

WORKING PAPER SERIES

No. 1/2018



**Økonomisk analyse av alternative produksjonsformer innan
oppdrett**

Trond Bjørndal, Institutt for internasjonal forretningsdrift, NTNU Ålesund og SNF ved NHH, Bergen

Amalie Tusvik, Institutt for internasjonal forretningsdrift, NTNU Ålesund

Department of International Business, NTNU in Ålesund, 6025 Ålesund, Norway

Forord

Denne rapporten er del av FHF prosjekt 901441 *Analyse av landbasert oppdrett av laks: produksjon, økonomi og risiko* som har vore gjennomført av NTNU Ålesund i samarbeid med SINTEF Ocean og SNF.

Prosjektet omfattar analyser av moglege konsekvensar av å flytte eksisterande og framtidig produksjon av laks til lukka landbaserte system, samt ved utbygging av kapasitet for storsmoltproduksjon til påvekst i sjø. Resultata skal gje eit fagleg grunnlag til debatten om oppdrett i lukka system og framtidig utvikling av næringa. Denne rapporten presenterer økonomiske analysar. Som del av same prosjekt, gjennomførte SINTEF Ocean tekniske og biologiske analysar. (SINTEF rapport OC2018 A-033).

Det har vore nedsett ei referansegruppe for prosjektet. Medlemer har vore Bendik Fyhn Terjesen (Cermaq Group AS), Per Gunnar Kvenseth (Smøla klekkeri og lakseavl), Trond Rosten (Marine Harvest), Ole Gabriel Kverneland (AKVA Group), Bjørn Myrseth (Vitamar), Bjørn Finnøy (Artec Aqua), Harald Sveier (Lerøy SFG), Eirik Welde (Nordlaks) og Stein Halstensen (Grieg Seafood), med Kjell Maroni som representant for FHF. Me vil takke alle medlemene i referansegruppa for deira interesse for og positive medverknad til prosjektet. I tillegg har det vore kontakt med mange andre representantar for næringa som har kome med viktige innspel undervegs. Ein rettar stor takk ogso til desse.

Me vonar mange lesarar vil finne rapporten interessant!

28. september 2018

Trond Bjørndal

Amalie Tusvik

Påvekstanalysen er delt inn i to delar, utan og deretter med lusekostnader, der ein tek utgangspunkt i ein bedriftsstruktur og produksjonsplan som er lik ved påvekstsscenario for både 100-grams, 500-grams og 1 000-grams settefisk. Når det gjeld bruk av ulike innsatsfaktorar er det verdt å merke seg skilnader mellom alternative produksjonsmodellar. Skilnaden i lengda på produksjonssyklusen inneber at stor settefisk kan gje høve til produksjon av eit visst kvantum fisk med mindre beslag på areal/lokalitetar samanlikna med liten settefisk. Dette viser seg tydeleg i produksjonskvantum per lokalitet som varierar frå 1 783,9 tonn ved 100-grams settefisk på åtte lokalitetar, samanlikna med 3 161,4 tonn per lokalitet over fem lokalitetar (her må ein korrigere for utsettsstorleik dersom fokus er på tilveksten og eventuelt utsleppet som skjer ved lokaliteten).

Den andre delen av kostnadsanalysen av påvekst i sjø tek utgangspunkt i same investeringar og produksjonsplan, men med introduksjon av behandlingsskostnader, svinn og veksttap ved ulike avlusingsscenario. For påvekst av 100-grams smolt er produksjonskostnaden for rund fisk estimert til kr 28,00/kg under det ein føreset som «normale/friske tilhøve» og inga avlusing. Ved fem lusebehandlingar aukar dette til kr 31,30, og ved 10 behandlingar til kr 33,80 ved ein avlusingsspris på kr 0,50 per kg biomasse til behandling. Ved bruk av 500 g settefisk, er produksjonskostnad utan avlusing kr 28,90/kg, noko som aukar til kr 30,70 ved tre avlusingar. For 1 000 g settefisk er produksjonskostnad utan avlusing kr 30,80/kg, noko som aukar til kr 32,40 ved to avlusingar.

I tillegg til verknad på produksjonskostnaden vert det gjort ei drøfting av potensielt inntektstap på bedriftsnivå ved nedklassing av kvalitet og pris som fylgje av røff handsaming og redusert helsetilstand for den behandla fisken. Ved bruk av 100 g settefisk er potensielt tap ved nedklassing estimert i storleiksorden 4 - 12,8 mill. kr ved fem avlusingar og 7,3 - 17,5 mill kr ved 10 avlusingar. Dette er eit stort inntektstap.

Prisen på lusebehandlingar har og ein viktig innverknad på produksjonskostnadene. Dersom denne prisen aukar frå kr 0,50 til kr 1,00 per kg, vil produksjonskostnaden per kg rund fisk for påvekst av 100 g smolt auke frå kr 33,80 til kr 36,90 ved 10 behandlingar, dvs ein auke på knapt 10%. Dette illustrerer at både talet på behandlingar og kostnad per behandling har stor innverknad på kostnadene.

Lukka eller semi-lukka oppdrettsanlegg er definert ved at dei har ei tett eller bortimot tett fysisk barriere mellom vassmiljøet til fisken og det omliggjande miljøet. Å skilje det ytre miljøet frå det interne i oppdrettsanlegget vert i aukande grad sett som ein fordel for laksevelferd, fiskehelse og oppdrettsøkonomi parallelt med aukande fiskehelse- og luseproblem i opne merdar.

I analysen av oppdrett i lukka anlegg ser ein på påvekst av 100-grams settefisk i lukka anlegg heilt fram til slakt, samt på ei todelt påvekstfase i lukka og opne merdar. Resultata av kostnadsanalysen for lukka oppdrett tyder på at lukka produksjon gjev høgare produksjonskostnad enn tradisjonelt oppdrett som fylgje av store investeringar og auka driftskostnader. Med dei føresetnadene om investeringar som vert lagt til grunn for full produksjonssyklus i lukka anlegg finn ein at det vil vere vanskeleg å forsvare skilnaden i investeringsbeløp, med mindre ein opplever heilt spesielt krevjande utfordringar som ein kan adressere ved overgang til lukka produksjon. For lukka merdanlegg med full syklus kjem ein fram til ein produksjonskostnad på kr. 37,90/kg. Med utsett av 100-grams settefisk til ei lukka eining og vidare påvekst fram til slakt vert syklusen for lang og snittvekta/snitt-tettleik per eining for låg til at dette er økonomisk. Ein vil difor truleg vurdere andre produksjonsmodellar ved bruk av denne typen anlegg – anten med utsett av større settefisk eller eventuelt som mellomstasjon for produksjon av postsmolt til vidare påvekst opne merdar. I eit scenario som er analysert med kombinert lukka og open produksjon finn ein at produksjonskostnaden vert kr 32,60/kg som er monaleg lågare enn for full syklus i lukka anlegg (også her er kapasitetsutnytting eit problem, ettersom anlegget ikkje har fisk mykje av tida).

