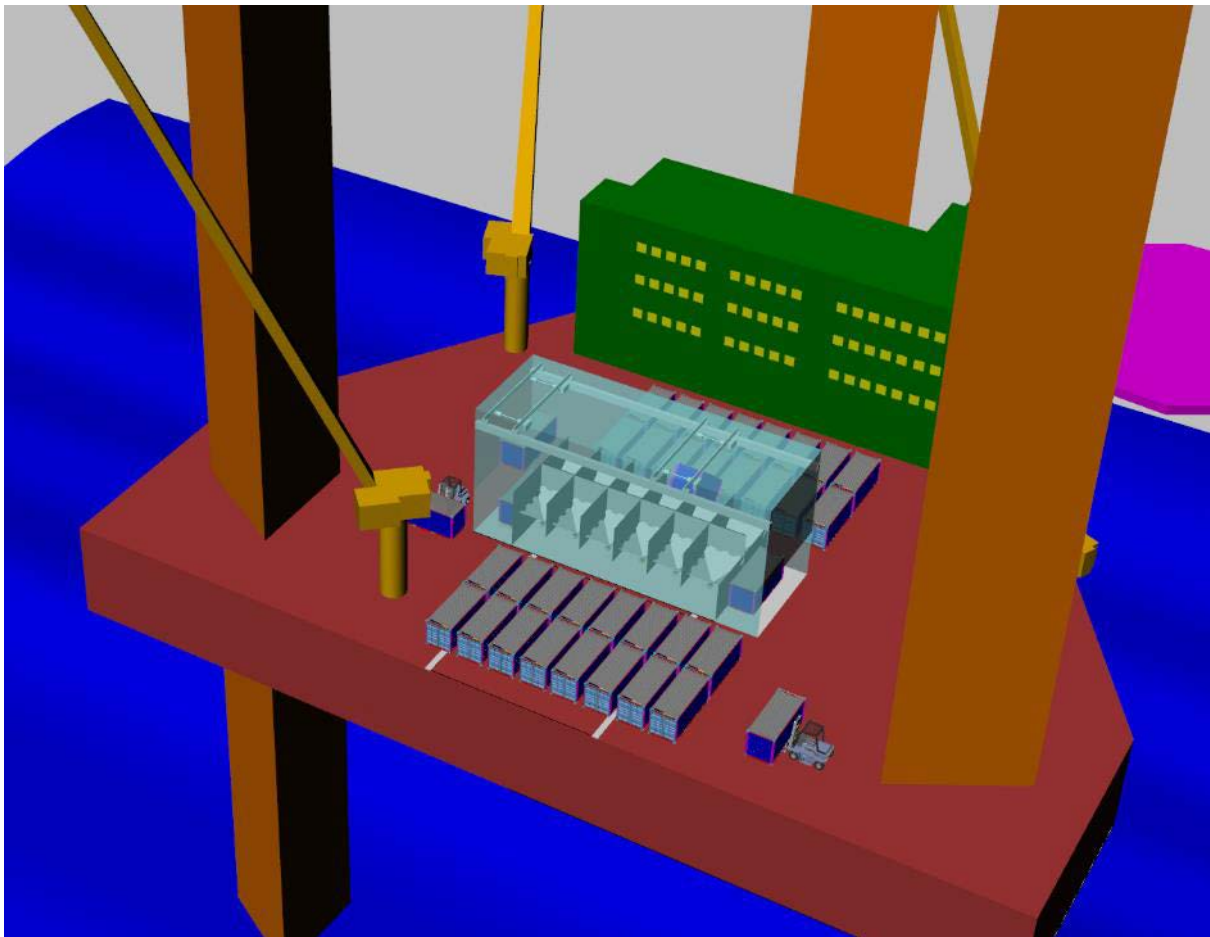
Bruken av oppjekkable plattformer for havbruk er aktualisert gjennom lave oljepriser siden 2014, og dermed relativt lave salgspriser og leierater for oppjekkable plattformer.

I denne oppgaven tas det utgangspunkt i «Maersk Giant» en såkalt "Harsh Environment" plattform, altså en plattform som kan operere i svært røffe miljøforhold som høye bølger. I tillegg er det valgt oppjekkable plattformer som kan stå på minimum 350 ft / ca. 107m dybde. Riggene er forøvrig egnet til havbruk, med kraner, vinsjer, strømuttak, hydraulikk, og et senkbart dekk på siden av riggen, kalt «Texas dekk». Dekket kan utnyttes i havbrukssammenheng til en «fiskehelsemodul».

Kostnad for kjøp av rigg er basert på tilbud og forventes å ligge mellom 12 og 18 millioner USD. Det er også innhentet tilbud på leie av rigg som er på 40 – 50 millioner kroner per år. I dette tar en over vedlikeholdskostnader og finansielle kostnader fra riggeier.

### 6.1.2 Fôrleveranse

En «fôrmodul» skal plasseres på riggen og består av et fôrlager og en pumpe med slanger som kan pumpe fôr til hver merd. Fiskefôret er «pellets» og fraktes vanligvis med fôrbåt til oppdrettsanleggene, hvor det pumpes til havbrukets fôrløktere. Imidlertid er høydeforskjellen mellom riggen og fôrbåten ca. 40m og fiskefôret tåler ikke å bli pumpet så høyt opp. I «Octopus» vurderes det derfor å benytte spesialtilpassede containere som kan løftes opp på dekk via en forsyningsbåt. Fôringsløsningen krever investeringer på anslagsvis 30 millioner kroner i en fôringsmodul på riggens dekk, 5 millioner kroner i et system som muliggjør inn- og utlasting av fôr og fôringscontainere til 8 millioner kroner.



Figur 19 - Konseptuell utforming av fôringsmodul og fôringscontainere

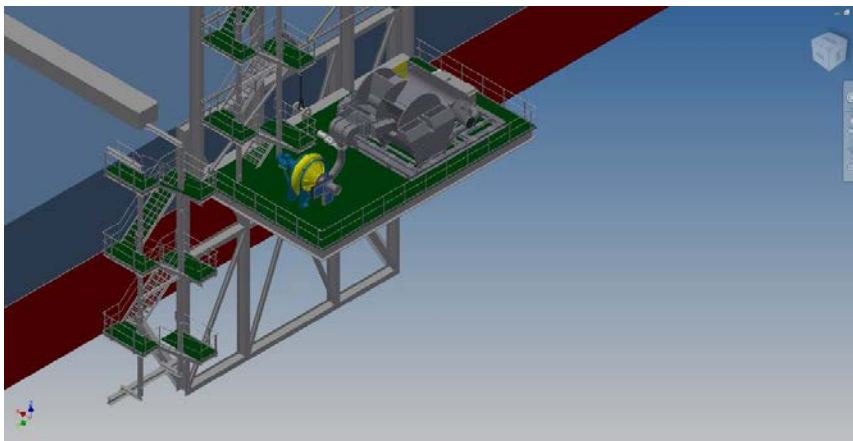
### 6.1.3 Lusebehandling

Enkelte faktorer tyder på at en vil få mindre forekomst av lakselus i «Octopus» konseptet enn tradisjonelt oppdrett og innbefatter

- trolig lavere sommertemperatur på eksponerte lokaliteter, og dermed mindre lakselus.
- færre smittekilder i umiddelbar nærhet av anlegget
- mulighet for å trekke merdene ned ved behov. Dette gjelder spesielt i stormer, men ved bruk av sensorer / lusevarsling kan en for kortere perioder trekke ned merdene under dybden lakselusen trives og dermed redusere lusepåslaget.

Begrenset statistisk grunnlag eller erfaring fra eksponerte lokaliteter gjør det imidlertid vanskelig å kvantifisere hvor mye mindre lakselus en kan anta. Det er uansett en risiko for at selv eksponerte anlegg vil få lakselus og behandlingsmetoder vil være påkrevd.

Det finnes en rekke lusebehandlingsmetodikker og lusebehandlingsutstyr tilgjengelig på markedet. For «Octopus» er rensfisk ikke regnet som aktuell lusebehandlingsmetode, idet rensfisken krever merarbeid og er ofte ikke spesielt godt tilpasset til eksponerte miljøer. I «Octopus» planlegges det å ta i bruk en eller flere avlusningsmetoder for best mulig behandling på riggen og dermed kunne frigjøre behovet for brønnbåter. En ser for seg å bruke en nedsenkbar plattform med en påmontert «fiskehelsemodul». Plattformen kan senkes ned fra hoveddekket på riggen og ned til havoverflaten. En flytende, mobil enhet tilkoblet fiskehelsemodulen forflyttes til merdene, og kan behandle laksen for lakselus og andre parasitter som AGD. Fiskehelsemodulen er anslått til å koste 30 millioner kroner. Den nedsenkbare plattformen er en standardløsning på oppjekkable rigger, men krever en tilpasning til fiskehelsemodulen.

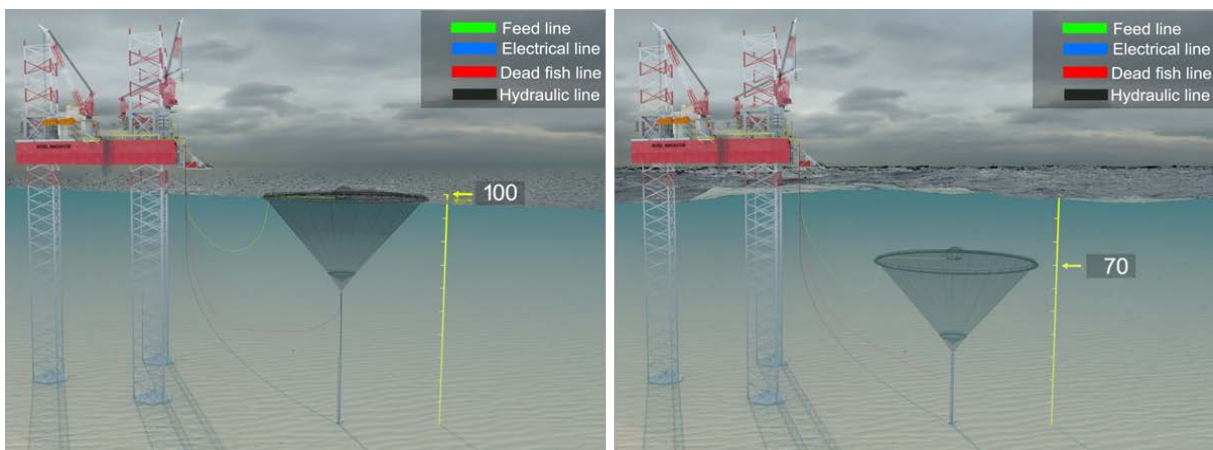


Figur 20 - En "Fiskehelsemodul" på nedsenkbart dekk som brukes til behandling av parasitter. Konseptskisse.

#### 6.1.4 Nedtrekkbare merder

Den teknologiske løsningen for forankring, heving og nedtrekking krever detaljengineering før en vet nøyaktige kostnader. Et foreløpig anslag basert på prisforespørsel er på omtrentlig 7,5 millioner for merd (flytekrage + not, kamera, lys, sensorikk og fôring). Dette er langt høyere enn vanlige merder, men krever også meromkostninger i form av utvikling og dyrere materialer enn i tradisjonelle merder.

Forankring av merdene er antatt å ha en total kostnad for alle merdene på 80 millioner kroner. Det er ikke åpenbart hvordan en skal estimere en enhetskostnad for forankring av merdene, for det er en konseptuell usikkerhet i anker- og nedtrekksløsningen. Kostnader til marin installasjon vil være forbundet med en høyt konstantledd og relativt små enhetskostnader.



Figur 21 - Nedtrekkbare merder for laksevelferd i bølger



Figur 22 - De nedtrekkbare merdene er koblet til riggen med slanger for blant annet fôring og elektrisitet.



### **6.1.5 Forberedelse og modifikasjoner av rigg**

Ved overtagelse av riggen må riggen forflyttes til et verft for modifikasjoner og konvertering til havbruk og forflyttes så til lokasjonen for havbruket.

### **6.1.6 Riggforflytninger og riggmodifikasjoner**

Riggen skal forflyttes med taubåt fra lokasjonen hvor den er lagret til et verft i Norge for modifikasjoner. Kostnaden for taubåt er relatert til mobilisering, dagrate, dieselforbruk og demobilisering av fartøy.

### **6.1.7 Investeringskostnader til anleggsmidler**

Totale investeringskostnader inkludert innkjøp av rigg, riggmodifikasjoner, fiskehelsesystemer er 471,2 millioner. Ifølge (Asche og Bjørndal, 2011, s205) er det vanlig å inkludere kostnader for smolt og fôr i investeringskostnaden inntil første slakt, idet fôr og smoltkostnader utgjør en betydelig sum. Merder er heller ikke inkludert i totale investeringskostnader idet antall merder kan variere med ulike postsmoltstørrelser, og er brukt som en variabel.

## *6.2 Variable kostnader*

Smolt og fôr er de viktigste variable kostnadene i produksjon av laks. Smolt- og fôrkostnader er påvirket av tilvekst og svinn.

### **6.2.1 Smolt**

Røffe miljøforhold for laksen utaskjærs innebærer at det bør brukes en postsmoltvekt på minimum 250 gram ref. kap. 4.5.5. I tillegg er det indikasjoner som viser at stor postsmolt har en rekke fordeler som bedre økonomi, årlig slakting og mindre lakselus (Berget, 2016). I denne oppgaven er det vurdert postsmoltstørrelser på 250, 400 og 700 gram. Postsmolt på 400 gram og spesielt 700 gram er uvanlig i Norge i dag. De vil sannsynligvis bli vanlig i løpet av 2-7 år, men man må forvente å måtte kjøpe seg inn i produksjonen på et tidlig tidspunkt (personlig kommunikasjon med Nils Viga, styreleder i Fister Smolt og Kristoffer Tveit, avdelingsleder i Skretting).

Ifølge Nils Viga (personlige samtaler) er prisen for postsmolt anslagsvis gitt ved 10-12 kr for en 100 grams smolt + 4-5 øre / gram. Denne oppgaven bruker et gjennomsnittlig prisanslag som referanse og er gitt ved:

$$Pris_{post\ smolt} = 11 + (v - 100) * 0,045$$

*hvor v er vekten av postsmolt i gram.*

Dette gir priser for postsmoltstørrelsene brukt i analysen som vist i tabell 6.

Vekt	Lavt estimat	Referanseestimat	Høyt estimat
250 gram	16	17,75	19,5
400 gram	22	24,5	27
700 gram	34	38	42

Tabell 6 - Pris av ulike postsmoltstørrelser i kr<sup>5</sup>.

Detaljer for tilvekst etter utsett måned og postsmoltstørrelse er gitt i Appendiks C.

### 6.2.2 Fôrkostnader

I tradisjonelt havbruk er fôr den dyreste faktoren i produksjonskostnaden. I 2016 var den gjennomsnittlige fôrkostnaden på 11,68<sup>6</sup> kr / kg og den gjennomsnittlig fôrfaktoren på 1,25 (Fiskeridirektoratet 2017f). I Norge er det en meget stor spredning i økonomisk fôrfaktor, og det er sannsynlig at både fiskemiljø og driftsledelse er viktige faktorer for hvor høy fôrfaktoren blir. Fra Færøyene ser en eksempler (ref. kap. 4.5.4) på at mer eksponerte havbruk har lavere fôrforbruk. På den annen side vises det i forskning at høye strømningshastigheter kan gi høyere fôrforbruk på grunn av mer aktivt svømmende fisk i anlegg og at fôr drives med strømmen ut av merden (Solstorm, 2017). Den sistnevnte faktoren kan føre til underernæring. I denne oppgaven er det brukt økonomisk fôrfaktor basert på Skrettings tilvekstregneark «AquaSim», hvor postsmoltstørrelse og slaktevekt er tatt i betraktning. En laks vil typisk ha høyere fôrforbruk jo større den er, for laksen vil bruke en stor andel av energien i fôret til å vokse når den er ung og en høyere andel til å vedlikeholde muskelmassen når den er større. Tabellen i Appendiks D viser fôrforbruket basert på Skrettings «AquaSim» i ulike scenarioer og viser at en laks som vokser fra stor postsmoltstørrelse til slaktevekt typisk har en fôrfaktor på rundt 1<sup>7</sup>. Det er ikke antatt noen endring i økonomisk fôrfaktor på grunn av at anlegget vil ligge eksponert, ettersom erfaringene ikke gir en entydig konklusjon.