Innhald

KAPITTEL 0. INTRODUKSJON TIL ØKONOMISKE ANALYSAR	3
KAPITTEL 1. ØKONOMISK ANALYSE AV LANDBASERT OPPDRETT AV LAKS.....	5
1. Innleiing.....	5
2. Landbasert oppdrettsteknologi.....	6
3. Økonomisk analyse: Landbasert oppdrett av matfisk.....	6
3.1 Investering.....	6
3.2 Produksjonsplan.....	9
3.3 Produksjonskostnader	15
3.4 Sensitivitetsanalyser – endring i variablar enkeltvis.....	18
3.5 Teknologisk og biologisk risiko i RAS – omsyn, kontroll og førebygging.....	26
4. Oppsummering – matfisk på land	37
KAPITTEL 2. ØKONOMISK ANALYSE AV PRODUKSJON AV STORSMOLT	38
1. Innleiing.....	38
2. Investering – 3 000-tonns landbasert settefiskanlegg	38
2.1 500-grams settefisk	39
2.2 Produksjonskostnad	41
2.3 Sensitivitetsanalyser – kostnad per 500-grams settefisk.....	44
3. 1 000-grams settefisk	50
3.1 Produksjonsplan.....	50
3.2 Produksjonskostnad – 1 000-grams settefisk.....	51
3.3 Sensitivitetsanalyser – kostnad per 1 000-grams settefisk.....	52
4. Oppsummering – stor settefisk på land.....	57
KAPITTEL 3. ØKONOMISK ANALYSE AV PÅVEKST I OPNE MERDANLEGG.....	58
1. Innleiing.....	58
2. Føresetnader for analysen	58
2.1 Produksjonsplan.....	59
2.2 Investering i sjøbasert påvekstanlegg	59
2.3 Produksjonskostnader	60
2.4 Lusekostnader	61
3. Påvekst av 500-grams settefisk.....	61
3.1 Produksjonsplan.....	61
3.2 Investeringar	68
3.3 Produksjonskostnader	68
4. Påvekst av 1 000-grams settefisk.....	69

KAPITTEL 0. INTRODUKSJON TIL ØKONOMISKE ANALYSAR

Dei økonomiske analysene i denne delen av rapporten vil ta føre seg fleire alternative produksjonsmodellar for oppdrett av laks, med fokus på produksjonskostnader. Analysene vil vidareføre enkelte av dei tekniske og biologiske problemstillingane som var tema for Sintef rapport OC2018 A-033¹, heretter referert til som Sintef rapport, og i tillegg ta opp nye problemstillingar. Ein vil sjå på ulike produksjonsmodellar og presentere Økonomisk analyse av landbasert oppdrett av laks (kap 1), Økonomisk analyse av produksjon av storsmolt (kap 2), Økonomisk analyse av påvekst i opne merdanlegg (kap 3) og Økonomisk analyse av påvekst i lukka sjøanlegg (kap 4). Resultata vert oppsummert i eit sluttkapittel (kap 5).

For dei ulike produksjonssystema vil ein i hovudsak leggje til grunn same analysemetode. Ein vil typisk sjå på naudsynte investeringar, deretter etablere ein produksjonsplan, og so analysere produksjonskostnad. I analysen vil ein leggje likevektsproduksjon til grunn, dvs. den forventta situasjonen der ei bedrift har kome i full drift og opererer utan særskilde uhell. Denne analysen er tufta på Asche og Bjørndal (2011). Hovudføremålet med dette er å analysere om eit produksjonssystem vil kunne vere konkurransedyktig i marknaden etter at det har kome i «normal» drift.

Separate oversikter over investeringsbeløp, produksjonsplan og driftskostnader for kvar av dei ulike produksjonsmodellane skal kunne hjelpe lesaren til å samanlikne og vurdere dei ulike faktorane sine bidrag til produksjonskostnader og kostnadsstruktur. Investeringar i eit visst oppdrettsvolum vil variere avhengig av produksjonsteknologi, utstyrsnivå og lokalisering, mm. Vidare vil eit gjeve oppdrettsvolum ved ulike produksjonsmetodar og utstyrsnivå kunne gje grunnlag for ulik produksjon per kubikk, grunna ulike biologiske tilhøve som vasskvalitet, temperatur, straumforhold, oksygen- og lystilhøve, med meir (inkludert operasjonelle faktorar, som god drift av anlegget). Dess større investeringa er per kubikk vassvolum, dess meir avgjerande vil det vere å ha ei god kapasitetsutnytting i form av produksjon per kubikk. Til slutt vil ein vente å ha ulike driftskostnader per år ved dei ulike produksjonsformene. I sum vil alle desse tre områda vere viktige suksessfaktorar for ein konkurransedyktig kostnadsstruktur – med balanse mellom investeringsnivå, kapasitetsutnytting og driftskostnader.

Til analysen av både opne (kapittel 3) og lukka (kapittel 4) anlegg er det definert eit «basis-oppsett» for eit sett av føresetnader og ein selskapsstruktur som kan brukast i varierte driftsscenario, både for påvekst i opne og lukka merdar. Tanken bak å presentere eit slikt utgangspunkt er at det kan illustrere på ein handfast måte korleis settefiskstorleiken og teknologiske konsept i seg sjølv har betydning for selskapet – når det gjeld kostnadsstruktur, tilpassing av lokalitetar, investeringar og utfordringar med MTB («alt anna likt»). Det uheldige ved valet av faste føresetnader er at ein gjerne eigentleg ikkje vil gjere ting heilt likt under ulike driftsscenario, slik som å nytte same tal utsett per år og same tal fisk i kvart utsett ved 100-grams settefisk som ved bruk av 1 000-grams settefisk, eller likt svinn og vekst i lukka og opne anlegg.

Utover produksjonskostnadene er det naturlegvis ogso andre økonomiske problemstillingar av interesse. Her skal ein nemne berre to. Den eine er investeringsanalyse, som ein har sett bort frå her både av tidsomsyn og grunna dei produksjonssystema ein ser på. Medan det er rimeleg rett fram å sjå på investeringsanalyse for fullskala lakseproduksjon på land (kapittel 1), er det meir krevande å gjere det for produksjon av storsmolt og påvekst i opne merdar. Dette fordi dei to sistnemnde aktivitetane som regel vert gjennomført i integrerte bedrifter, som gjer det mindre naturleg med separate investeringsanalysar for dei to

¹ Sjå Hilmarsen, Ø., Holte, E.A., Brendeløkken, H., Høyli, R. og Hognes, E.S. (2018). Konsekvensanalyse av landbasert oppdrett av laks – matfisk og post-smolt. SINTEF rapport OC2018 A-033. <http://hdl.handle.net/11250/2564532>

KAPITTEL 1. ØKONOMISK ANALYSE AV LANDBASERT OPPDRETT AV LAKS

1. Innleiing

I dette kapitlet vil ein gjennomføre økonomiske analysar av landbasert lakseoppdrett i Noreg. Målet med analysen er å gje grunnlag for å vurdere rolla denne teknologien kan ha for den norske oppdrettsnæringa si vekst og utvikling framover.

Sidan Nærings- og fiskeridepartementet fastsette nye tildelingsreglar for landbasert akvakultur med laks, aure og regnbogeaure 1. juni 2016 har ein sett ein straum av søknader og prosjektskisser for etablering av lakseoppdrett på land i Noreg. Etter at endringane i forskriftene² vart fastsett, er det opna for fortlaupande og vederlagsfri tildeling av løyve til landbasert oppdrett med laks, aure og regnbogeaure. Ettersom det har vore utlyst svært få nye løyve til tradisjonell merdbasert oppdrett i sjø dei siste åra, viser det seg at interessa for alternative produksjonsformer – inkludert landbasert – er stor. Frå fastsettinga av ny tildelingsforskrift i juni 2016 og fram til inngangen av mars 2018 var det sju bedrifter som hadde fått løyve til å etablere landbasert matfiskoppdrett av laksefisk i Noreg (sjå Sintef rapport, tabell 1). I tillegg er fleire søknader under handsaming i fleire fylke.

Sjølv om ein har lite erfaring med matfiskoppdrett av laks i landbaserte anlegg, er bruk av landbasert produksjonsteknologi ikkje ukjent for næringa. Stamfisk, klekkeri og smoltproduksjon har vore drive i landbaserte anlegg i mange tiår. Både teknologisk utvikling og læring i skjeringspunktet mellom biologi og teknologi er truleg ein viktig del av grunnlaget for den aukande interessa ein no ser for landbasert lakseoppdrett. Avgrensa høve til ekspansjon av tradisjonelt matfiskoppdrett kombinert med reguleringar, konsesjonsfritak og god lønsemd dei seinare åra har gjeve insentiv til å utvikle alternative måtar å ekspandere, der landbasert matfiskoppdrett er éi av løysingane som vert vurdert.

Den største utbygginga av landbaserte anlegg i Noreg skjer likevel innan settefiskoppdrett. Oppdrettarar søker i aukande grad å halde smolten på land for ei lengre periode, med mål om å korte ned på produksjonstida i sjø og verte mindre eksponert for smittefare, parasittar og lusebehandling. For settefisk innebar forskriftsendringar i 2016 at den tidlegare vektavgrensinga på 250 gram før utsett av smolt til sjø vart oppheva. Frå 1. juni 2016 var det dermed ikkje lengre noko øvre vektgrense for settefisk (ein kan likevel ikkje slakte direkte til konsum/matfisk ved eit settefiskløyve).

Ei sentral utvikling innan landbasert oppdrettsteknologi gjeld gjenbruk av vatn, inkludert RAS (resirkuleringsanlegg) – noko som gjev lågare vassbehov. Tilgang til vassmengder vert dermed av mindre betydning som ein avgrensande faktor for landbasert oppdrett, og ein ser i dag at anlegg vert bygd med aukande kapasitet og kompleksitet. Teknologi, innovasjon og ekspansjon i oppdretts- og utstyrsindustri globalt medverkar vidare til at investeringskostnader går ned medan produksjonskonseptane vert betre.

Framvekst av landbasert matfiskoppdrett har kome lengre i mange andre land enn i Noreg. Når det gjeld laks, er landbasert produksjon starta i Danmark, Canada, Polen og Sveits, medan anlegg er planlagd og til dels under utbygging i fleire land inkludert USA, Kina og Sør Afrika. Også andre artar vert oppdretta i landanlegg, m.a. røye (særeg på Island), sjøtunge i

² Laksetildelingsforskrifta, Akvakulturdriftsforskrifta og Forskrift om løyve til akvakultur av andre artar enn laks, aure og regnbogeaure.

resirkuleringsgrad, automasjonsnivå, vedlikehaldsutstyr (reinseanlegg el.l.) og utstyr relatert til driftstryggleik (back-up i energitilførsel, knappleik eller margin i dimensjonering, løysingar for smittereduksjon og biotryggleik, samt gjennomtenkte system for jamn og stabil filtrering og sirkulering, etc.).

Ettersom landbaserte anlegg utgjer store, samansette prosjekt heller enn eit standard produkt, kan det vere utfordrande å samanlikne ulike prosjekt direkte. I tillegg vil ulike leverandørar kunne ha ulike kontraktsformat, inkludere eller ekskludere ulike ting frå overslaget (til dømes tomteutbygging, røropplegg, vassinntak- og uttak, osv.), ha ulik erfaring med å levere til tid og på budsjett, samt ulik praksis med å tilby opplæring, oppstartsstøtte og vidare oppfølging av kunden i ettertid. Når det er snakk om prosjekt i slik skala og omfang som dette kan desse punkta vere av stor betydning, men er vanskeleg å ta omsyn til i ei generell analyse. Elles vil skilnader i anleggsinvesteringar kunne ha direkte følgjer for driftskostnadene – noko som heller ikkje vert spegla i ei «generell» analyse – som til dømes ein auke i investeringar i automatisert reinhald, med tilhøyrande reduksjon i drift- og vedlikehaldskostnader.

Tabell 1 viser investeringar i RAS-anlegg med estimert årleg produksjonskapasitet frå 1 200 til 6 000 tonn levande vekt (kun bygg og anlegg, ikkje tomt). Estimata kjem frå Billund Aquaculture Services AS, ei av bedriftene med størst erfaring innan leveranse av landbaserte RAS-anlegg⁶. Samla investeringar aukar frå 120 mill. kr. for eit 1 000-tonns anlegg til 580 mill. kr. for eit 6 000-tonns anlegg. Når ein ser på investeringar per kg produksjonskapasitet, er desse fallande frå kr 125,00 per kg kapasitet for 1 200-tonns anlegget til kr 99,00 per kg ved 3 600-tonns og kr. 97,00 per kg for både 4 800-tonns og 6 000-tonns anlegg. Dette er ein indikasjon på stordriftsfordelar i produksjonen for volum opp til 4 800 tonn, men utflating deretter.

Når det gjeld automasjon- og utstyrsnivå vil desse estimata kunne inkludere Scada system med automatisert kontroll av pumper, trommelfilter mm., samt reinhaldssystem for biofilter og ph, salinitet- og temperaturkontroll. Skal ein i tillegg ha ulike løysingar for produksjonslinjer og integrering av viktige prosessar utanom sjølv RAS-systemet – som sortering og flytting av fisk, førsystem, innlaupssystem, slam og utlaup, temperaturstyring osv. – vil nok dette kome i tillegg⁷. Det er gjeve antydning om at skilnaden mellom det mest og minst avanserte utstyrsnivået kan vere om lag 20%.

For 6 000-tonns anlegget utgjer kostnaden for bygning 159,7 mill. kr. eller 27,5% av investeringane. RAS-utstyret er 246,9 mill. kr, tilsvarande heile 42,5% av investeringane. Investeringane inkluderer klekkeri, men ikkje slakteri.

Tabell 1: Investeringar i landbasert RAS anlegg for ein estimert produksjonskapasitet på 1,200-6,000 tonn levande vekt. NOK '000

Produksjonsmål (tonn)	Investeringar, NOK ^{a), b)}				
	1 200	2 400	3 600	4 800	6 000
Tankvolum (m3)	9 000	18 000	27 000	36 000	45 000
Bygg total:					
Bygning	41 590	66 484	86 963	113 887	159 699
Elektriske installasjonar	9 249	17 069	20 250	26 519	31 679
Andre inst. (ventilasjon etc.)	7 676	13 991	15 013	19 661	22 220
Betongarbeid (filter og	19 379	63 105	70 660	92 536	109 043

⁶ Billund har over 30 års erfaring innan design, installasjon, drift og service av RAS. Prosjektreferansar inkluderer 500 RAS (125 prosjekt) i 28 ulike land. Medan selskapet har leveransar av RAS til over 25 ulike salt- og ferskvassartar, er 90 % av noverande inntekter relatert til laksenæringa.

⁷ I dei tidlege systema som er tekne i bruk har det gjerne ikkje vore etablert automatisering av slike prosessar.

dette eit arealbehov på 54 mål. Tomtepris vil variere svært mykje frå plass til plass. Pris per mål vert sett til kr 500 000, men tomteprisen på kr. 27 mill. er likevel berre eit anslag på denne kostnaden. Når det gjeld rente, legg ein til grunn ei *realrente* på 4%⁸. I sensitivitetsanalysane vil ein vurdere konsekvensane av ei høgare rente. Ettersom ein skal vurdere prosjektet over ei rimeleg lang levetid, er det naudsynt å operere med realverdiar.