### 6.2.3 Svinn

Eksponerte, åpne anlegg vil gi høy gjennomstrømning, med mer stabile temperaturer enn tradisjonelle anlegg, mer oksygentilførsel og strømningshastigheter som krever en aktiv fisk. Dette øker fiskens motstandsdyktighet og vil trolig redusere dødeligheten. På den annen side kan stormer deformere nøtene og føre til enorme tap av fisk. Det er derfor ikke et entydig svar om hvordan eksponerte anlegg vil påvirke svinnet. I denne oppgaven er det brukt 15%<sup>8</sup> for alle postsmoltstørrelser.

<sup>5</sup> Fra denne tabellen er +/-10% estimert som rimelig grad av usikkerhet av smoltpris.

<sup>6</sup> Usikkerhet i fôrpris er satt til 10%, basert på endring i fôrpris siste 10-15 år, ref. figur 5..

<sup>7</sup> En usikkerhet i økonomisk fôrfaktor er satt til 30%, som gir et intervall: 0,74 – 1,37

<sup>8</sup> En estimert variasjon i overlevelsesgrad (1-svinn) på 15% gir en spennvidde i overlevelsesgrad på 72-98%.

### 6.3 Faste kostnader

Et estimat for driftskostnader ved «Octopus» er presentert i de følgende avsnitt. Fiskevelferd, drift / vedlikehold, valg av tilvekstmodell, postsmoltstørrelse er vesentlige faktorer som vil påvirke driftskostnadene.

#### 6.3.1 Lønnskostnader

Det antas at «Octopus» driftes av flerfunksjonelle arbeidere. Et anslag av Roxel Aqua antar 14 heltidsansatte (2 skift á 7) til drifting av plattformen. Ifølge (SSB, 2015) var gjennomsnittlig månedslønn 37800 for røktere. En stipulert årlig lønnsvekst på 5,5% gir omtrentlig gjennomsnittslønn på 630 000 kr i året i 2016, inkludert sosiale kostnader på 25%. Lønnen antas å være lik for andre stillinger på havbruket, unntatt innretningsansvarlig med antatt lønn på 800 000 kr inkludert sosiale kostnader. Administrasjon på land er satt til å være 2 heltidsstillinger med 1 000 000 millioner kroner hver i årslønn inkludert sosiale kostnader. Tabell 7 viser antatte lønnskostnader.

Type stilling	Antall	Årslønn per ansatt (inkl. sosial goder, 25%)
Teknisk 1 - Fiskehelse	2	630 000
Teknisk 2 - Merdekspert	2	630 000
Teknisk 3 - Styring / automasjon	2	630 000
Teknisk 4 - Logistikk	2	630 000
Maritim 1 - Forpleining/ sikkerhet	2	630 000
Maritim 2 – Innretningsansvarlig	2	800 000
Maritim 3 - Kranfører / mekaniker	2	630 000
Administrasjon	2	1 000 000
Totalt / gjennomsnitt	16	697 500

Tabell 7 - Antatte lønnskostnader inkl. sosiale kostnader

#### 6.3.2 Vedlikeholdskostnader

Riggen må vedlikeholdes og «klasser» eller inspiseres hvert 5. år og det antas at en årlig avsetning til vedlikehold er på 10 millioner kroner. Det tilkommer også drift av riggsystemer, årlig dieselforbruk, forsyninger og forbruk til arbeidsbåt som vist i Appendiks B.

#### 6.3.3 Forsikringskostnader

Et foreløpig anslag for forsikring ved en årlig produksjon på 10000 tonn laks er gitt ved et estimat fra et forsikringsselskap på 4 millioner kroner. Prisestimatet ble gitt med reserverasjoner og er usikkert idet lignende anlegg ikke har vært forsikret før. I denne oppgaven antas det at hele forsikringssummen er uendret med biomassen, selv om det ikke er strengt korrekt.

#### **6.3.4 Totale driftskostnader**

Totale driftskostnader unntatt finansielle kostnader er antatt å være kr 37,36 millioner kr, hvorav lønnskostnader utgjør 13,9 millioner kroner, forsikring 4 millioner kroner og drift og vedlikehold av rigg inkludert merder 22,2 millioner kroner. I siste post ligger drift av riggsystemer, dieselforbruk mm og 10 millioner årlig avsatt til riggvedlikehold. Det er regelverkskrav at oppjekkbare rigger skal ha en større inspeksjon med eventuelle reparasjoner hvert 5. år. Det er en høy usikkerhet i anslaget på vedlikeholdskostnader og operasjonskostnader generelt og vil først bli avklart etter noen år med drifting. Ref. appendiks B for detaljer.

### *6.4 Andre kostnader*

#### **6.4.1 Prosjekteringskostnader**

Det er estimert en prosjekteringskostnad på 54,7 millioner kroner. Dette innbefatter ingeniørarbeid (konsept og detaljplanlegging), modellbygging, modellforsøk av merdene, fullskalatesting, 3. parts sertifisering, kommersialisering og utgifter til lokalitetssøknad med mer. Det er antatt at prosjekteringskostnadene blir fordelt over 2 år.

#### **6.4.2 Finansielle kostnader**

Finansielle kostnader er renten på gjeld (eller kapital). Det er antatt fremførbart underskudd i opptil 10 år, med en skattesats på 25%.

## 6.5 Parametere i investeringsanalysen

Verdiene for hovedscenarioet er oppsummert i tabell 8. Hver post har en estimert usikkerhet.

Parameter	Verdi	Usikkerhet	Ref.
Laksepris	50 kr / kg	+/- 30%	4.6
Økonomisk förfaktor	1,05	+/- 30%	Appendiks D
Fôrpris	11,68 kr / kg	+/- 10%	6.6.2
Veid avskrivningsperiode	12 år	+/- 3 år	Appendiks D
Diskonteringsrente	Med utviklingstillatelse 8% Uten utviklingstillatelse 10%	+2/4% +/- 2%	5.2.1
Tilvekst	250 g – 3,4 kg (10 mnd) 400 g – 4,2 kg (10 mnd) 700 g – 5,0 kg (10 mnd)	10%	5.6.1
Svinn	15% (Overlevelsesgrad =85%)	15%	6.2.3
Gjennomsnittsvekt, død fisk	250 g            1 kg 400 g            1,5 kg 700 g            2 kg	-	
MTB Utnyttelse	250 g 400 g 700 g	100% 100% 100%	
Gjennomsnittslønn inkludert sosiale kostnader	697 500	-	6.3.1
Antall heltidsansatte	16	+/- 2	6.3.1
Forsikringskostnader	4 millioner kroner uavhengig av biomasse	-	6.3.3
Slaktekostnad	3,26 kr/kg	-	
Operasjonskostnader	40,5 millioner kr	+/- 30%	6.5
1 merd inkl. fôringsløsning, lys, kamera, sensorikk, luseanalyseenhet (for telling av fisk, anslag av stående biomasse med mer)	7,5 millioner kr	+/- 30%	Appendiks A
Totalinvestering uten merder, fôr og smolt	462,9 millioner kroner	+/- 30%	Appendiks A
Total investering ekskl. arbeidskapital	462,9 + 7,5 * antall merder (millioner kr)	+/- 30%	Appendiks A
Arbeidskapital	Lønn*1,5 av et normalår med full drift (første året er det drifting av riggen halve året, året med smoltutsett er det full drift) 2/3 * fôrkostnader (antatt utsett mai gir fôring i 8 av 12 måneder første året.		Appendiks A & Appendiks B
Total investering inkl. arbeidskapital	462,9 + 7,5 * antall merder + 1,5 * totallønn + 1,5 * drift og vedlikehold + 2/3 *fôrkostnader + smoltkostnader (mill. kr)		Appendiks A & Appendiks B

Tabell 8 - Parametere brukt i analysen

## 6.6 Scenarioer i analysene

For å vurdere økonomien i konseptet er det foretatt en investeringsanalyse med ulike scenarioer av Roxel Aquas konsept «Octopus». Prosjektet er i en tidlig fase hvor noen av de konseptuelle løsningene fortsatt er usikre. I tillegg er intensjonen i konseptet å operere i eksponerte farvann hvor det er meget begrenset med erfaringsdata innen både økonomi og fiskevelferd. Dette gir totalt en høy usikkerhet for økonomiske beregninger av konseptet og det er typisk de store linjene en ønsker å se på i stedet for detaljer i kroner og ører.

I denne oppgaven sees det på ulike scenarioer ved økonomien i å:

- a) Kjøpe brukt rigg og modifisere rigg
- b) Leie rigg og modifisere den

### 6.6.1 Scenario A – Utviklingstillatelse innvilget

Roxel Aqua sendte høsten 2017 en søknad om 14 utviklingstillatelser for konseptet, med en antatt investering på rundt 930 millioner inkludert arbeidskapital og et usikkerhetspåslag i både CAPEX og OPEX på 25 %.

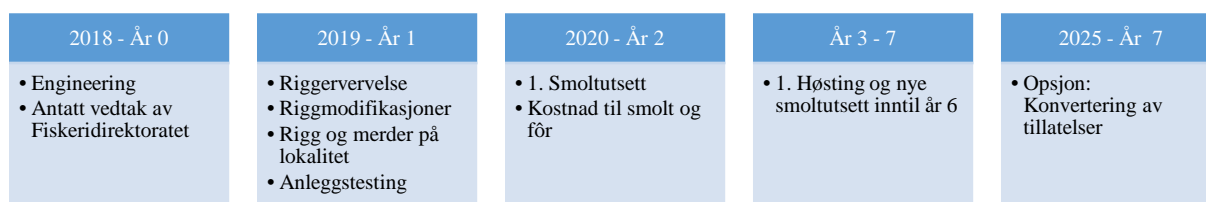
Som vist i 2.5.3 er det er meget sterk korrelasjon mellom størrelse på planlagt investering og tildelte utviklingstillatelser. Én utviklingstillatelse later til å kreve ca. 94 millioner i planlagt investering og øker lineært med investeringen. Dette indikerer at med Roxel Aquas planlagte investering på 930 millioner kroner, kan Roxel Aqua trolig få tildelt maksimalt 10 ( $930/94 = 9,9 \approx 10$ ) utviklingstillatelser. Dersom utviklingstillatelsene blir innvilget er det mulig for Roxel Aqua å søke om å kunne konvertere utviklingstillatelsene til vanlige tillatelser etter endt utviklingsperiode på 5 år etter første utsett. Analysene vil demonstrere økonomien i dette og vil også vurdere sensitivitet i antall innvilgete tillatelser.

Investeringene må inkludere arbeidskapital som dekker lønn, drift av anlegg, førkostnader og smoltkostnader før første høsting med tilhørende inntekter. Lønn og drift av anlegg antas å være 50% av normal lønn og drift ekskl. forsikring per år, året før det settes smolt ut i sjøen for første gang. Ifølge mest sannsynlige plan for anskaffelse og iverksettelse av anlegg, vil riggen bli kjøpt i slutten av 2018 / starten av 2019, men dette avhenger av når tilsvaret om utviklingstillatelser kommer fra Fiskeridirektoratet. Tidsperspektivet på tilsvaret er høyst usikkert. En tidslinje med antatt prosjektprosess er vist i figur 21. Riggen vil så fraktes til et verft i Norge for modifikasjoner og er tidligst på lokalitet 2. halvår 2019. Derfor er lønns- og driftskostnader satt til halvparten av et år med normal drift. Selv om det ikke er produksjon av laks i denne prosjektfasen, må riggen fortsatt opereres, testes ut og driftes. Lønn er satt til 13,95

millioner kroner per år, og drift til 22,2 millioner per år, altså hhv. 6,95 og 11,1 millioner kroner i løpet av et halvår. Det antas at forsikringskostnadene løper fra 2020, som er planlagt år for smoltutsett. Det innebærer at noe av driftskostnadene går med til forsikringen av rigg (som fortsatt må forsikres), men ansees som en relativt beskjeden post for et halvt år og er sett bort fra i analysene. Totale investeringer unntatt fôr- og smoltkostnader blir de første to årene ved eventuelt tilsagn på utviklingstillatelser i tabell 9.

	År 0 / 2018	År 1 / 2018	År 2 / 2018
Investering		408,2	
Engineering	27,35	27,35	
Drift		11,1	22,2
Lønn		6,95	11,16
Forsikring			4
<b>Sum ekskl. merder</b>	<b>27,35</b>	<b>453,6</b>	<b>37,36</b>
Merder	7,5 / merd	7,5 / merd	7,5 / merd

Tabell 9 - investeringer første 3 år etter eventuelt tilsagn.



Figur 23 - Tidslinje for prosjekt første 7 år ved utviklingstillatelse

### 6.6.2 Scenario B – Utviklingstillatelse ikke innvilget

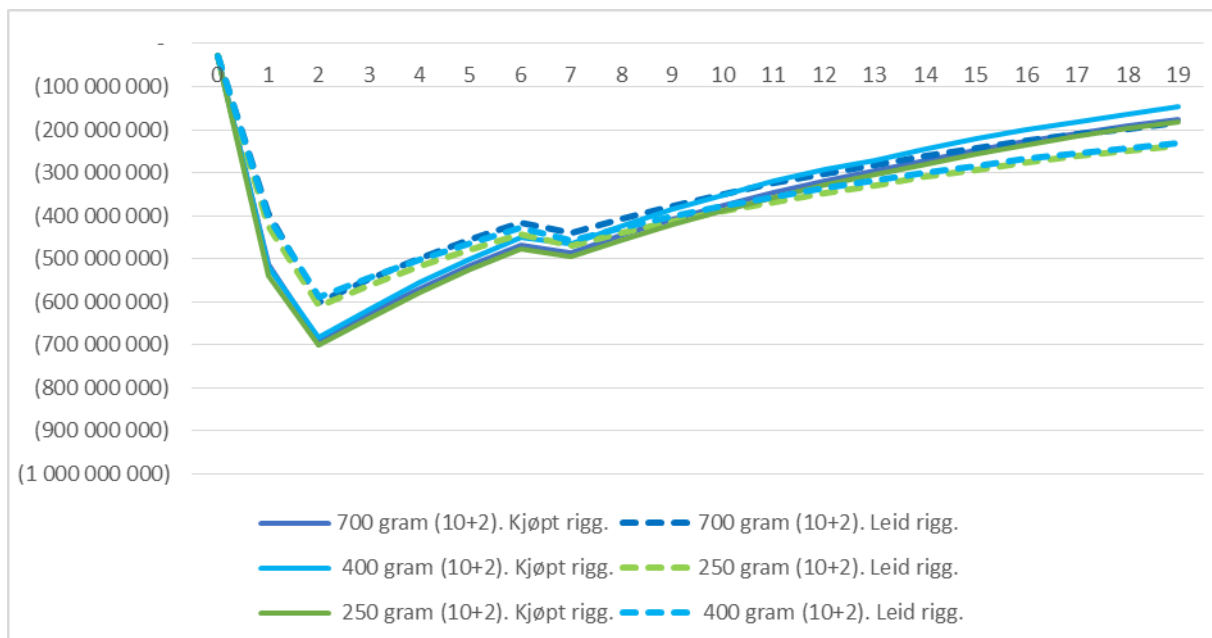
I scenario B vil det bli undersøkt om konseptet er økonomisk levedyktig selv om utviklingstillatelsene ikke blir innvilget. Dette scenarioet er et generelt scenario hvor en ikke har tatt stilling til hvor en plasserer havbruket, og det kan i prinsippet være hvor som helst i verdenshavene hvor det er miljømessig mulig å drive lakseoppdrett. Når begrepet tillatelse benyttes er det en fiktiv lisens med en ekvivalent MTB på 780 tonn for sammenligning med norske tillatelser. Analysene i scenario B er forenklet. I realiteten kreves det mye analysearbeid å regne på ulike lokasjoner verden over, med granskning av hvert områdes juridiske, økonomiske og laksemiljømessige karakteristikk. For enkelhets skyld vil scenarioet anta de samme premissene som i Scenario A, men uten verdi/kostnad av/for tillatelser eller konverteringskostnad for tillatelser. Det antas en høyere diskonteringsrente på 10% (satt skjønsmessig) ettersom scenario B krever en høyere investering og ikke tilfører selskapet en tillatelsesverdi.