Tabell 2 gjev årlege kostnader til rente og avskrivningar. Ein har her lagt til grunn annuitetsprinsippet slik at sum rente og avskrivning er det same frå år til år.

Tabell 2. Investering og årleg rente og avskrivning for eit 6,000-tonns RAS anlegg.

INVESTERINGAR	Investeringsbeløp 6 000 tonn	Levetid	Årleg rente- og avskrivningskost
Tomt	27 000 000	-	1 080 000
Bygg:			
Bygning	159 698 606	20	11 750 903
Elektriske installasjonar	31 679 495	15	2 849 289
Andre installasjonar i (ventilasjon etc.)	22 219 950	15	1 998 487
Betongarbeid (filter og fisketankar)	109 043 126	20	8 023 584
Sum bygg	322 641 178		24 622 262
Vassbehandling og div. Utstyr			
Vassbehandling	246 886 472	20	18 166 339
Ymse	10 863 003	10	1 339 310
Sum vassbehandling/div. Utstyr	257 749 474		19 505 649
Sum investering	607 390 652		45 207 911
NOK per kg prod.kapasitet (levande vekt)	101.2		7.5
NOK per kg tankvolum (m3)	13 498		1 005

a) Det er inga avskrivning av verdi på tomta, berre rente.

Økonomisk levetid for dei ulike komponentane av investeringane er gjeve i tabell 2. Det er ikkje avskrivning på tomta. Levetida for dei ulike komponentane varierer mellom 10-20 år. Sjølv om den tekniske levetida vil kunne vere lenger, er den teknologiske utviklinga slik at økonomiske levetid vert kortare. For det aktuelle anlegget vil årleg rente og avskrivning utgjere kr. 44,7 millionar. Dette tilsvarar kr 7,50 per kg produksjonskapasitet (levande vekt).

Me går no vidare med å utarbeide ein produksjonsplan og driftskostnader for dette eksempel-anlegget.

3.2 Produksjonsplan

I lakseoppdrett er det den biologiske prosessen med å føre opp fisk frå rogn til slakteklar storleik som er kjerneverksemda for bedrifta. Produksjonsplanen består difor av variablar som innlegging av rogn, føring, vekstrate, fiskedød og slakt – som igjen er grunnlag for produksjonskostnader og lønsemd.

Med store investeringar i utstyr og anlegg er det sentralt å utnytte kapasiteten i produksjonsanlegget så godt som råd. For anlegget på 6 000-tonn har ein teke utgangspunkt i utsett og slakt av fire generasjonar fisk per år. På grunn av lite erfaringsdata er det vanskeleg å vite kor fort laksen vil vekse under dei veksttilhøva ein har i landbasert oppdrett. Figur 2 viser ei vekturve som per i dag kanskje er litt «optimistisk», med ei vekstperiode på 19 månader frå 0,2 gram til 5 kg ved ein temperatur på 12 grader. Den estimerte vekstkurva ved ein temperatur på 13 grader er også vist til samanlikning (det er antatt at ein temperatur på 12 grader er meir på den sikre sida med tanke på biologisk risiko, til dømes for tidleg kjønnsmodning).

⁸ Dette inneber at ved inflasjon på t.d. 3%, vil nominell rente vere 7%.

Tabell 3).

Årleg forkvantum	6 801 tonn
Vekstfaktor (TGC) og vassstemperatur	TGC 2.7 (frå 92 gram) og vassstemperatur 13 grader.

At produksjonsplanen vert realisert er avgjerande på mange måtar – den vil bestemme salskvantum, realisert kapasitetsutnytting i anlegget og kostnad per kg produsert. Ved oppstart av eit nytt anlegg er det spesielt krevjande å predikere både overleving og vekst. Produksjonstida er lang – det vil kunne vere nær to år mellom tidspunktet ein kjøper inn rogn til tidspunktet ein har slakteklar fisk i siste produksjonsavdeling i anlegget. Utforming av produksjonsplan og dimensjonering av anlegg vil vere gjort basert på venta vekstkurve og fastsette tettleiksgrenser i kvar avdeling og vekstfase. Eit døme på inndeling av eit RAS-anlegg i ulike avdelingar er vist i tabell.

Tabell 5. Døme på avdelingar i eit RAS-anlegg.

Avdeling	Vekt (g/fisk)	Tettleik (kg/m ³)
Starforing	2	22
Yngel	10	35
Pre-smolt	50	60
Smolt	100	50
Uvekst/postsmolt	400	65
Påvekst 2	2 000	70-90 ^{a)}
Påvekst 3	5 000	70-90 ^{a), b)}

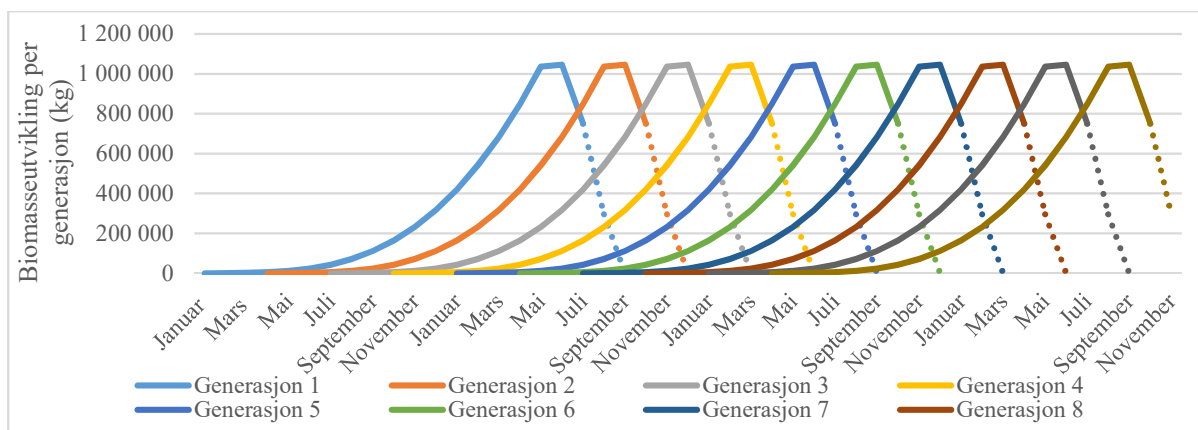
a) Tettleik for stor fisk er uttalt å vere svært avhengig av systemdesign. Ved til dømes eitt vassutbyte per time bør ein truleg ikkje overstige 60 kg/m³, medan det er venta at to vassutbyte per time potensielt kan tillate 90 kg/m³.

b) Det er antydninga ei påvekstavdeling per 1 000 tonn produksjonskapasitet.

Med vekst og svinn som stipulert vil ein nå planlagt maksimum tettleik i ei avdeling etter ei viss tid, og fisken vil gå over i neste avdeling, osv. Ved avvik frå stipulert vekst vil dette kunne verte eit problem. I eksisterande anlegg har ein til dømes hatt problem med at den største fisken ikkje har nådd slaktevekt til planlagt tid, og som konsekvens vert produksjonslinja forstyrra, med overfylte smoltavdelingar (der fisken har hatt god vekst), og stor fisk i den andre enden av anlegget som ikkje har vorte slakteklar innan nye settefisk skal inn i dei aktuelle påvekstavdelingane.

Slaktestrategien til det enkelte anlegget vil variere alt ettersom ein har eige slakteri eller leverer fisken til slakt eksternt. Her kjem det inn kapasitetsomsyn både i produksjonen og i slakteriet dersom ein har eige slakteri på huset. Anleggsutforming og logistikk vil nok vere svært viktig også i denne samanhengen, men i denne analysen vert det ikkje gått nærare inn på dette. I tillegg avgrensar ein detaljnivået til månadlege tal, noko som gjer at analysen vert simplifisert samanlikna med behovet for planlegging ved etablering av ei reell bedrift og produksjonslinjer. Desse forenklingane, saman med at ein ikkje har detaljert anleggsinndeling og dimensjonering på avdelingsnivå, gjer også at ein i realiteten ikkje har kartlagt tettleiksgrensene som vil gjere seg gjeldande i koplinga mellom produksjonsplanen og produksjonsanlegget i eksempelet.

Dømet under skisserer ein situasjon med slakt kvar månad – noko som i så fall inneber at kvar generasjon vert slakta over ein periode på tre månader (månad 17 til og med 19) for å



Figur 3: Biomasseutvikling per generasjon

3.3 Produksjonskostnader

Variable kostnader

Føresetnader for variable driftskostnader er gjeve i Tabell 7. Ein reknar med 22 tilsette som vil gje 11 tilsette per skift. Årleg lønskostnad inkludert sosiale kostnader er sett til kr. 641.000,00. Det er i tillegg eit årsverk for førefallande arbeidsoppgåver som er løna noko mindre. Som tabellen viser, vil ein del kostnadsartar som fôr, oksygen og slamkvantum vere direkte relatert til produsert kvantum. Andre kostnader, t.d. lønskostnader, administrasjon og elektrisitet, vil derimot ikkje variere direkte med produsert kvantum. Det er difor avgjærna å oppnå god kapasitetsutnytting for å redusere gjennomsnittskostnaden per kg produsert.

Med utgangspunkt i produksjonsplanen kan me estimere eit årleg fôrkvantum på 6,743.6 tonn, som gjev ein økonomisk fôrfaktor på 1.12. Med ein fôrkostnad på 14 kr per kg vert den årlege fôrkostnaden kr 94.4 millionar.

Tabell 7. Føresetnader – variable kostnader.

Tilsette i produksjon	22 tilsette (som gjev 11 tilsette per skift). Lønskost kr 640.900 per årsverk, inkl. 30% sosiale kostnader. Årsløn basert på SSB (2016) kategori 6221 akvakulturarbeidar, fulltid, privat sektor. Tal for 2015, justert til 2017-nivå (KPI 2015 = 100, januar 2017 = 104.2).
Evt. andre tilsette, t.d. reinhald (ikkje akvakultur-/produksjonsmedarb.)	1 person Lønskost kr 455,000 per årsverk, inkl. 30% sosiale kostnader
Pris på rogn	Kr 1.50 per egg (kr 1-1.6 avhengig av genetikk) Innkjøp ca 1 731 496 stk. egg per år
Pris på fôr	Kr 14 per kg Forbruk ca 6 800,9 tonn per år
Pris på vaksine	Kr 1.8 per vaksine (kr 1.5-2.0 per vaksine avhengig av innhald). Innkjøp ca 1 385 714 stk vaksiner per år.
Straum ^{a)}	NOK 0.80 per kwh. (inkludert nettleige) Forbruk 6 kwh per kg produksjonskapasitet
Oksygen	NOK 2.60 per kg

villige til å forsikre matfiskoppdrett til vilkår som dette, og faktisk har nokon uttrykt skepsis til å forsikre slik drift i det heile på dette stadiet (sjå risikoanalyse avslutningsvis i dette kapitlet).

Tabell 8. Føresetnader – faste kostnader

Leing	5 leiarar Lønnskost kr 975.000 per år, inkl. 30% sosiale kostnader
Vedlikehald/service	Årleg kostnad 1.5% av opprinneleg investeringsbeløp.
Trygding bygg og anlegg per år:	Bygg: 0.6 promille Maskiner og prosessutstyr: 2.5 promille. Sum kr 840 658

Produksjonskostnader per kg

Ein kan no estimere samla produksjonstkostnader per år (Tabell 9). Dette er gjort etter at bedrifta har kome i full drift og er i ein «likevektssituasjon». Det vil ta tid å nå ein slik situasjon, og i denne perioden kan behovet for driftskapital vere stort, særleg dersom ting ikkje utviklar seg som planlagt. Dette er forhold ein ser bort frå i denne delen av analysen, og føreset at produksjonen skjer utan vesentlege uhell slik at kapasiteten vert fullt utnytta. I sensitivitetsanalysane vil ein sjå på tilfelle der dette ikkje skjer.

Tabell 9. Totale produksjonskostnader per år og gjennomsnittskostnad per kg levande vekt

	Kostnad per år	%	Kr/kg levande	Kr/kg WFE
Rogn	2 597 244	1 %	0.4	0.5
Fôr	95 212 747	39 %	15.9	16.9
Vaksiner	2 494 284	1 %	0.4	0.4
Lønnskostnad	14 099 801	6 %	2.3	2.5
Energikostnad	28 800 000	12 %	4.8	5.1
Oksygen	15 914 131	6 %	2.7	2.8
Slambehandling	8 161 093	3 %	1.4	1.5
Andre variable kostnader	4 156 155	2 %	0.7	0.7
Trygding biomasse	4 235 886	2 %	0.7	0.8
Rente på arbeidskapital	7 699 914	3 %	1.3	1.4
Sum variable kostnader	183 371 256	75 %	30.6	32.6
Leing (løn)	4 875 000	2 %	0.8	0.9
Diverse kontorhald, administrasjon og rapportering	2 000 000	1 %	0.3	0.4
Trygding bygg og anlegg	840 658	0 %	0.1	0.1
Vedlikehald/service	9 110 860	4 %	1.5	1.6
Avskrivingar og rentekostnad på investering/fast kapital	45 207 911	18 %	7.5	8.0
Sum faste kostnader	62 034 429	25 %	10.3	11.0
Totale produksjonskostnader	245 405 685	100 %	40.9	43.6

Produksjonskostnad utgjer kr. 40.30/kg levande vekt, noko som tilsvarar kr. 43.00/kg WFE (omrekningsfaktor 1,067). Faste kostnader utgjer heile 25% av dette, med avskrivingar

Dette vert gjort her for å undersøke effekten på kostnad og produksjon av følgjande endringar:

- Endring i investeringsbeløp (+/- 30%)
- Auke i realrente til 7% (frå 4%)
- Energi- oksygen og slambehandlingskostnad +/- 30%
- Endring i fôrkostnader:
 - 1) Fôrpris +/- 30%
 - 2) Biologisk fôrfaktor 1.0 for fisk større enn 1 kg (ned frå 1.15 i basis-scenario)

Med fokus på kapasitetsutnytting ser ein i tillegg på følgjande scenario:

- Svinn auka til høvesvis 1% og 2% per måned etter vaksinerings (gjeld for 12-14 månader før slakt)
- 10%, 20 og 30% svinn i sein syklus
- Endring i vekst og kapasitetsutnytting (+/- 30%)

Ein viktig skilnad mellom dei ulike døma på redusert kapasitetsutnytting er at når ein ser på verknaden av svinn, så vil utslaget ha ein effekt på fôrfaktor i tillegg til produksjonskvantum og kapasitetsutnytting. Ved redusert vekst vert til samanlikning fôrfaktoren upåverka, medan tettleiken i anlegget vert lågare gjennom heile vekstsyklusen. Resultata er presentert i Tabell 11 og

Utslaget på produksjonskostnaden ved ei 30% auke i prisen per kg fôr (frå kr 14 til kr 18,2) er berekna til ei endring på 12,4% i produksjonskostnaden, til kr 49,1 per kg. Ved ein tilsvarande reduksjon i prisen (til kr 9,8) vert produksjonskostnaden 38,2 per kg.