## 7. Resultater

### 7.1 Scenario A – Utviklingstillatelse innvilget

Følgende resultater er vist for sløyd vekt (HOG) hvor antatt slaktekost per kilo er 3,26 kr ihht. Fiskeridirektoratets lønnsomhetsundersøkelse for 2016. Som nevnt i kapittel 6.6.1 kan utviklingstillatelse konverteres til vanlige tillatelse i år 7. Produksjonskostnader følger samme normer som Fiskeridirektoratets produksjonskostnader hvor produksjonskostnad per kilo er total produksjonskostnad per antall kilo laks som er produsert, altså total slaktevekt – total smoltvekt. Produksjonskostnad for solgt fisk er total produksjonskostnad per antall kilo solgt fisk. Resultatene er basert på en merdutnyttelse på 100% (+/-0,5%). Antall utsettisk varierer for å utnytte MTB maksimalt. Dette medfører at merdene typisk er bedre utnyttet ved mange tillatelse / merder enn få.

Hovedscenarioet ved innvilget utviklingstillatelse er 10 tillatelse. Inngangsparameterne er gitt i tabell 8. I dette scenarioet er det brukt postsmoltstørrelse for 250, 400 og 700 gram. Anlegget kan skaleres med antall merder og antall merder varierer med ulike postsmoltstørrelser for å oppnå maksimal slaktekapasitet innen MTB. Figur 22 viser akkumulert NPV for postsmoltstørrelsene 250, 400 og 700 ved både leie og kjøp av rigg. Leiekostnaden for riggen antas å være 40 millioner kr per år, som er i nedre del av estimert leiekostnad.



Figur 24 - Sammenligning av akkumulert NPV ved leie og kjøp av rigg og ulike utsettvekter. 10 utviklingstillatelse konvertert.

Figur 24 viser en negativ akkumulert NPV i løpet av en lang periode. Tilbakebetalingstid med diskontering er over 20 år. I år 7 påløper en konverteringskostnad per tillatelse på 10 millioner



kr (inflasjonsjustert med årlig inflasjon på 2,5%) og gir en midlertid stans i veksten av akkumulert NPV. Leid rigg gir bedre avkastning inntil år 6-7 etter smoltutsett, men vil deretter gi dårligere avkastning enn kjøpt rigg. OPEX, eller spesielt CAPEX må reduseres om en skal oppnå hensiktsmessige tilbakebetalingsperioder.

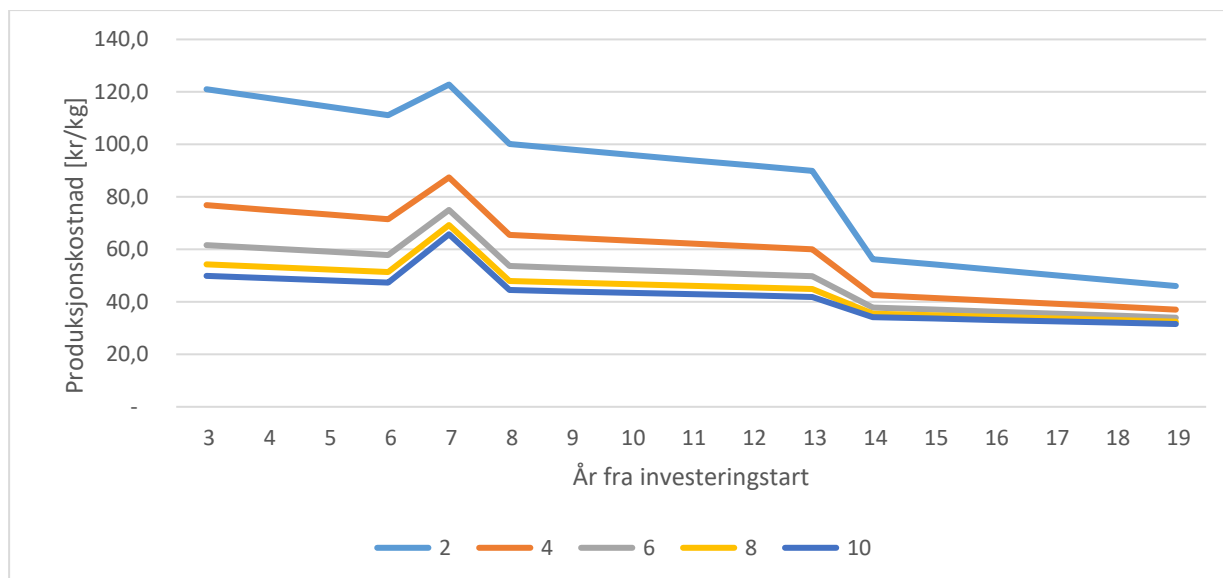
### 7.1.1 Antall merder

Antall merder i analysen er vist i tabell 10. De varierer med størrelse på utsett fisken og slaktevekt for å utnytte MTB maksimalt.

Tillatelser	Biomasse [tonn]	Settefisk		
		250 gram	400 gram	700 gram
1	780	2	2	1
2	1560	3	3	2
3	2340	4	4	3
4	3120	6	5	4
5	3900	7	6	5
6	4680	9	7	6
7	5460	10	8	7
8	6240	11	9	8
9	7020	13	10	9
10	7800	14	11	10

Tabell 10 - Antall merder ved ulike størrelse settefisk og antall tillatelser

### 7.1.2 Produksjonskostnader

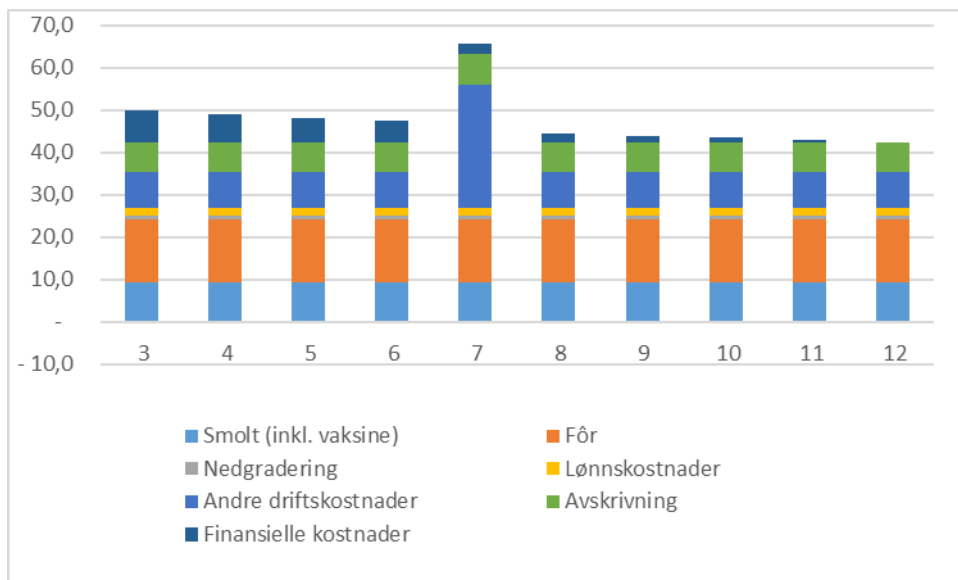


Figur 25 - Løpende produksjonskostnader ved ulike antall utviklingstillatelser, 400 gram settefisk.

Produksjonskostnader vil variere med total biomasse på anleggene. Utviklingen av produksjonspris per kilo for 400 grams postsmolt er vist i figur 23, hvor årene på x-aksen indikerer antall år etter investeringsstart. I år 7 er det en tilleggskostnad på 10 millioner kroner (inflasjonsjustert) for konvertering av hver tillatelse. Den markante nedgangen mellom 13 og

14 år skyldes at avskrivningen avsluttes etter år 13. Produksjonskostnaden (for produsert laks) når et bunnivå på 31,6 kr / kg i år 19 ved 10 tillatelser, mens tilsvarende produksjonskostnad for solgt laks er 28 kr / kg, (begge er inkludert sløyting).

### 7.1.3 Fordeling av produksjonskostnader



Figur 26 - Fordeling av produksjonskostnader, første 10 år i produksjon, ved 10 utviklingstillatelser og 400 gram utsettisk.

Kostnad	Produksjonskostnad [kr / kg]									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Smolt (inkl. vaksine)	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3
Fôr	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8
Nedgradering	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Lønn	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
Andre	8,2	8,2	8,2	8,2	29,0	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2
Avskrivning	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2
Finansielle kostnader	7,4	6,6	5,8	4,9	2,6	2,0	1,5	1,0	0,5	-0,0
Sum	49,9	49,0	48,2	47,4	65,8	44,5	44,0	43,5	42,9	42,4

Tabell 11 - Fordeling av produksjonskostnader, første 10 år i produksjon, 10 tillatelser, 400 gram utsettisk.

Figur 24 og tabell 11 viser fordeling av produksjonskostnader de første 10 årene med produksjon. Første året med produksjon tilsvarer år 3 i figur 22 og figur 23. I år 7 er utviklingstillatelsene konvertert til vanlige tillatelser og derfor er det en sterk økning i «andre driftskostnader».

### 7.1.4 Sensitivitetsanalyse i produksjonskostnad

Tabell 12 viser sensitivitet av produksjonskostnad med ulike faktorer for 10 tillatelser, gjennomsnittspris etter 5 års drift (i utviklingsperiode før eventuell konvertering av tillatelser).

Utsettsvekt		250 gram		400 gram		700 gram	
Referanse		47,4		47,9		51,9	
Smoltpris	+/- 10%	46,5	48,3	46,9	48,9	50,5	53,3
Førpris	+/- 10%	46,4	49,4	46,4	49,4	50,3	53,4
Øk. fôrgrad	+/- 20%	44,4	50,3	44,9	50,9	48,9	54,8
Overlevelse <sup>9</sup>	+/-15%	43,5	52,8	43,7	53,8	46,7	59,3
Tilvekst	+/-10%	44,3	51,2	45,0	51,6	47,7	57,1
CAPEX	+/- 30%	41,9	54,9	42,6	55,1	46,3	59,3
OPEX	+/- 30%	45,5	49,3	45,9	49,8	49,8	53,9
Diskonteringsrente	+2%		48,6		49,1		53,2
Diskonteringsrente	+4%		49,8		50,4		54,5
Avskrivning	+/- 3 år	46,5	48,8	47,0	49,3	51,0	53,3

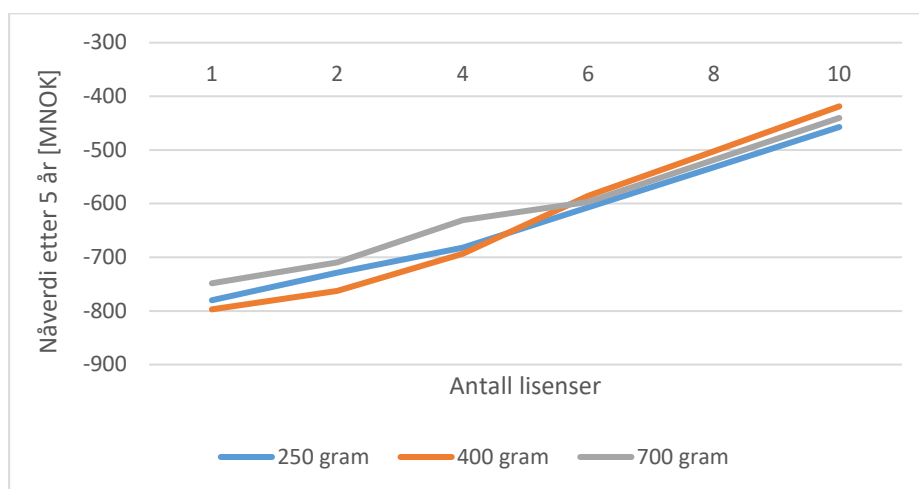
Tabell 12 - Sensitivitet av produksjonskostnad, 10 lisenser, gjennomsnittspris etter 5 års drift.

### 7.1.5 Nåverdi

Tabell 13 viser nåverdi og investering etter 5 år med drift (7 år etter investeringsstart) etter antall tillatelser. Utviklingstillatelsene er ikke konvertert til vanlige tillatelser (10 millioner (inflasjonsjustert er ikke belastet).

Tillatelser	Utsettsvekt					
	250 gram		400 gram		700 gram	
	Investering	Nåverdi	Investering	Nåverdi	Investering	Nåverdi
1	547,9	-773,8	548,5	-773,7	542,6	-767,3
2	565,9	-731,5	567,0	-730,9	562,8	-728,1
4	609,4	-656,7	604,0	-647,4	603,1	-649,9
6	652,8	-581,8	641,3	-560,1	643,5	-571,6
8	688,7	-498,2	678,2	-477,1	683,9	-493,4
10	732,0	-424,9	715,2	-393,5	724,2	-415,1

Tabell 13 - Nåverdi etter antall tillatelser og utsettsvekt



Figur 27 - Nåverdi etter 5 år (utviklingstillatelser ikke konvertert)

<sup>9</sup> En systematisk lav overlevelsesgrad kan kompenseres ved høyere antall fisk i utsettet og/eller flere merder.

Dersom en avslutter tillatelsene på dette tidspunktet uten konvertering, kan man anta at utviklingstillatelsene og anleggsmidlene har en verdi. Verdien av utviklingstillatelsene er per i dag minimum 50 millioner kr og maksimalt 120 millioner kroner, ref. kap. 2.5.3. Verdien om minimum 7 år er høyst usikker. I denne oppgaven er inflasjonsjustert 50 millioner kroner brukt med en konverteringskostnad som er på 10 millioner kroner (inflasjonsjustert). Derfor settes verdien av en tillatelse på 40 millioner kroner. Total verdi er vist i tabell 14.

Tillatelser	Tillatelseverdi	Total verdi		
		250 gram	400 gram	700 gram
1	40	-733,8	-733,7	-727,3
2	80	-651,5	-650,9	-648,1
4	160	-496,7	-487,4	-489,9
6	240	-341,8	-320,1	-331,6
8	320	-178,2	-157,1	-173,4
10	400	-24,9	6,5	-15,1

Tabell 14 - Verdi av utviklingstillatelser og kontantstrøm

Ved 10 tillatelser og bruk av 400 grams postsmolt, er forventet totalverdi av kontantstrøm og tillatelser 6,5 millioner kroner ved salg av tillatelsene. I tillegg vil anleggsmidlene ha en restverdi gitt at anlegget er i operativ stand til å produsere laks. 400 grams utsettfisk er i dette tilfellet det mest gunstige valget av størrelse på utsettfisk av de tre analyserte.