2) Biologisk førfaktor 1.0 og 0,95 (ned frå 1.15 i basis-scenario):

I dette tilfellet ser me på effekta av ein lågare biologisk førfaktor for fisk frå 1 kg og oppover – med førfaktor 1.0 i staden for 1.15 som føreset i basis-scenario. Potensielt lågare førfaktor er ein av dei potensielle fortrinna ein reknar med det kan vere ved landbasert oppdrett. Effekta vert i dette tilfellet ein reduksjon på 5.8% i produksjonskostnaden, til kr 41.1 per kg. Den økonomiske førfaktoren vert redusert til 1.01 (ned frå 1.13 i basis-scenario). Tilsvarande ved ein biologisk førfaktor på 0,95 vert kr 40,2 per kg og økonomisk førfaktor på 0,96.

Endra kapasitetsutnytting – variasjon i vekst og svinn

Analysene av avvik frå forventa kapasitetsutnytting i det landbaserte anlegget tek føre seg variasjonar i vekst og svinn. Når det gjeld svinn ser ein både på ein jamn auke i månadleg svinn for alle storleikar av fisk i tillegg til å sjå på tap av ein betydeleg del av fisken seint i produksjonssyklusen.

Resultata er framstilt i

Tabell 12. Sensitivitetsanalyser for endra kapasitetsutnytting – variasjon i vekst og svinn.

Scenario		Redusert kostnad	Basis-tilfelle. Kr/kg	Større kostnad
Svinn 1% per måned etter vaksineringsmånad (dobling frå 0.5)	WFE	-	43.6	45.6
	Endring %			4.5 %
Svinn 2% per måned etter vaksineringsmånad	WFE	-	43.6	49.9
	Endring %			14.3 %
10% svinn i sein syklus	WFE	-	43.6	47.5
	Endring %			8.8 %
20% svinn i sein syklus	WFE	-	43.6	52.5
	Endring %			20.2 %
30% svinn i sein syklus	WFE	-	43.6	58.9
	Endring %			35.0 %
10% +/- i vekst og årleg produksjon (endra kapasitetsutnytting)	WFE	41.7	43.6	46.0
	Endring %	-4.3 %		5.3 %
20% +/- i vekst og årleg produksjon (endra kapasitetsutnytting)	WFE	40.2	43.6	48.8
	Endring %	-7.9 %		11.9 %
30% +/- i vekst og årleg produksjon (endra kapasitetsutnytting)	WFE	38.8	43.6	52.6
	Endring %	-11.0 %		20.4 %

Svinn 1% per måned etter vaksineringsmånad

Basis-scenario i dette kapitlet tek utgangspunkt i stort svinn og utsortering tidleg i syklusen for å stå att med best mogeleg utgangspunkt for overleving og smittemotstand for biomassen som går vidare til påvekst. Siste betydelege svinn- og utsorteringsmånad er sett til måned fem (startvekt 50 g), der fisken vert vaksinert. Deretter er utgangspunktet eit månadleg svinn på 0.5% over 13 månader før siste slakt.

Denne sensitivitetsanalysen ser på ei auka svinnsrate frå 0.5% til 1% i dei 14 månadane etter vaksineringsmånaden (frå og med 92-grams fisk). Utslaget på produksjonskostnaden er ein auke på 4.5% til kr 45.6/kg. Svinnet i tal fisk aukar til 35% (frå egg til utsett), opp frå 30% i utgangspunktet. Totalt svinn vert 71.6 tonn per generasjon (286,6 tonn per år), opp frå 38,2 tonn per generasjon i basis-scenario. Realisert produksjon vert ca 5 620 tonn. Det vert altså ikkje kompensert med fleire fisk til utsett her, og i tillegg til kostnadsauken per kg har ein dermed eit inntektstap grunna lågare sal, som ikkje vert spegla i analysen av produksjonskostnader. Økonomisk førfaktor vert 1,16, opp frå 1,13 i basis-scenario.

Månadleg svinn (etter vaksineringsmånad)	Basis 0,5%	1%	2%
Produksjonskostnad per kg (kr)	43,6	45,6	49,9
Realisert produksjon (tonn)	6 000	5 620	4 925
Svinn totalt	30%	35%	44%
Økonomisk førfaktor	1,13	1,16	1,22

ein opererer med ein lågare (eller alternativt greier å fungere med ein høgare) fisketettleik enn opprinneleg budsjettert for å oppnå ein viss vekst/fiskehelse/vasskvalitet¹⁴.

Lågare utnyttingsgrad	Basis	10%	20%	30%
Produksjonskostnad per kg (kr)	43,6	46,0	48,8	52,2
Realisert produksjon (tonn)	6 000	5 400	4 800	4 200
Slaktevekt (snitt)	4,9	4,4	3,9	3,4

1) Lågare utnyttingsgrad - reduksjon på 10% i vekst

Utslaget på kostnaden per kg er estimert til ein auke på 5,3% til kr 46.0 per kg som fylgje av ein reduksjon i vekst og utnyttingsgrad på 10%. Realisert produksjon per år vert 5 400 tonn, basert på ei slaktevekt på 4,4 kg i snitt (dermed og redusert inntekt).

2) Lågare utnyttingsgrad - reduksjon på 20% i vekst

Ved 20% reduksjon i vekst og utnyttingsgrad vert kostnaden per kg estimert til kr 48.8 per kg, ein auke på 11,9%. Realisert produksjon vert 4 800 tonn, slaktevekt 3,9 kg.

3) Lågare utnyttingsgrad - reduksjon på 30% i vekst

Ved 30% reduksjon i vekst og utnyttingsgrad vert kostnaden per kg estimert til kr 52,2 per kg, ein auke på 20,4%. Realisert produksjon vert 4 200 tonn, slaktevekt 3,4 kg.

Høgare utnyttingsgrad	Basis	10%	20%	30%
Produksjonskostnad per kg (kr)	43,6	41,7	40,2	38,8
Realisert produksjon (tonn)	6 000	6 600	7 200	7 800
Slaktevekt (snitt)	4,9	5,4	5,8	6,3

4) Høgare utnyttingsgrad - auke på 10% i vekst

Ved ein auke i utnyttingsgraden på 10% er effekta estimert til ein reduksjon på 4.1% i kostnaden per kg, til kr 41,7. Realisert produksjon per år vert 6 600 tonn, basert på ei slaktevekt på 5,4 kg i snitt (auka inntekt).

5) Høgare utnyttingsgrad - auke på 20% i vekst

Ved 20% auke i vekst og utnyttingsgrad vert kostnaden per kg estimert til kr 40,2 per kg, ein reduksjon på 7,9%. Realisert produksjon vert 7 200 tonn, slaktevekt 5,8 kg.

6) Høgare utnyttingsgrad - auke på 30% i vekst

Ved 30% auke i vekst og utnyttingsgrad vert kostnaden per kg estimert til kr 38,8 per kg, ein reduksjon på 11,0%. Realisert produksjon vert 7 800 tonn, slaktevekt 6,3 kg.

Oppsummering av sensitivitetsanalyser

I dei fleste alternativ over, ligg produksjonskostnaden per kg i området kr. 40-47, dvs. pluss/minus 4-8.5% rundt basisestimatet på kr. 43 per kg WFE. Dette indikerer noko avgrensa sensitivitet til endringar i parameterverdiar. Når det er sagt er det her berre sett på endring i ein og ein parameter. Dersom fleire skulle slå ut samstundes i negativ retning, vil det ha større konsekvensar for produksjonskostnaden. Unntaka her er förpris, samt betydelege endringar i kapasitetsutnytting – i sær som følgje av svinn – som vil ha betydeleg innverkand på produksjonskostnaden. Det er igjen verdt å streke under at ein her ser på likevektsproduksjon.

I tillegg er det verdt å merke seg at endringar som slår ut på produksjonskvantum vil ha større effekt på resultatet til bedrifta enn det som vert reflektert i analysen av produksjonskostnad per kg, grunna bortfall av planlagt/budsjettert inntekt.

¹⁴ Tilsvarande analyse ville vere at vektkurva var uendra medan talet fisk til innsett og uttak redusert/auka med 10%, 20% eller 30%.

sedimentasjon og partikkelfjerning og eventuell eksistens av soner for opphoping av avfallsstoff, medan giftigheita varierer i med salinitet, pH og temperatur (Per Anton Sæther, 2018)¹⁸. Ved uhell som følgje av forgifting vil ein i tillegg til tapet av fisk kunne risikere nedetid til avdekking av årsakssamanhengar, korrigierende tiltak som endring av rutiner, etablering av overvakingssystem og/eller tekniske installasjonar (t.d. modifisering av biofilter, eller utbetringar av reinsesystem for filter og anna).

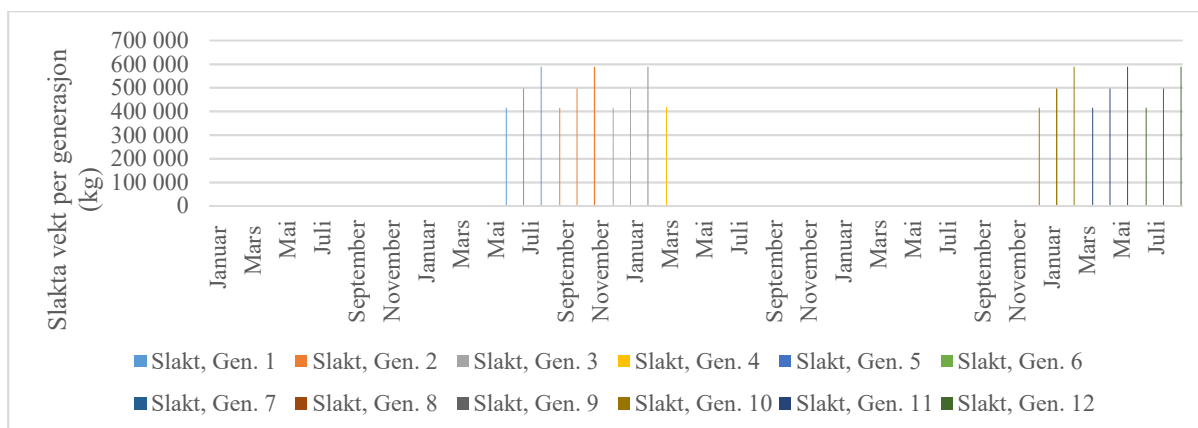
Bakterieutbrot vil og kunne medføre nedetid i anlegget, ettersom slik smitte kan føre til at total desinfeksjon vert naudsynt/pålagt. Næringsstoff i vatnet frå fôrrestar og avføring påverkar danninga av biofilm, eit overflatebelegg der smittestoff kan overleve i lang tid (Hjeltnes, 2012). Dette gjev andre og nye utfordringar enn ein er vant til frå tradisjonelle gjennomstrøymingsanlegg på land og merdar i sjø, og det er observert utbrot av både bakterie- og virussjukdomar i resirkuleringsanlegg. Smitten kan etablere seg i filter eller i andre område som er lite tilgjengeleg for rengjering og desinfisering¹⁹. Eventuell desinfeksjon av anlegget vil vidare kunne gå utover stabiliteten av biofilteret, som kan vere spesielt sårbart i oppstartsfasen, før bakteriekulturen har stabilisert seg (Hjeltnes, 2012). Ifølgje trygdslag har ein i samband med bakterieutbrot opplevd at eit heilt års settefiskproduksjon kan gå tapt (sjølvne nedvasken vil kunne vere overstått på ei veke, men grunna utfordringar med til dømes oppstart og gjenoppbygging av bakteriekultur kan nedetid likevel verte monaleg).

For å reflektere vidare rundt potensielle økonomiske utfall ved betydelege hendingar som massedød i eit anlegg, vil det i det følgjande bli presentert nokre hypotetiske døme på denne typen situasjonar. Ettersom ein i dette kapitlet har sett på eit investeringscase med sentralisert RAS kan ein i verste fall sjå føre seg tap av all biomasse i anlegget dersom det skulle oppstå forgifting (t.d. H₂S) eller bakterieutbrot i vatnet (dette såg ein døme på i matfiskoppdrett då ein fekk H₂S-forgifting ved Langsand i juli 2017 (Atlantic Sapphire, 2018)).

Med produksjonsplan som skissert tidlegare i kapitlet ville ein ved normal oppstart og drift kunne sjå føre seg ei biomasse i anlegget som vist i figur 4. Kvar stolpe i figuren viser den totale biomassen i anlegget ved starten av den aktuelle månaden, fordelt på generasjonar (utsett). Det er vanskeleg å sjå generasjonane med lågast biomasse i kvar enkelt månad, men med produksjonsplan som skissert ovanfor vil kvar stolpe (månad) ha seks til sju generasjonar i ulike stadium frå startfôr til slaktefisk. Ved utbrot av bakteriesmitte eller H₂S vil ein risikere at heile stolpen – all fisk i alle avdelingar – går tapt i den aktuelle månaden, og ein må byggje opp att biomassen frå starten av, noko som i matfiskproduksjon vil innebere ei svært betydeleg gjenoppbyggingstid (sjå til venstre i grafen for illustrasjon av oppbyggingstida av biomasse).

¹⁸ Sjå: <http://tekset.no/wp-content/uploads/2018/02/3-Per-Anton-S%C3%A6ther.pdf>

¹⁹ Fagdirektør Brit Hjeltnes ved Veterinærinstituttet, via ilaks.no: <https://ilaks.no/det-fundamentale-fettet/>.



Figur 6. Slakteplan ved momentan død av all fisk i april år 3, med nedetid av anlegget fram til og med juni.

Biotryggleik – hypotetisk døme med fem RAS-modular

Ein måte å redusere risikoen for og konsekvensen av hendingar som dette kunne vere å investere i fleire separate resirkuleringssystem (RAS) for å etablere atskilde smittesonar. Dersom ein går tilbake til tabellen som vart presentert innleiingsvis (gjengjeve under), vil ytterpunktet vere å etablere fleire heilt separate mindre anlegg (t.d. to 3 000-tonns anlegg eller fem 1 200-tonns anlegg, tilsvarende 6 000 tonn), inkludert multiplisering av bygg, røropplegg og alt, sjå

Tabell 13. Investeringar i 6 000 tonn anlegg – basis og 5x1200 tonn anlegg – med årlege renter og avskrivningar.