### 7.2 Scenario B – Uavhengig utviklingstillatelser

I dette scenarioet antas det at diskonteringsrenten blir høyere, på 10%, ettersom prosjektet ikke tilføres tillatelsesverdier. Dette er skjønnsmessig satt, for det er ikke utviklet en forretningsplan for dette scenarioet. For øvrig er forutsetningene de samme som under scenario A, med unntak av at en ikke må betale en konverteringskostnad for hver tillatelse. I utgangspunktet kan det se ut som at produksjonskostnadene blir høyere enn i resultatene under, idet en må også betale for eller leie lisenser / tillatelser også i andre havbruksland enn Norge. På den annen siden, kan regelverket andre steder gi større spillerom innenfor blant annet avlusningskrav, brakklegging og annet som kan være gunstig for produksjonskostnadene.

### 7.2.1 Antall merder

Antall merder ved produksjoner er gitt i tabell 15.

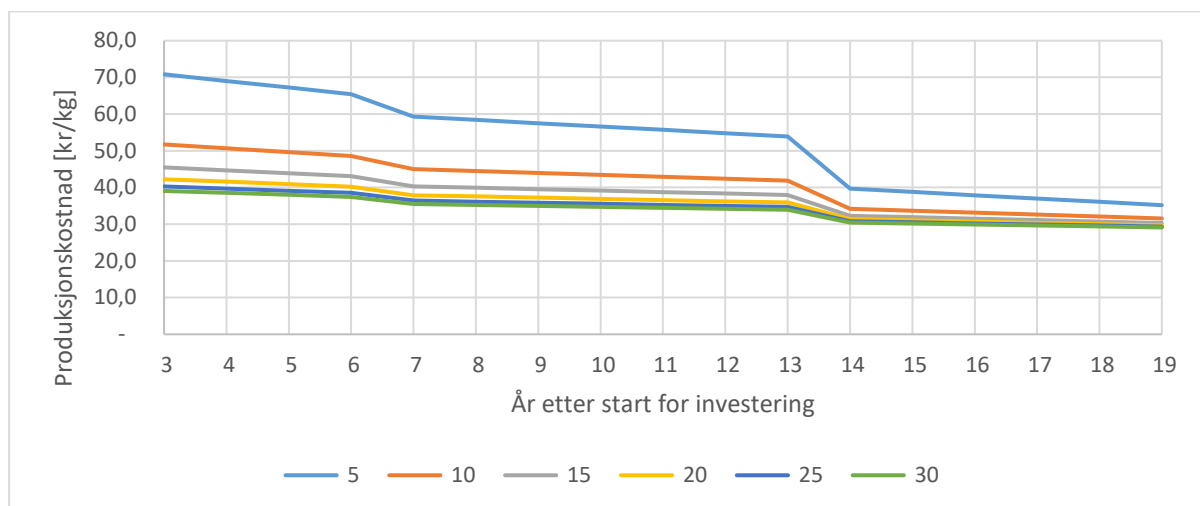
Tillatelser <sup>10</sup>	Biomasse [tonn]	Antall merder		
		250 gram	400 gram	700 gram
5	3900	7	6	5
10	7800	14	11	10
15	11700	20	17	14
20	15600	27	22	19
25	19500	34	28	23
30	23400	41	33	28

Tabell 15 - Antall merder ved ulike størrelse settefisk.

Det er ikke satt noen begrensninger på antall merder som kan plasseres rundt riggen. I praksis vil det være en begrensning, og dette kan tale for bruk av stor settefisk og høy slaktevekt for å kunne utnytte MTB og redusere antall merder.

### 7.2.2 Produksjonskostnader

Produksjonskostnader vil variere med total biomasse på anleggene. Utviklingen av produksjonspris per kilo for 400 grams postsmolt er vist i figur 28, hvor årene på x-aksen indikerer antall år etter investeringsstart. Den markante nedgangen mellom 13 og 14 år skyldes av avskrivningen avsluttes etter år 13. Det er verdt å merke seg at produksjonskostnaden reduseres betraktelig med en økende biomasse opptil 20 standardtillatelser, mens en ytterligere øking i antall tillatelser har en marginal effekt på produksjonskostnad per kilo. Produksjonskostnaden når et bunnivå på 29,7 kr / kg ved 20 tillatelser, 29,1 kr/kg ved 30 tillatelser, det 20. året etter investeringsstart..



Figur 28 - Sammenligning av produksjonskostnader per kilo for varierende biomasse (i antall tillatelser), 400 grams postsmolt

<sup>10</sup> Tillatelsene brukes i dette kapitelet som sammenligningsgrunnlag for total biomasse, men kan ha en annen ekvivalent enn 780 tonn i andre lands regelverk enn det norske.

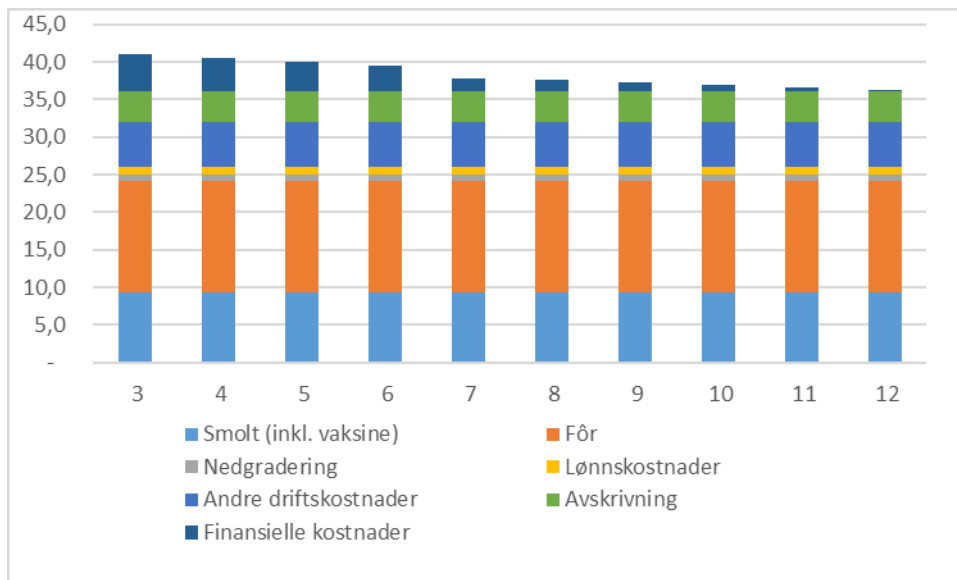
Tabell 16 viser gjennomsnittlig produksjonskostnad per kg de første 10 år i produksjon. Skalafordelen i biomasse per anlegg er betydelig.

Tillatelser	Produksjonskostnad [kr / kg]		
	250 gram	400 gram	700 gram
5	60,5	61,5	66,1
10	45,8	46,3	50,2
15	40,9	41,3	44,8
20	38,3	38,7	42,1
25	36,9	37,2	40,5
30	35,9	36,2	39,4

Tabell 16 - Gjennomsnittlig produksjonskostnad per kg første 10 år i produksjon

### 7.2.3 Fordeling av produksjonskostnader

De løpende produksjonskostnadene de første 10 årene for 400 grams settefisk ved 20 tillatelser er fordelt i henhold til figur 29.



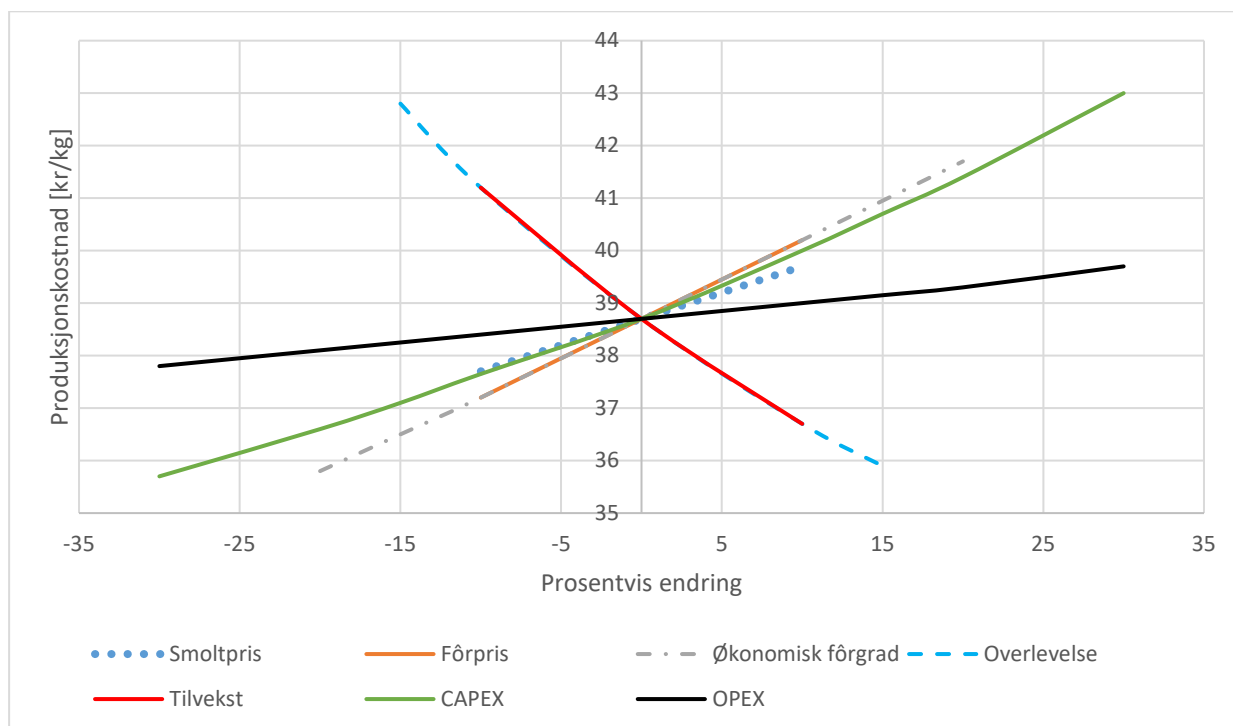
Figur 29 - Fordeling av kostnader

## 7.2.4 Sensitivitetsanalyse i produksjonskostnad

Tabell 17 viser sensitivitet i produksjonskostnad av ulike faktorer for 20 tillatelser, gjennomsnittspris etter 10 år.

Tillatelser / utsettsvekt		250		400		700	
Referanse		38,3		38,7		42,1	
Smoltpris	+/- 10%	37,4	39,2	37,7	39,7	40,7	43,5
Fôrpris	+/- 10%	36,8	39,8	37,2	40,2	40,5	43,6
Øk. Fôrgrad	+/- 20%	35,3	41,3	35,8	41,7	39,1	45,0
Overlevelse	+/-15%	35,7	42,0	35,9	42,8	38,4	47,3
Tilvekst	+/-10%	36,1	41,0	36,7	41,2	38,9	45,9
CAPEX	+/- 30%	35,2	42,9	35,7	43,0	39,0	46,3
OPEX	+/- 30%	37,4	39,2	37,8	39,7	41,1	43,0
Diskonteringsrente	+/-2	37,9	38,7	38,3	39,1	41,6	42,5
Avskrivning	+/- 3 år	37,7	38,0	38,1	38,4	41,4	41,8

Tabell 17 - Sensitivitet, diskonteringsrente er 10%, 20 tillatelser.



Figur 30 - Sensitivitet av produksjonskostnad, 20 tillatelser, gj.snittspris etter 10 år, settefisk på 400 gram.

Figur 30 viser sensitivitet i produksjonskostnad. CAPEX, overlevelse og økonomisk fôrgrad er blant faktorene som har størst påvirkning på produksjonskostnadene. OPEX, smoltpris, tilvekst og fôrpris har mindre effekt.

## 7.2.5 Tilbakebetalingstid med diskontering

Tabell 18 viser tilbakebetalingstid med diskontering for 20 tillatelser med variasjon i parameterne CAPEX, OPEX og laksepris.

Utsettsvekt		250		400		700	
Referanse [år]		8,2		7,8		8,1	
CAPEX +/- 30%		5,6	15,4	5,4	13,8	5,7	13,5
OPEX +/- 30%		7,6	9,2	7,1	8,6	7,3	8,6
Laksepris +/- 30%		4,9	>>20	4,7	>>20	4,8	>>20

Tabell 18 - Tilbakebetalingstid med diskontering, diskonteringsrente = 10%, 20 tillatelser.

Lav laksepris har betydelig negativ effekt på nåverdien og er den viktigste faktoren for tilbakebetalingstiden. Endring i CAPEX gir også stor effekt på tilbakebetalingstiden, mens OPEX har mindre effekt.

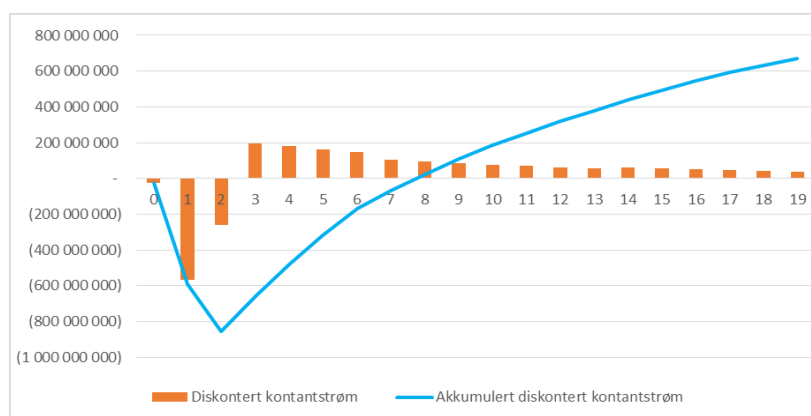
## 7.2.6 Nåverdi

Settefisk Tillatelser	250 gram		400 gram		700 gram	
	Investering	Nåverdi	Investering	Nåverdi	Investering	Nåverdi
5	631,4 MNOK	-632,2 MNOK	626,8 MNOK	-618,6 MNOK	627,5 MNOK	-627,3 MNOK
10	736,2 MNOK	-355,9 MNOK	719,4 MNOK	-320,7 MNOK	719,4 MNOK	-351,5 MNOK
15	832,9 MNOK	-109,8 MNOK	819,4 MNOK	-65,8 MNOK	821,2 MNOK	-92,7 MNOK
20	938,7 MNOK	106,0 MNOK	912,1 MNOK	116,6 MNOK	912,2 MNOK	105,9 MNOK
25	1043,3 MNOK	343,3 MNOK	1013,3 MNOK	422,3 MNOK	1012,6 MNOK	342,8 MNOK
30	1148,8 MNOK	536,9 MNOK	1104,8 MNOK	612,9 MNOK	1105,0 MNOK	533,1 MNOK

Tabell 19 – Nåverdi etter 10 år av investering, etter utsettsvekt og antall tillatelser.

Tabell 19 viser nåverdi etter 10 år ved varierende antall tillatelser og ulike størrelser settefisk. 400 grams settefisk gir høyere nåverdi ved alle antall tillatelser og har lavere investering enn settefisk i størrelsene 250 og ganske lik investering som 700 gram settefisk. En positiv nåverdi oppnås ved 15-20 tillatelser.

Figur 31 viser akkumulert nåverdi ved 15600 tonn biomasse, med 400 gram settefisk etter 10 år. Tilbakebetalingstid med neddiskontering er omtrent 8 år.



Figur 31 - Akkumulert nåverdi ved 15600 tonn biomasse, tilsvarende 20 tillatelser, 400 g settefisk.



### 7.3 Best-mulig scenario

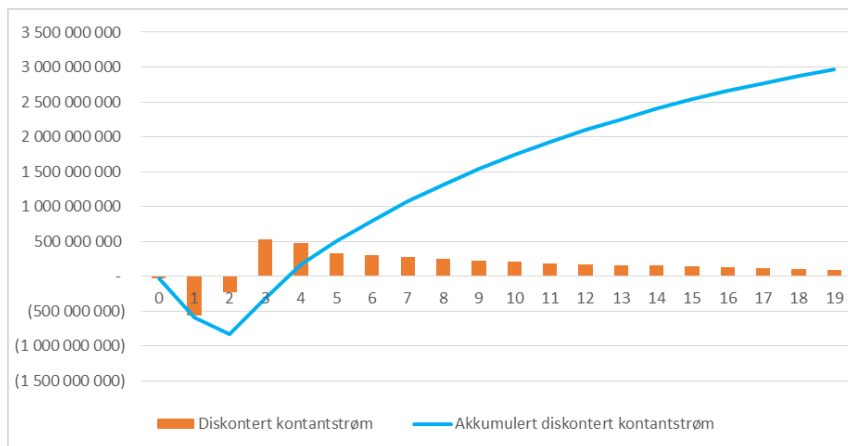
Kapitelet omhandler et scenario der alle parametere går i favør av lave produksjonskostnader. Parameterne er endret som følgende: CAPEX og OPEX: – 30%, smoltpris og fôrpris: -10%, økonomisk fôrgrad: -20%, tilvekst: +10%, overlevelse +15%. Endring i diskonteringsrente og avskrivning har relativt liten effekt og er ikke endret i dette scenarioet, og er henholdsvis 10% og 12 år.

#### 7.3.1 Antall merder

Antall merder ved produksjoner er gitt i tabell 20 og akkumulert nåverdi er vist i figur 32 ved «best mulig» scenario, 20 tillatelser og 400 gram settefisk.

Tillatelser	Biomasse [tonn]	Antall merder		
		250 gram	400 gram	700 gram
5	3900	6	5	4
10	7800	11	9	8
15	11700	16	13	11
20	15600	22	18	15
25	19500	27	22	19
30	23400	32	26	22

Tabell 20- Antall merder ved best mulig scenario.



Figur 32 - Best mulig scenario, 20 tillatelser, 400 gram settefisk.

Tabell 21 viser tilbakebetalingstid med diskontering (10%) for 20 tillatelser. Tabell 22 viser produksjonskostnad for ulike størrelser av settefisk og antall tillatelser. Resultatene indikerer en klar forbedring i både tilbakebetalingstid og produksjonskostnader forhold til referansemodellen i kapitel. 7.2.

Utsettsvekt	250	400	700
Tilbakebetaling med diskontering	3,7	3,6	3,6

Tabell 21 - Tilbakebetalingstid med diskontering, diskonteringsrente = 10%, 20 tillatelser.

### 7.3.2 Produksjonskostnad ved varierende biomasse

Tillatelser	Produksjonskostnad [kr / kg]		
	250 gram	400 gram	700 gram
5	40,1	41,0	42,8
10	31,2	31,7	33,3
15	28,2	28,7	30,1
20	26,8	27,2	28,5
25	25,9	26,3	27,6
30	25,3	25,7	26,9

Tabell 22 - Gjennomsnittlig produksjonskostnad per kg første 10 år i produksjon

### 7.3.3 Nåverdi

Tabell 23 viser nåverdi og investering etter 10 år etter antall tillatelser.

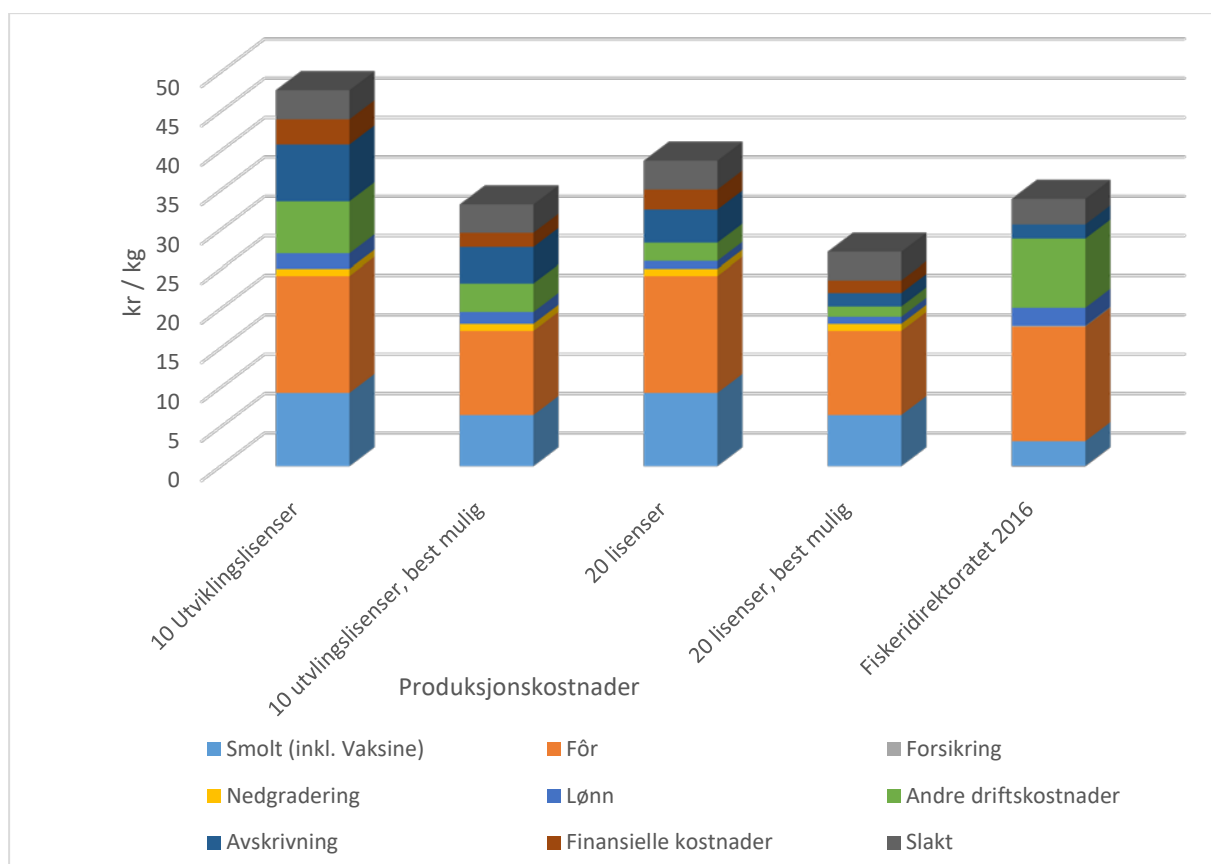
Settefisk Tillatelser	250 gram		400 gram		700 gram	
	Investering	Nåverdi	Investering	Nåverdi	Investering	Nåverdi
5	420 MNOK	8,5 MNOK	418 MNOK	8,8 MNOK	419 MNOK	13,3 MNOK
10	479 MNOK	492 MNOK	475 MNOK	499 MNOK	482 MNOK	497 MNOK
15	538 MNOK	1016 MNOK	533 MNOK	1033 MNOK	541 MNOK	1023 MNOK
20	601 MNOK	1538 MNOK	594 MNOK	1552 MNOK	604 MNOK	1552 MNOK
25	661 MNOK	1949 MNOK	651 MNOK	1957 MNOK	666 MNOK	1937 MNOK
30	720 MNOK	2442 MNOK	709 MNOK	2475 MNOK	725 MNOK	2455 MNOK

Tabell 23 - Nåverdi - optimalt scenario

Tabell 24 viser nåverdi etter størrelse på settefisk og antall tillatelser og viser at nåverdien er i omtrent 2 ganger større enn i referansemodellen i 7.2. Det er liten forskjell i nåverdi etter settefiskstørrelse.

### 7.4 Sammenligning av produksjonskostnader

En sammenligning av gjennomsnittlig produksjonskostnad etter 10 år av ulike scenarioer og Fiskeridirektoratets gjennomsnittstall for lakseoppdrettsnæring er vist i figur 33.



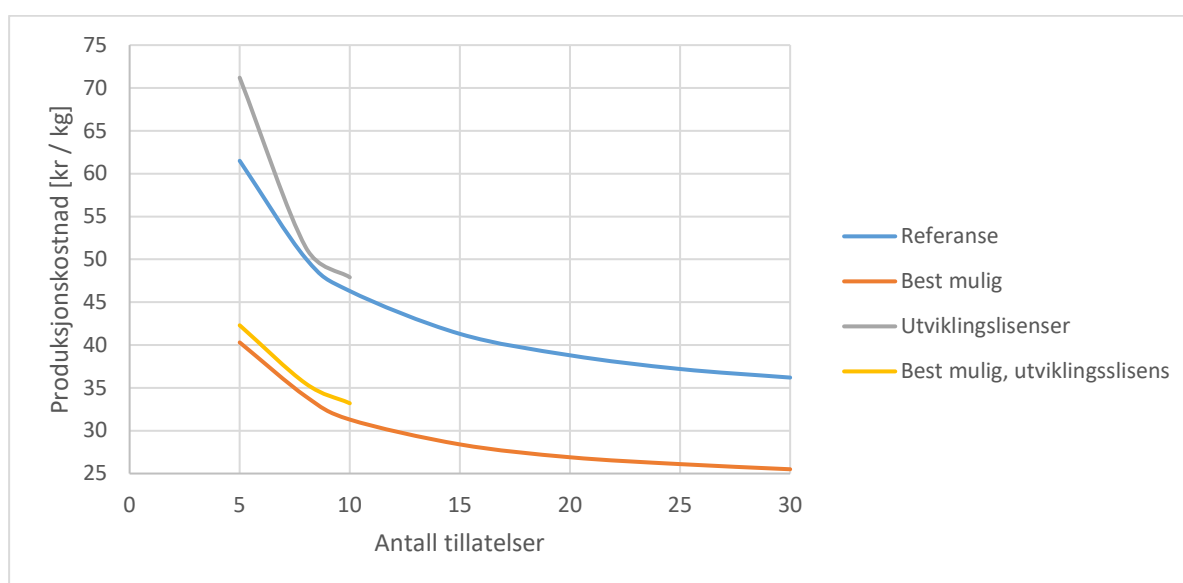
Figur 33 - Sammenligning av produksjonskostnader

Sammenligningen viser at «Best mulig» scenarioet ved 10 utviklingstillatelser har en lavere produksjonskostnad enn både gjennomsnittlige produksjonskostnader i norsk lakseoppdrett og 20 tillatelser (utenom utviklingstillatelser). I alle scenarioene utgjør fôrkostnad desidert høyest andel av produksjonskostnaden, deretter smoltkostnad. Fôrkostnadene er høyere for Fiskeridirektoratets sine statistikker enn alle scenarioer for «Octopus», mens smoltkostnadene er høyere for «Octopus». Dette er naturlig idet smoltstørrelsen i «Octopus» er større, og derfor betaler man mer for smolten og mindre for fôr. Andre driftskostnader utgjør betydelig større del av kostnader av totale Fiskeridirektoratets statistikker enn for «Octopus» scenarioer. Dette skyldes blant annet at kostnader for lakselus og rensing av nøter er inkludert i Fiskeridirektoratets kategori «Andre driftskostnader». Behandling av lakselus kan utføres vha. riggens fiskehelsemodul og rensing av nøter kan utføres vha. riggens kraner. En merd trekkes inn til riggen, vha. en vinsj og noten trekkes fra merden i en relativt enkel operasjon og løftes inn på dekk for rensing. Kostnadene knyttet til disse operasjonene er derfor hovedsakelig inkludert i CAPEX og OPEX på «Octopus».

Avskrivning og finansielle kostnader er høyere for «Octopus» scenarioer enn gjennomsnittet for oppdretts-Norge. Lønn er noe lavere enn nivået for gjennomsnittet for Norge. Det er mulig

lønn og andre driftskostnader er noe underestimert for «Octopus», idet for eksempel dykkertjenester ikke er tatt med. På den annen side er det ofte tilgjengelig ROV (Remotely Operated Vehicle), en fjernstyrt undervannsfarkost på oppjekkbare rigger som kan foreta inspeksjon- og vedlikeholdsjobber. Med justeringer kan disse trolig benyttes til å både inspisere, og eventuelt rense og reparere nøter.

Produksjonskostnadene for 10 utviklingstillatelser er 33,2 og 47,4 kr / kg (hvh. referansemodell og best mulig modell, altså 30% lavere produksjonskostnader). For 20 tillatelser er forskjellen også 30% (27,2 / 38,7 kr). Skalaeffekten for økning av tillatelser er vist i figur 34. En økning i tillatelser fra 10 til 30, reduserer produksjonskostnaden med ca. 22%.



Figur 34 – Sammenligning av ulike scenarioer med skalaeffekter.

## 8. Diskusjon

Konseptet «Octopus» har potensiale for lønnsom storskalaproduksjon for minst 15 - 20 tusen tonn laks avhengig av det gjeldende lisensregelverk der hvor anlegget settes. Terskelverdien på investeringene er høy med rigg, riggmodifikasjoner, fiskehelsemodul, fôrløsninger og annet, men enhetskostnaden for hver enkelt merd er relativt lav og er derfor lett å skalere. Dette er av konseptets fremste fordeler i forhold til andre lignende konsept som er lukkede, eller som er laget i en bestemt størrelse for en gitt biomasse.

Analysene viser at det kan være mulig å komme ned i en produksjonskostnad på 35-37 kroner ved drift i lengre enn 10 år og en biomasse på 23400 tonn, tilsvarende 30 standardtillatelser på 780 tonn. Dette er 5-10% høyere enn norsk gjennomsnittlig produksjonskostnad for laks i 2016 – 33,86 kr /kg (ref. kap.2.4.2) og lavere enn for landbasert anlegg 37 – 38,7 kr / kg – ref. kap. 4.2) og viser at «Octopus» absolutt er konkurransedyktig ved storskalaproduksjon. Dersom en skulle oppnå en «best mulig» produksjon som vist i kapitel 7.3, kan produksjonskostnadene komme ned i 25-27 kr / kg, som er lavere enn gjennomsnittlige produksjonskostnader i norsk havbruk.

Med en 10 måneders produksjonsyklus og lav slaktevekt krever en optimal MTB utnyttelse mange merder. Større utsettfisk krever færre merder og kan derfor være optimal fra en helhetsvurdering.

Sensitivitetsanalysene viser at spesielt CAPEX kostnadene, økonomisk fôrgrad, overlevelse og tilvekst har relativt høy sensitivitet overfor produksjonskostnad for laks. En systematisk lav overlevelseshastighet over flere år kan imidlertid kompenseres med utsett av flere smolt eller evt. installasjon av flere merder og trenger ikke å bli så utslagsgivende som analysen tilsier. OPEX, smoltpris, fôrpris og diskonteringsrente har relativt lav innflytelse på produksjonskostnad.

En anbefaling for prosjektet er å redusere OPEX og spesielt CAPEX så mye som mulig om prosjektet skal være levedyktig for utviklingstillatelser. 30% reduksjon i CAPEX og OPEX gir et håp om prosjektgjennomføring ved utviklingstillatelser og videreføring av utviklingstillatelser. Ved færre enn 8 innvilgede tillatelser er det tvilsomt at prosjektet er levedyktig med mindre lakseprisen er langt høyere enn forutsatte 50 kr /kg.

En bør tilstrebe å finne en kystsone med regulert brakklegging tidlig på våren eller aller best en sone hvor ingen andre aktører er tilstede slik at en selv kan styre brakklegging og eventuelt benytte en produksjonssyklus som overstiger 10 måneder hvis det er mer økonomisk. En tidlig

brakklegging på våren muliggjør et utsett i april / mai som gir en høyere tilvekst enn et senere utsett.

Fiskeridirektoratets kriterier for tildeling av utviklingstillatelser er «betydelig innovasjon og betydelig kostnad». Det virker som betydelig kostnad er beregnet ut i fra at en tillatelse krever finansiering på om lag 90 - 95 millioner kroner. Imidlertid synes det bortimot umulig å etablere et økonomisk bærekraftig konsept med en investering i hundremillionersklassen med disse premisene. Fiskeridirektoratets forutsetninger kan gi en suboptimal avkastning på investering og ordningen kunne vært mer hensiktsmessig om selskaper fikk flere utviklingstillatelser. Det beste en kan håpe på er en nåverdi på 0 etter endt utviklingsperiode, selv når verdien av tillatelsene inkluderes i nåverdien av kontantstrømmen. Inntjeningen etter endt utviklingsperiode ser ikke ut til å rettferdiggjøre investeringene med mindre OPEX og spesielt CAPEX reduseres betraktelig. Likevel kan utviklingslisenser være attraktiv for å tilføre selskapet verdi, som en risikoavlastning og gi mulighet til å teste ut konseptet i nære farvann.

Konseptet «Octopus» har trolig et større potensiale for økonomisk suksess om det settes i andre farvann enn i Norge ettersom det etterhvert er vanskelig å få tak i tillatelser i Norge, og de få som tilbys er priset til 93,6 millioner kroner tillatelsen. Om reguleringsregimet åpner opp for offshoresoner og priser tillatelsene her lavere, er det imidlertid et stort potensiale for «Octopus» med sine forventende egenskaper til å takle grov sjø.

Analysen var først tiltenkt til å kunne benyttes for en antatt biomasse på 8000 – 12000 tonn. Modellen er også anvendt for en biomasse opp til nærmere 25 000 tonn (tilsvarende 30 standardtillatelser på 780 tonn). Det er mulig at det kreves et annet kostnadsestimat på merdene for at modellen skal anvendes for så høy biomasse. Kostnadene til riggmodifikasjon blir trolig i samme størrelsesorden for biomasse mellom 10000 og 25000 tonn, selv om fôringsmodulen må forstørres noe for høyere fôrkapasitet. En kan argumentere for at flere merder vil ha en høyere installasjonskostnad, men også for at skalafordelen ved å kjøpe mange merder vil gi en lavere stykkpris per merd. Det er altså ikke opplagt hvilke utslag skalering i biomassen vil få for investeringskostnader. Likeledes er det mulig at det må benyttes mer driftspersonell ved storskaldrift. Imidlertid har OPEX relativt lav sensitivitet overfor produksjonskostnaden.

## 9. Videre arbeid

Denne oppgaven har vist at konseptet økonomisk kan fungere spesielt godt for storproduksjon av laks med produksjon over 20 – 25 tusen tonn laks i året. Imidlertid er det ikke sikkert at norske reguleringer er mest optimalt for konseptet. Videre arbeid bør trolig konsentrere seg om en mulighetsanalyse for hvor i verden konseptet best kan fungere. Dette inkluderer en analyse av ulike lands reguleringer som lisensmodeller, infrastruktur for havbruk og offshoreteknologi som henholdsvis slakteri og verft, miljømessige forhold som påvirker laksetilvekst, tilgang på kvalifisert arbeidskraft, etablert miljø innen forskning – og utvikling og eventuelt andre faktorer. Når en har funnet noen gode kandidater for lokasjon, kan optimaliserings- eller sammenligningsanalyser utføres.

Storskalaproduksjonen krever svært mange merder. Det er verdt å undersøke hvordan merdene best kan tilpasses riggen og tilpasses gjeldende regelverk i aktuelle farvann. Det kan for eksempel være mulig å lage rømmingssikre merder hvor en kan få dispensasjon fra kravet om 200 000 laks i hver merd.

I arbeidet med denne oppgaven har det ikke blitt funnet litteratur som indikerer i hvor stor grad en kan slakte mer laks enn MTB. I praksis vil en ligge opp mot taket i MTB over flere måneder. Dette impliserer at gjennom en hel produksjonssyklus kan total produksjon overstige MTB. Aktører i bransjen har nevnt at slaktet laks kan overstige MTB med 40-50%. For storpostsmolt i en 10+2 produksjonssyklus vil en anta at dette tallet er lavere ettersom det er kortere mulighet til å slakte ut hele populasjonen og mindre tilvekst for laksen i den kortere slakteperioden. En kan gjøre undersøkelser for hva som er bransjestandard eller utvikle en modell for dette.

Etter hvert som konseptet «Octopus» detaljeres kan det være verdt å gjøre en ny investeringsanalyse av konseptet med enda mer nøyaktig utfall, for eksempel med spesifisert lokalitet med gitte forutsetninger for brakklegging. Ettersom Roxel Aqua har inngått samarbeid med aktører i hele verdikjeden, som settefiskprodusent, fôrprodusent, utstyrleverandør, verft og annet ligger det en optimaliseringsmulighet ved rabatt på utstyr, fôr, engineering osv. Det hadde vært interessant å se på effekten av disse faktorene.

Ved eksponert havbruk er det muligheter for en økt laksepris ved prisdifferensiering. Laks oppdrettet i eksponert havbruk kan få fastere kjøtt med mer muskler og kan ha et potensiale som et nisjeprodukt med bedre kvalitet. En kan gjøre analyser for å kvantifisere prisdifferansen.

## Kilder

- Altinn. 2017. «Avskrivning». (Lest 01.12.2017).  
<https://www.altinn.no/starte-og-drive/regnskap-og-revisjon/regnskapet/avskrivning/>
- Andreassen, Otto og Roy Robertsen. 2014. Nasjonale ringvirkninger av havbruksnæringen. Hentet fra  
[https://nofima.no/wp-content/uploads/2015/01/Rapport\\_49-2014\\_-\\_Nasjonale\\_ringvirkninger\\_av\\_havbruksnaeringen.pdf](https://nofima.no/wp-content/uploads/2015/01/Rapport_49-2014_-_Nasjonale_ringvirkninger_av_havbruksnaeringen.pdf)
- Asche, Frank, Kristin Helen Roll og Ragnar Tveterås. 2012. *FoU, innovasjon og produktivitetsvekst i havbruk*. Magma, 2012 (1). Hentet fra <https://www.magma.no/fou-innovasjon-og-produktivitetsvekst-i-havbruk>
- Barentswatch. 2017. «Fiskesykdommene PD og ILA». (Lest 01.12.2017).  
<https://www.barentswatch.no/artikler/fiskesykdommer/>
- Berge, Aslak. 2014. «Oppdretterne tror på mekanisk luseløsning». *Ilaks*. 04.12.2014. (Lest 01.12.2017).  
<http://ilaks.no/oppdretterne-tror-pa-mekanisk-luselosning/>
- Berge, Aslak. 2015a. «Firedoblet bruken av hydrogenperoksid». *Ilaks*. 12.02.2015. (Lest 01.12.2017).  
<http://ilaks.no/firedoblet-bruken-av-hydrogenperoksid/>
- Berge, Aslak. 2015b. «Den langsiktige verdien av det papiret vil bli null». *Ilaks*. 24.09.2015. (Lest 01.12.2017).  
<http://ilaks.no/den-langsiktige-verdien-av-det-papiret-vil-bli-null/>
- Berge, Aslak. 2017. «Vil føre laks til Danmark: Sekkingstad og Haugland-gruppen bygger slaktebåt». *Ilaks*. 22.06.2017. (Lest 01.12.2017). <http://ilaks.no/vil-fore-laks-til-danmark-sekkingstad-og-haugland-gruppen-bygger-slaktebat/>
- Berget, Åsmund. 2016. «Postsmolt - En nøkkel til videre vekst? – Økonomiske optimeringsmodeller for nye produksjonsregimer i norsk lakseoppdrett». Masteroppgave. Universitetet i Stavanger.
- Berthelsen, Katarina. 2017. «Marine Harvest deler erfaringer fra eksponert havbruk på Færøyene». *Kyst*. 24.09.2015 (Lest 01.12.2017). <https://kyst.no/nyheter/marine-harvest-deler-erfaringer-fra-eksponert-havbruk-pa-faeroeyene/>
- Bleie, Hogne og Skrudland, Aud. 2014. *Tap av Laksefisk i Sjø*. Rapport fra Mattilsynet.
- Bjørndal, Trond og Amalie Tusvik. 2017. *Land based farming of salmon: Economic analysis*. NTNU Ålesund.
- Bøhren, Øyvind og Per Ivar Gjærum. 2009. *Prosjektanalyse - Investering og finansiering*. Bergen: Fagbokforlaget.
- Direktoratet for Økonomisk styring. 2014. *Veileder i samfunnsøkonomisk analyse*. Hentet fra  
[http://www.dfo.no/Documents/FOA/publikasjoner/veiledere/Veileder\\_i\\_samfunns%e3%b8ko\\_nomiske\\_analyser\\_1409.pdf](http://www.dfo.no/Documents/FOA/publikasjoner/veiledere/Veileder_i_samfunns%e3%b8ko_nomiske_analyser_1409.pdf)
- Dalvin, Sussie og Ingrid Johnsen. 2015. Vanntemperatur avgjør lakselusen sin utvikling. *Havforskningsrapporten 2015*. Havforskningsinstituttet. 2015, (1).  
[https://www.imr.no/filarkiv/2015/03/vanntemperatur\\_avgor\\_lakselusen\\_sin\\_utvikling.pdf/nb-no](https://www.imr.no/filarkiv/2015/03/vanntemperatur_avgor_lakselusen_sin_utvikling.pdf/nb-no)
- Dam, Rúni. 2017. *Suksessoppskriften i den Færøyske oppdrettsnæringen – Hva er overførbart til Norge?* Presentasjon holdt av Rúni Dam ved Aqua Nor, Trondheim, 2017.
- Dagens Næringsliv. 2017. Sandberg-tildeling ga ekstragevinst på 200 millioner. 30.04.2017. (Lest 01.12.2017).  
<https://www.dn.no/nyheter/2017/04/30/1238/Fiske/sandberg-tildeling-ga-ekstragevinst-pa-200-millioner>
- DNB Markets. 2017. *Seafood – special report: Deep dive into land-based farming*. Forskningsrapport av DNB Markets, DNB Bank ASA. Publisert 01.02.2017.  
<http://dyneaquaculture.com/wp-content/uploads/2017/05/DNB-Markets-Deep-dive-into-land-based-farming.pdf>
- FishPool. Udatert. «Price history – weekly, monthly and annual average». (Lest 15.12.2017).
- Fiskeridirektoratet. 2015. «Tiltaksplan mot rømt oppdrettsfisk». (Lest 01.12.2017).  
<http://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Drift-og-tilsyn/Roemming/Tiltaksplan-mot-roemt-oppdrettsfisk>
- Fiskeridirektoratet. 2017a. «Tildelingsprosessen». (Lest 01.12.2017).  
<https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tildeling-og-tillatelse/Tildelingsprosessen>
- Fiskeridirektoratet. 2017b. «Biomasse». (Lest 01.12.2017).  
<http://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Drift-og-tilsyn/Biomasse>
- Fiskeridirektoratet. 2017c. «Nøkkeltall for norsk havbruksnæring». (Lest 01.12.2017).  
<http://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Statistikk-akvakultur/Statistiske-publikasjoner/Noekkel-tall-for-norsk-havbruksnaering>
- Fiskeridirektoratet. 2017d. «Utviklingstillatelse». (Lest 01.12.2017).  
<https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tildeling-og-tillatelse/Saertillatelse/Utviklingstillatelse>
- Fiskeridirektoratet. 2017e. «Oversikt over søknader om utviklingstillatelse». (Lest 01.12.2017).  
<https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tildeling-og-tillatelse/Saertillatelse/Utviklingstillatelse/Soekere-antall-og-biomasse>
- Fiskeridirektoratet. 2017f. «Lønnsomhetsundersøkelse for laks og regnbueørret: Matfiskproduksjon». (Lest



- 01.12.2017). <http://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Statistikk-akvakultur/Loennsomhetsundersokelse-for-laks-og-regnbueorret/Matfiskproduksjon-laks-og-regnbueorret>
- Fiskeri- og kystdepartementet. 2011. *Effektiv og bærekraftig arealbruk i havbruksnæringen – areal til begjær*. Rapport fra et ekspertutvalg oppnevnt av fiskeri- og kystdepartementet.
- Fixdal, J. mfl. 2012. *Fremtidens Havbruk*. Teknologirådet. Rapport 01 – 2012. <https://teknologiradet.no/wp-content/uploads/sites/19/2013/08/Rapport-Fremtidens-lakseoppdrett.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. “Salmo Salar”. Udatert. (Lest 01.12.2017). [http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Salmo\\_salar/en](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Salmo_salar/en)
- Food and Agriculture Organisation of the United Nations. 2009. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2008*. Udatert. (Lest 15.09.2017). [www.fao.org/FisheriesandAquacultureInformationandStatisticsService-04/05/2011](http://www.fao.org/FisheriesandAquacultureInformationandStatisticsService-04/05/2011)
- Framstad, Anders Park, 2017. «Markedet fokuserer på alt som kan gå galt på kort sikt». *E24*. 15.12.2015. (Lest 15.12.2017).
- Fredheim. Udatert. «Oppdrett i sjø - Deformasjon av not og reelt oppdrettsvolum». SINTEF Fiskeri og havbruk AS. Upublisert manuskript, 2016. (Lest 01.12.2017). [http://tekmar.no/wp-content/uploads/2016/08/Arne\\_Oppdrett-i-sj%C3%B8-%E2%80%93-deformasjon-av-not-og.pdf](http://tekmar.no/wp-content/uploads/2016/08/Arne_Oppdrett-i-sj%C3%B8-%E2%80%93-deformasjon-av-not-og.pdf)
- Gullestad, Peter, Sigurd Bjørge, Inger Eithun, Arne Ervik, Roar Gudding, Heidi Hansen, Roar Johansen, et al. 2011 - *Effektiv og bærekraftig arealbruk i havbruksnæringen – rapport fra et ekspertutvalg oppnevnt av fiskeri- og kystdepartementet*. [https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/fkd/vedlegg/rapporter/2011/effektiv\\_og\\_baerekraftig\\_a\\_realbruk\\_i\\_havbruksnaeringen.pdf](https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/fkd/vedlegg/rapporter/2011/effektiv_og_baerekraftig_a_realbruk_i_havbruksnaeringen.pdf)
- Havforskningsinstituttet. 2010. «Resistens hos lakselus». (Lest 01.12.2017). [http://www.imr.no/temasider/parasitter/lus/lakselus/resistens\\_hos\\_lakselus/nb-no](http://www.imr.no/temasider/parasitter/lus/lakselus/resistens_hos_lakselus/nb-no)
- Havforskningsinstituttet. 2016. «Atlantisk laks». (Lest 01.12.2017). [http://www.imr.no/temasider/fisk/laks/atlantisk\\_laks/nb-no](http://www.imr.no/temasider/fisk/laks/atlantisk_laks/nb-no)
- Havforskningsinstituttet. 2017. Lakseoppdrett. (Lest 01.12.2017). <http://www.imr.no/temasider/akvakultur/lakseoppdrett/nb-no>
- Hvas, Malthe, Ole Folkedal, David Solstorm, Tone Vågseth, Jan Olav Fosse, Lars Christian Gansel og Frode Oppedal. 2017. “Assessing swimming capacity and schooling behaviour in farmed Atlantic salmon *Salmo salar* with experimental push-cages”. *Aquaculture*. 2017. (Volume 473, 20 April 2017). Side 423-429. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848616308699>
- Hersoug, Bjørn, Otto Andreassen, Jahn Petter Johnsen og Roy Robertsen. 2014. *Hva begrenser tilgangen på sjøareal til havbruksnæringen?* Nofima. Rapport 37/2014. (Lest 01.12.2017). <https://nofima.no/wp-content/uploads/2014/10/samlerapport.pdf>
- Hjeltnes Brit, Geir Bornø, Mona Dverdal Jansen, Asle Haukaas, Cecilie S. Walde (red). 2017. *Fiskehelse rapporten 2016*, Veterinærinstituttet 2017.
- Holm, Jens Chr. 2014. *Laks på land - En utredning om egne tillatelser til landbasert matfiskoppdrett av laks, ørret og regnbueørret med bruk av sjøvann*. Utvalg opprettet fra Nærings- og fiskeridepartementet
- Ilaks. 2017. «Her er trafikklysene: To soner får rødt lys». (Lest 01.12.2017). <http://ilaks.no/her-er-trafikklysene-to-soner-far-rodt-lys/>
- Intrafish. 2015. «Termisk avlusing gir effekt på 75-100 prosent». (Lest 01.12.2017). <http://www.intrafish.no/nyheter/744926/termisk-avlusing-gir-effekt-paa-75-100-prosent>
- Iversen, Audun, Øystein Hermansen, Otto Andreassen, Ruth Kongsvik Brandvik, Anders Marthinussen og Ragnar Nystøyl. 2015. *Kostnadsdrivere i lakseoppdrett. Rapport 41/2015, Nofima, Tromsø*. Hentet fra [https://nofima-326d.kxcdn.com/wp-content/uploads/2015/08/Rapport\\_nr\\_41-2015\\_-\\_Kostnadsdrivere\\_i\\_lakseoppdrett.pdf](https://nofima-326d.kxcdn.com/wp-content/uploads/2015/08/Rapport_nr_41-2015_-_Kostnadsdrivere_i_lakseoppdrett.pdf)
- Iversen Audun. 2016. *Kostnadsutvikling for havbruk i Norge og i konkurrentland. Faglig sluttrapportering. Rapport 61/2016, Nofima, Tromsø*.
- Jansen, Peder. A., Anja. B. Kristoffersen, Hildegunn Viljugrein, Daniel Jimenez, Magne Aldrin og Audun Stien. 2012. *Sea lice as a density-dependent constraint to salmonid farming*. Proc. R. Soc. B 2012 -; DOI: 10.1098/rspb.2012.0084. Published 8 February 2012
- Jensen, Pål Mugaas. 2017. *Paul Aandahl spår ti år med prisfest*. Hentet fra <https://kyst.no/nyheter/paul-aandahl-spar-ti-ar-med-prisfest/>
- Johnsen, Jahn Petter. 2017. *Settefisk*. Hentet fra <https://snl.no/fiskeoppdrett>
- Karlsbakk, E. 2015. *Amøbisk gjellesykdom (AGD) – litt om den nye plagen*. Hentet fra [http://www.imr.no/filarkiv/2015/03/amobisk\\_gjellesykdom\\_agd.pdf/nb-no](http://www.imr.no/filarkiv/2015/03/amobisk_gjellesykdom_agd.pdf/nb-no)
- Klausen, Elise Indal. 2016. *Grønne konsesjoner. Et spill for galleriet eller løsningen på havbruksnæringens utfordringer?* Masteroppgave. Norges arktiske universitet.
- Kleppe, Lene, Eva Andersson, Kai Ove Skafnesmo, Rolf B. Edvarden, Per Gunnar Fjellidal, Birgitta Norberg og

- Jan Bogerd. 2017. "Sex steroid production associated with puberty is absent in germ cell-free salmon". *Scientific Reports* 7, (Article number: 12584). <https://www.nature.com/articles/s41598-017-12936-w>
- Korsøen, Øyvind Johan. 2011. "Biological criteria for submergence of physostome (Atlantic salmon) and physoclist (Atlantic cod) fish in sea-cages". Doktoravhandling. Universitetet i Bergen.
- KPMG. 2016. «Ennå tidlig for utstysbransjen». (Lest 01.12.2017). <https://home.kpmg.com/no/nb/home/nyheter-og-innsikt/2016/05/enna-tidlig-for-utstysbransjen.html>
- Nærings- og fiskeridirektoratet. 2017. «Strategi mot rømming fra akvakultur». (Lest 01.12.2017). <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/strategi-mot-rommingfra-akvakultur/id2547105/>
- Lusedata. «Lusedata». (Lest 01.12.2017). <http://lusedata.no/>
- Mattilsynet, 2017a. «Lakselus». (Lest 01.12.2017). [https://www.mattilsynet.no/fisk\\_og\\_akvakultur/fiskehelse/fiske\\_og\\_skjellsykdommer/lakselus/](https://www.mattilsynet.no/fisk_og_akvakultur/fiskehelse/fiske_og_skjellsykdommer/lakselus/)
- Mattilsynet, 2017b. «Fakta om lakselus og lakselusbekjempelse». (Lest 01.12.2017). [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)
- Mattilsynet. 2017c. «Pancreas disease (PD)». (Lest 01.12.2017). [https://www.mattilsynet.no/fisk\\_og\\_akvakultur/fiskehelse/fiske\\_og\\_skjellsykdommer/pd/](https://www.mattilsynet.no/fisk_og_akvakultur/fiskehelse/fiske_og_skjellsykdommer/pd/)
- Mattilsynet. 2017d. «Infeksiøs lakseanemi (ILA)». (Lest 01.12.2017). [https://www.mattilsynet.no/fisk\\_og\\_akvakultur/fiskehelse/fiske\\_og\\_skjellsykdommer/ila/](https://www.mattilsynet.no/fisk_og_akvakultur/fiskehelse/fiske_og_skjellsykdommer/ila/)
- Nifes. 2011. «Varmt hav gir avmagra laks». (Lest 01.12.2017). <https://www.nifes.no/varmt-hav-gir-avmagra-laks/>
- Nifes. 2014. «Kaldere sjø ga gladere laks». (Lest 01.12.2017). <https://www.nifes.no/kaldere-sjo-ga-gladere-laks/>
- Nodland, Elisabeth. 2017. «Kombinasjonen av oksygen og temperatur avgjør laksens appetitt». (Lest 01.12.2017). <http://ilaks.no/kombinasjonen-av-oksygen-og-temperatur-avgjor-laksens-appetitt/>
- Norsk sjømatråd. 2017. «Laks- og ørreteksporten tredoblet på 8 år – 65 milliarder i 2016». (Lest 01.12.2017). <http://www.mynewsdesk.com/no/seafood/pressreleases/laks-og-orreteksporten-tredoblet-paa-8-aar-65-milliarder-i-2016-1720079>
- Nystøyl, Ragnar. «Trender – Produksjon og Marked Atlantisk Laks – 2017». Upublisert manuskript, 3, mars 2017. Presentasjon holdt ved Havbrukskonferansen i Torshavn, 3, mars 2017. HTML-fil. <http://docplayer.me/47581499-Trender-produksjon-marked-atlantisk-laks.html>
- Nærings- og fiskeridepartementet. 2015. *Lov om akvakultur (akvakulturloven)*. <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2005-06-17-79>
- Olafsen, Trude mfl. 2012. *Verdiskapning basert på produktive hav i 2050*. NTVA/DKNVS rapport. (Lest 01.12.2017). [https://www.sintef.no/globalassets/upload/fiskeri\\_og\\_havbruk/publikasjoner/verdiskapning-basert-pa-produktive-hav-i-2050.pdf](https://www.sintef.no/globalassets/upload/fiskeri_og_havbruk/publikasjoner/verdiskapning-basert-pa-produktive-hav-i-2050.pdf)
- Oppedal, Frode, Tim Dempster og Lars Helge Stien. 2016b. *Snorkelmerd: Produksjonseffektivitet, adferd og velferd Sluttrapport FHF-Prosjekt 900884*. Rapport fra Havforskningen. Nr. 9-2016. (Lest 01.12.2017). [http://www.imr.no/filarkiv/2016/02/9-2016\\_snorkelmerd\\_sluttrapport\\_fhf.pdf\\_1/nb-no](http://www.imr.no/filarkiv/2016/02/9-2016_snorkelmerd_sluttrapport_fhf.pdf_1/nb-no)
- Oslo Børs. Udatert. "Nibor (Norwegian Interbank Offered Rate)". (Lest 01.12.2017). <https://www.oslobors.no/markedsaktivitet/#/list/nibor/quotelist>
- Pall, Miklos, Birgitta Norberg, Eva Andersson og Geir Lasse Taranger. 2006. «Kjønnsmodning hos atlantisk laks (*Salmo salar*)». *Kyst og havbruk*. 2006. (Lest 01.12.2017). [http://www.imr.no/filarkiv/2006/03/3.5.5\\_Kjønnsmodning\\_hos\\_atlantisk\\_laks\\_Salmo\\_salar\\_.pdf/nb-no](http://www.imr.no/filarkiv/2006/03/3.5.5_Kjønnsmodning_hos_atlantisk_laks_Salmo_salar_.pdf/nb-no)
- Patursson, Øystein. "Sustainable Aquaculture on Islands – the Example from the Faroe Islands". Upublisert Manuscript, 2010. PDF-fil. (Lest 01.12.2017). [http://fiskaaling.fo/upload/patursson\\_ae2010.pdf](http://fiskaaling.fo/upload/patursson_ae2010.pdf)
- Regjeringen. 2017. «Nytt forslag om laksevekst». (Lest 01.12.2017). <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/nytt-forslag-om-laksevekst/id2577815/>
- Remen, Mette. 2012. "The oxygen requirement of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in the on-growing phase in sea cages». Doktoravhandling. Universitetet i Bergen.
- Samuelsen, O.B. 2003. *Bruk av legemidler i oppdrettsnæringen, kap. 3.3.2 – Havbruksrapport 2003*. Hentet fra [https://www.imr.no/filarkiv/2003/12/3.3.2\\_Bruk\\_av\\_legemidler\\_i\\_oppdrettsnaeringe.pdf/nb-no](https://www.imr.no/filarkiv/2003/12/3.3.2_Bruk_av_legemidler_i_oppdrettsnaeringe.pdf/nb-no)
- Sintef. 2015. «Mindre lakselus med skjørt på merdene». (Lest 01.12.2017). <https://www.sintef.no/siste-nytt/mindre-lus-med-skjort-rundt-merdene/>
- Sintef. 2016. «SelfTreatment - Skånsom behandling av lakselus og AGD med bruk av avsaltet sjøvann i merd». (Lest 01.12.2017). <http://www.sintef.no/prosjekter/selftreatment/>
- Solstorm, Frida. 2017. «The effect of water currents on post-smolt Atlantic *Salmo salar* (L.) A welfare approach to exposed aquaculture". Doktoravhandling. Universitetet i Bergen.
- SSB. 2015. "Lønn for ansatte i fiskeoppdrett, 1. oktober 2014». (Lest 01.12.2017). <https://www.ssb.no/arbeid-og-lonn/statistikker/lonnfisko/aar>

- Stenwig, Henrik. 2017. «Mindre legemidler mot lakselus». (Lest 01.12.2017).  
<http://sjomatnorge.no/mindre-legemidler-mot-lakselus/>
- Svåsand Terje, Ellen Sofie Grefsrud, Ørjan Karlsen, Bjørn Olav Kvamme, Kevin Glover, Vivian Husa og Tore S. Kristiansen (red.). 2017. Risikorapport norsk fiskeoppdrett 2017. Fisken og havet, særnr. 2-2017.
- Tudorache, Christian, Robyn A. O'Keefe, og Tillmann J. Benfey. 2011. "Optimal swimming speeds reflect preferred swimming speeds of brook charr (*Salvelinus fontinalis* Mitchell, 1874)". *Fish Physiology and Biochemistry* 37(2): 307-315.
- Torp, O., Drevland, F. og Austeng, K. 2015. *Prosess for kostnadsestimering under usikkerhet*. Concept Temahefte Nr. 6 (Lest 01.12.2017).  
[https://www.ntnu.no/documents/1261860271/1262010610/Temahefte+-+Prosess+for+kostnadsestimering+under+usikkerhet+v6\\_TRYKK\\_2.pdf/2f0af938-88aa-41ad-9984-fbc77afb2334](https://www.ntnu.no/documents/1261860271/1262010610/Temahefte+-+Prosess+for+kostnadsestimering+under+usikkerhet+v6_TRYKK_2.pdf/2f0af938-88aa-41ad-9984-fbc77afb2334)
- Tveterås, Ragnar. 1993. «Økonomisk rente i norsk matfiskeoppdrett». Hovedfagsoppgave. Universitet i Bergen.
- Veterinærinstituttet. Udatert, a. «Pankreassykdom (PD)». (Lest 01.12.2017).  
<https://www.vetinst.no/sykdom-og-agens/pankreassykdom-pd>
- Veterinærinstituttet. Udatert, b. «Infeksiøs lakseanemi». (Lest 01.12.2017).  
<https://www.vetinst.no/sykdom-og-agens/infeksios-lakseanemi-ila>
- Veterinærinstituttet. Udatert, c. «Amøbegjellesykdom». (Lest 01.12.2017).  
<https://www.vetinst.no/sykdom-og-agens/amobegjellesykdom>
- Veterinærinstituttet. 2017. «Laks og lus: Fisketetthet avgjør smittepress». (Lest 01.12.2017).  
<https://www.vetinst.no/nyheter/arkiv/laks-og-lus-fisketetthet-avgjor-smittepress>
- Vike, Siri. 2014. "Infectious salmon anaemia in Atlantic salmon, *Salmo salmar* L. in Chile – transmission routes and prevention». Doktoravhandling. Universitetet i Bergen.
- Ytreberg, Rune. 2017a. «Tidenes pengefest i laksenæringen». *Dagens Næringsliv*. 27.08.2017. (Lest 01.12.2017).  
<https://www.dn.no/nyheter/2017/08/27/1755/Havbruk/tidenes-pengefest-i-laksenaeringen>
- Ytreberg, Rune. 2017b. «Parasitten ingen kan knekke». *Dagens Næringsliv*. 17.08.2017. (Lest 01.12.2017).  
<https://www.dn.no/nyheter/2017/08/17/1249/Havbruk/parasitten-ingen-kan-knekke>
- Øglend, Atle. 2010. «An analysis of commodity price dynamics with focus on the price of salmon». Doktoravhandling. Universitetet i Stavanger.

## **Appendikser**

Appendiks A - CAPEX - budsjett

Appendiks B - OPEX – budsjett

Appendiks C - Tabell, resultater tilvekstmodeller fra “AquaSim” og Tvetervås, 1993.

Appendiks D – Fôrforbruk fra Skrettings «AquaSim»

# APPENDIKS A

## INVESTERINGSBUDSJETT

System	Beskrivelse	Kostnadsestimat	-	+	Lavt	Høyt	Levetid	Årlig Avskrivning	Kommentar - usikkerhet
<b>Kjøp av rigg, flytting til Norge, klargjøring</b>									
A0	Jackup rigg	130 000 000	30%	30%	91 000 000	169 000 000	15	8 666 667	Tilbud: 12 - 18 millioner USD. Usikkerhet i valuta og oljepris
A0.1	Hente rigg til verft i Norge (antatt fra Danmark)	8 000 000	40%	40%	4 800 000	11 200 000	15	533 333	Grov estimat fra erfaren person. Noe konservativt. Værusikkerhet.
A0.2	Fjerning av boreenhet	3 500 000	30%	50%	2 450 000	5 250 000	15	233 333	Grov estimat fra erfaren person
A0.3	Fjerning av "Texas deck"	1 000 000	30%	50%	700 000	1 500 000	15	66 667	Grov estimat fra erfaren person
<b>Modifisering og utrustning av rigg</b>									
A1	Kontroll og -monitoreringsystemer	5 000 000	30%	30%	3 500 000	6 500 000	15	333 333	Grov estimat fra erfaren person
A2	Fiskeveiferd system	2 000 000	30%	30%	1 400 000	2 600 000	15	133 333	Basert på samtaler med Skretting
A3	Driftssystem	1 500 000	30%	30%	1 050 000	1 950 000	15	100 000	Basert på samtaler med Akva Group
A4	Fiskepumpe enhet / Telling , sorterings enhet	2 000 000	30%	30%	1 400 000	2 600 000	15	133 333	Basert på samtaler med Akva Group / Skretting.
A5	"Texas deck" system	3 000 000	30%	30%	2 100 000	3 900 000	15	200 000	Grov estimat fra erfaren person
A6	Føringsmodul	30 000 000	30%	30%	21 000 000	39 000 000	8	3 750 000	Basert på samtaler med ulike tilbydere
A7	Mekanisk avlulings enhet ?	30 000 000	40%	50%	18 000 000	45 000 000	8	3 750 000	Basert på samtaler med ulike tilbydere. Meget store prisforskjeller.
A8	Vannbehandling og gjellebehandling	8 000 000	40%	40%	4 800 000	11 200 000	8	1 000 000	Inkluderer flytende behandlingsenhet
A9	Servicebåt	2 000 000	30%	30%	1 400 000	2 600 000	15	133 333	Basert på samtaler med ulike tilbydere
A10	Line hang-off systemer	1 500 000	30%	30%	1 050 000	1 950 000	15	100 000	Grov estimat fra erfaren person
A11	"Texas deck" modifikasjoner	2 000 000	30%	30%	1 400 000	2 600 000	15	133 333	Grov estimat fra erfaren person
A12	"Drill skid" modifikasjoner	500 000	30%	30%	350 000	650 000	15	33 333	Grov estimat fra erfaren person
A13	Før - innlastning og lagring	5 000 000	30%	30%	3 500 000	6 500 000	8	625 000	Grov estimat fra erfaren person. Innspill fra Skretting / Akva Group
A14	Personell bro / merd - rigg	3 000 000	30%	30%	2 100 000	3 900 000	8	375 000	Grov estimat fra erfaren person
A15	Støttesystem rigg	5 000 000	30%	30%	3 500 000	6 500 000	15	333 333	Grov estimat fra erfaren person
A16	Gangbroer / leidere	3 000 000	30%	30%	2 100 000	3 900 000	15	200 000	Grov estimat fra erfaren person
A17	Pumper og rørsystem	2 000 000	30%	30%	1 400 000	2 600 000	10	200 000	Grov estimat fra erfaren person
A18	Tanker og kar m.m	1 000 000	30%	30%	700 000	1 300 000	15	66 667	Grov estimat fra erfaren person
A19	Osmo enhet	2 000 000	30%	30%	1 400 000	2 600 000	10	200 000	Basert på samtaler med ulike tilbydere
A20	Rensessystem / miljø	500 000	30%	30%	350 000	650 000	10	50 000	Basert på samtaler med ulike tilbydere
A21	Vaksinasjons- & labmodul	5 000 000	30%	30%	3 500 000	6 500 000	15	333 333	Basert på samtaler med ulike tilbydere
A22	"Auxiliaries"	1 000 000	30%	30%	700 000	1 300 000	15	66 667	Grov estimat fra erfaren person
A23	Vinsjer	400 000	30%	30%	280 000	520 000	10	40 000	Grov estimat fra erfaren person
A24	Føringsløsning	12 000 000	30%	30%	8 400 000	15 600 000	15	800 000	Grov estimat fra erfaren person, inkluderer F&U
<b>B</b>									
<b>Hav interface system</b>									
B1	Føringslinjer og koplinger	5 000 000	30%	30%	3 500 000	6 500 000	10	500 000	Basert på samtaler med ulike tilbydere
B2	Elektriske linjer og koplinger	2 000 000	30%	30%	1 400 000	2 600 000	10	200 000	Grov estimat fra erfaren person
B3	Hydrauliske linjer og koplinger	2 000 000	30%	30%	1 400 000	2 600 000	10	200 000	Grov estimat fra erfaren person
B4	Dødfisk linjer og pumpeenheter	1 000 000	30%	30%	700 000	1 300 000	10	100 000	Basert på samtaler med ulike tilbydere
B5	Inspeksjonsverktøy	500 000	30%	30%	350 000	650 000	10	50 000	Basert på samtaler med ulike tilbydere
B6	Renselinjer og koplinger	200 000	30%	30%	140 000	260 000	10	20 000	Grov estimat fra erfaren person
B7	Notrens verktøy	500 000	30%	30%	350 000	650 000	10	50 000	Basert på samtaler med ulike tilbydere
B8	Interface pod unit merd - rigg	600 000	30%	30%	420 000	780 000	10	60 000	Grov estimat fra erfaren person
<b>C</b>									
<b>Merdssystemer</b>									
<b>Stykkpris 1 merd</b>									
C1	Merd er ekskludert not	3 000 000	20%	20%	2 400 000	3 600 000	15	200 000	Grov estimat gitt fra AkvaGroup for flytekrage + not
C2	Not	2 000 000	20%	20%	1 600 000	2 400 000	5	400 000	Grov estimat gitt fra AkvaGroup for flytekrage + not
C3	Føringsenhet for merd	500 000	30%	30%	350 000	650 000	5	100 000	Basert på samtaler med Akva Group
C5	Analyseenheter	1 500 000	30%	30%	1 050 000	1 950 000	5	300 000	Basert på samtaler med Akva Group
C6	Belysning, sensorer, kamera, dødfisksamler etc	500 000	30%	30%	350 000	650 000	5	100 000	Basert på samtaler med Akva Group
<b>Utstyret under er totalt for alle merder</b>									
C7	Photo fish / software	1 000 000	30%	30%	700 000	1 300 000	5	200 000	Basert på samtaler med Akva Group
C8	2 stk Reservenoter	4 000 000					5	800 000	Ref. C2
C9	Montasje av fiskenet	500 000	30%	30%	350 000	650 000	5	100 000	Grov estimat fra erfaren person
C10	Annet reseverdeler	1 000 000	30%	30%	700 000	1 300 000	5	200 000	Antagelse
<b>Forankring systemer</b>									
D1	Anker system	50 000 000	30%	30%	35 000 000	65 000 000	15	3 333 333	Basert på tilbud, men uten detaljløsning
D2	Forankring	10 000 000	30%	30%	7 000 000	13 000 000	15	666 667	Basert på tilbud, men uten detaljløsning
D3	Winch / sylinder nedtrekk av merd	15 000 000	30%	30%	10 500 000	19 500 000	15	1 000 000	Basert på tilbud, men uten detaljløsning
D4	Installasjon og konstruksjonsarbeid	5 000 000	30%	30%	3 500 000	6 500 000	15	333 333	Basert på tilbud, men uten detaljløsning
<b>Installasjon, uttesting transportinretninger</b>									
E1	Installasjon av Merd systemer	10 000 000	40%	30%	6 000 000	13 000 000	8	1 250 000	Grov estimat fra erfaren person. Noe konservativt. Værusikkerhet.
E2	Installasjon av fleksible slangesystemer	1 000 000	30%	30%	700 000	4 000 000	5	200 000	Grov estimat fra erfaren person
E3	Testing av systemer- system pakke mottak	2 500 000	30%	30%	1 750 000	3 250 000	5	500 000	Grov estimat fra erfaren person
E4	Interface testing ( mekanisk/ el / pneum/hydr )	2 000 000	30%	30%	1 400 000	2 600 000	5	400 000	Grov estimat fra erfaren person
E5	FAT testing	3 000 000	30%	50%	2 100 000	4 500 000	5	600 000	Grov estimat fra erfaren person
E6	Utleip til lokasjon	5 000 000	40%	40%	3 000 000	7 000 000	5	1 000 000	Grov estimat fra erfaren person. Noe konservativt. Værusikkerhet
E7	Valideringstest på lokasjon	1 500 000	30%	30%	1 050 000	1 950 000	5	300 000	Grov estimat fra erfaren person
E8	Operasjonell pre-testing ( 3mnd )	4 500 000	30%	50%	3 150 000	6 750 000	5	900 000	Grov estimat fra erfaren person
E9	Operasjonell start up - Smolt testing	2 500 000	30%	30%	1 750 000	3 250 000	5	500 000	Grov estimat fra erfaren person
E10	Føringskassetter	8 000 000	30%	30%	5 600 000	10 400 000	15	533 333	Grov estimat fra erfaren person
<b>Desain / engineering / testing</b>									
F1	Konseptengineering	4 000 000	30%	30%	2 800 000	5 200 000	15	266 667	Grov estimat fra erfaren person
F2	Detaljengineering	6 000 000	30%	50%	4 200 000	9 000 000	15	400 000	Grov estimat fra erfaren person
F3	Testing / modeller	3 000 000	30%	30%	2 100 000	3 900 000	15	200 000	Grov estimat fra erfaren person
F4	Testing i basseng	3 000 000	30%	50%	2 100 000	4 500 000	15	200 000	Grov estimat fra erfaren person
F5	Fullskalatesting	4 000 000	30%	30%	2 800 000	5 200 000	15	266 667	Grov estimat fra erfaren person
F6	Sertifisering 3. part	2 500 000	30%	30%	1 750 000	3 250 000	15	166 667	Grov estimat fra erfaren person
F7	Patentbeskyttelser	1 500 000	30%	30%	1 050 000	1 950 000	15	100 000	Grov estimat fra erfaren person
F8	Pre- engineering GAP analyser	8 000 000	30%	30%	5 600 000	10 400 000	15	533 333	Grov estimat fra erfaren person
F9	3D-modeller i 3D max	2 000 000	30%	30%	1 400 000	2 800 000	15	146 667	Grov estimat fra erfaren person
F10	Støtte fra UIS	5 000 000	30%	30%	3 500 000	6 500 000	15	333 333	Grov estimat fra erfaren person
<b>Kommersialisering</b>									
G1	Admin funksjoner - Prosjekt	3 000 000	30%	30%	2 100 000	3 900 000	15	200 000	Grov estimat fra erfaren person
G2	Business Case etablering	3 000 000	30%	30%	2 100 000	3 900 000	15	200 000	Grov estimat fra erfaren person
G3	Salg og marked / strategi	3 000 000	30%	30%	2 100 000	3 900 000	15	200 000	Grov estimat fra erfaren person
G4	Reiser m.m	2 500 000	30%	30%	1 750 000	3 250 000	15	166 667	Grov estimat fra erfaren person
G5	Admin prosjekt capex kost 3 FTE	4 000 000	30%	30%	2 800 000	5 200 000	15	266 667	Grov estimat fra erfaren person
<b>Informasjonsinnhenting</b>									
H1	Geodata	300 000	30%	30%	210 000	390 000	15	20 000	Grov estimat fra erfaren person
H2	Globale strukturanalyser	700 000	30%	30%	490 000	910 000	15	46 667	Grov estimat fra erfaren person
H3	Søknadsprosess lokasjon - konsekvensutredning	2 000 000	30%	30%	1 400 000	2 600 000	15	133 333	Grov estimat fra erfaren person
<b>SUM (CAPEX) - EKS. 1 STK MERD (C1-C6)</b>		<b>462 900 000</b>			<b>315 130 000</b>	<b>611 570 000</b>	<b>12</b>	<b>41 333 333</b>	

## APPENDIKS B

### OPERASJONSKOSTNADER - OPEX

Beskrivelse	Årlig Kost	Kommentar	Delsum
<b>Drift og vedlikehold rigg</b>			
Drift av riggsystemer	2 000 000		
Dieselforbruk	5 200 000	60l/t	
Forsyninger	3 000 000		
Servicebåt forbruk av diesel og vedlikehold	1 000 000		
Forsyningsfartøy	1 000 000		
Vedlikehold rigg og merdsystem	10 000 000	Årlig avsetning	22 200 000
<b>Personell</b>			
2 Teknisk 1 - Fiskehelse	1 260 000		
2 Teknisk 2 - Merdekspert	1 260 000		
2 Teknisk 3 - Styring / automasjon	1 260 000		
2 Teknisk 4 - logistikk	1 260 000		
2 Maritim 1 - Forpleining/ sikkerhet	1 260 000		
2 Maritim 2 - Innretningsanavarlig	1 600 000		
2 Maritim 3 - Kranfører / mekaniker	1 260 000		
2 Administrasjon	2 000 000		11 160 000
Forsikring av biomasse og rigg	4 000 000		4 000 000
<b>Sum Opex</b>	<b>37 360 000</b>		
Sum Opex ex personell	26 200 000		

## APPENDIKS C

### Tilvekstmodeller

Vekt etter 10 måneders produksjonssyklus ved utsett i angitt måned. Modell: Skretting

Postsmoltstørrelse	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Des	Gjennomsnitt	Gjennomsnitt mar - sep	Gjennomsnitt apr - juni
250	3155	3003	3447	3514	3449	3260	3109	3056	3104	3071	2994	3035	3183	3233	3333
400	3734	3897	4056	4131	4059	3852	3684	3629	3686	3650	3563	3604	3795	3859	3932
700	4616	4800	4980	5068	4991	4759	4569	4513	4583	4540	4435	4474	4694	4764	4847

Vekt etter 10 måneders produksjonssyklus ved utsett i angitt måned. Modell: Tvetervås

Postsmoltstørrelse	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Des	Gjennomsnitt	Gjennomsnitt mar - sep	Gjennomsnitt apr - juni
250	3311	3550	3739	3848	3832	3590	3282	3001	2722	2671	2841	3067	3288	3431	3638
400	4034	4304	4516	4638	4618	4342	3992	3672	3358	3303	3499	3758	4003	4164	4398
700	5200	5200	5200	5200	5200	5200	5178	4800	4431	4368	4604	4912	4958	5068	5195

Produksjonstid i måneder, med utsett i angitt måned. Slaktevekt 5000g. Modell Skretting

Postsmoltstørrelse	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Des	Gjennomsnitt	Gjennomsnitt mar - sep	Gjennomsnitt apr - juni
700	10,7	10,4	10,2	10	10,2	10,7	10,9	10,9	10,8	11	11	10,9	10,6	10,5	10,5

## APPENDIKS D

### Fôrforbruk, basert på Skrettings "AquaSim"

Brukt i analysemodell <sup>1</sup>	1,05	1,05	1,05
Gjennomsnitt apr - sep	0,98	0,98	0,99
Utsett måned	250 g	400 g	700 g
Mars	0,988	0,994	0,997
April	0,999	1,005	1,009
Mai	1,000	1,005	1,008
Juni	0,989	0,990	0,990
Juli	0,976	0,947	0,972
August	0,969	0,970	0,966
September	0,972	0,974	0,972
Slaktevekt modell "Skretting". Gjennomsnitt april - juni <sup>2</sup>	3333	3932	4847
Slaktevekt, modell "Tveterås". Gjennomsnitt april - juni	3638	4398	5195
Gjennomsnitt modeller	3486	4165	5021
Slaktevekt brukt i analyse <sup>3</sup>	3400	4200	5000

#### Kommentarer:

1. Det er benyttet en noe lengre vekst i analysene enn gjennomsnittet for tilvekstmodellene (se punkt 3). Det er derfor antatt et påslag i fôrforbruk på 0,05. Fôrfaktorene er å tilnærmet til nærmeste 0,05.
2. Modell "Tveterås" antar at laksen stopper å vokse når den blir kjønnsmoden ved 5200 gram. Ifølge Kristoffer Tveit, Skretting er ikke lenger kjønnsmoden laks et industriproblem. Restriksjonen er fjernet i modellen, og hvor laksen vokser over 5000 gram er slaktevekt skjønsmessig vurdert til maksimum 5200 gram. Uten restriksjonen, ville laksen i disse tilfellene vokst seg enda større.
3. Det er antatt at en tilstreber å få mest mulig utsett av smolt om våren, og at en derfor klarer å oppnå en slaktevekt som ligger nærmere vårutsett enn høstutsett, eller høyere enn gjennomsnittsverdiene i tilvekst for april - september.