Investeringar, NOK				
Produksjonsmål (tonn)	6 000 (basis-døme)	Årleg avskr.&r (basis-døme)	6 000 (5-modul)	Årleg avskr.&r (5-modul)
Tankvolum (m3)	45 000		5 x 9 000	
Tomt	27 000	1 080	27 000	1 080
Bygg total:				
Bygning	159 699	11 751	166 358 ^{a)}	12 241
Elektriske installasjonar	31 679	2 849	46 246	4 159
Andre inst. (ventilasjon etc.)	22 220	1 998	38 381	3 452
Betongarbeid (filter og fisketankar)	109 043	8 024	96 895	7 130
Sum bygg	322 641	24 622	347 880	26 982
Vassbehandling og div. utstyr:				
Vassbehandling	246 886	18 166	337 240	24 815
Ymse	10 863	1 339	25 168	3 103
Sum vassbehandling/div. Utstyr	257 749	19 506	362 408	27 918
Sum investering	607 391	45 208	737 287	55 980
NOK per kg prod.kapasitet (levande vekt)	101,2	7.5	122.9	9.3
NOK per m ³ karvolum	13 498	1 005	16 384	1 244

- a) Det er lagt til grunn ein reduksjon i bygg-komponenten på 20% i forhold til bygging av fem 1 200-tonns anlegg. Det vil seie at investeringa i bygg her er sett til 80% av det ein får ved å multiplisere bygg-kostnaden for 1 200-tonns anlegget i tabell 1 med fem.

Eit sentralt poeng når det gjeld risikoreduserande og førebyggjande tiltak er relasjonen mellom risikofaktor, konsekvens og førebyggjande tiltak. Sjølv om separate RAS i seg sjølv burde innebære auka biotryggleik, så er det ikkje garantert at frekvensen og konsekvensen av uhell vert redusert tilsvarende som følgje av eit slikt anleggsdesign. Dersom årsaka til uhell i utgangspunktet er at ein har designsvikt, avgrensa kunnskap eller utilstrekkeleg kontroll og oversikt over vassparameter, så vert det ikkje automatisk enklare å halde oversikt over kritiske mål og følgje opp eventuelle avvik i fem individuelle system²⁰ (kanskje særleg relevant dersom ein i utgangspunktet har avgrensa praktisk driftserfaring å bygge på). I verste fall kan ein risikere suboptimal drift eller tekniske utfordringar med fleire system parallelt. Det er dermed mange omsyn å balansere. Produksjonsskala totalt sett og per modul vil nok og vere sentralt i denne vurderinga.

Medan investeringane i utgangspunktet var vel 607 mill kr, aukar dei til 737 mill kr når utbygginga skjer i fem modular som skissert. Årlege renter og avskrivningar aukar frå 45 til knapt 56 mill kr. Investeringane i produksjonskapasitet aukar frå kr 101,20/kg til kr 122,90/kg, ein auke på 21%.

Under det nye oppsettet med fem modular ser me føre oss at selskapet har parallelle produksjonslinjer med separate resirkuleringsystem. Ein tenkjer seg dermed at talet fisk i kvart

²⁰ Frå VKM (2012): Rutinemessig overvakning av viktige vasskvalitetsparametre (som t.d. oksygen, pH/CO₂, TAN (NH₄ + + NH₃), nitritt (NO₂ -), totalt gassmetning og temperatur) er naudsynt for å sikre dyrevelferd. Analysemetodane for måling av desse vasskvalitetsparametere må vere underlagt god kvalitetssikring (hyppig kontroll av at måleinstrumenta faktisk viser rette verdiar). I tillegg må fisken si atferd, morfologi (eksempelvis finnar, gjellar og skinn), produksjonsdata (eksempelvis tilvekst og förfaktor) og svinnsrate vurderast fortlaupande.

Tabell 13, med ei oppsummering av investeringar og tapsscenario som skissert ovanfor. Som alt nemnt, er investeringane større ved 5 x 1200 tonn enn ved 6 000 tonn. Det er i tillegg gjort ein freistnad på ei skjønsmessig estimering av produksjonskostnad per kg ved fem-moduls løysinga. Avskrivingar og rente er som gitt i tabell 13. Ein føreset at alle variable kostnader utanom løn er uendra. Som drøfta ovanfor, er det grunn til å rekne med at fem system vil medføre behov for å auke bemanninga. Ut frå skjøn reknar ein med at bemanninga aukar med 10%. Trygding bygg og anlegg og vedlikehald er justert utfrå skilnaden i investeringsbeløp. Dette gjev opphav til ein produksjonskostnad på kr 46,10/kg, kr. 2,50 meir per kg enn i utgangspunktet. Vel to tredelar av skilnaden skuldast auke i avskrivingar og rentekostnad. Det skal nemnast at fleire potensielt kostnader også kan verte påverka av at ein har fem avdelingar heller enn ei. I tilfelle er det som vert presentert her eit nedre anslag.

Tabell 14. Samanlikning 6 000 tonn og 5 x 1200 tonn anlegg.

	Eitt 6 000-tonns anlegg	Fem 1 200-tonns modular
Investeringar	607.4 mill kr	737.3 mill kr
Produksjonskostnad (WFE) ^{a)}	kr 43,60	kr 46,10
Tap ved uhell	10 085,4 tonn	2 017,1 tonn

a) Estimert basiskostnad, utan særskilde uhell.

Tap ved uhell - oppsummering

Ovanfor ser ein på situasjonen der det skjer eit uhell i april år tre med den konsekvens at all fisken i den aktuelle produksjonseininga dør (sjå

generasjonane ein har sett så langt. Dette vil i så fall utgjere ei 30% betring frå dagens antyda nivå.

Tabell 15 oppsummerer ein del risikofaktorar og kontrollparameter som ein vil ynskje å tenkje på under konstruksjonsfasen samt vidare å halde kontroll med for å drive produksjonen optimalt og unngå uhell, veksttap og svinn. Oversikta kjem i hovudsak frå Atlantic Sapphire, men med enkelte tilleggspunkt som har kome fram av anna materiale og samtalar med kjelder frå næringa. Dette er dermed ei liste som er ufullstendig, men som likevel kan spegle noko av dei områda ein har fokus på i dei anlegga som er i drift i dag. Lista vil nok elles innehalde overlapp mellom variablar, kontrollparameter og risikofaktorar. Ein vel å presentere lista her, med reservasjon om at den omhandlar relasjonar som er uvisse, samt strengt tatt går utover kompetanseområdet til forfattarane (med fokus på produksjonsøkonomi). Det vert likevel vurdert slik at lesaren kan ha nytte og interesse av dette stoffet, og ikkje minst at potensielle investorar og andre involverte i landbaserte anlegg kan gjere seg opp ei meining om kva for risikoområde og variablar ein vil gå vidare å lære meir om undervegs i avgjerdsprosessen, samt eventuelt som støtte i utforminga av plan og strategiar for handtering og førebygging av risiko. For vidare fordjuping vert det igjen vist til Vitenskapskomiteen for mattrygghet (VKM 2012) sin rapport «Risk Assessment of Recirculation Systems in Salmonid Hatcheries», som gjev ei langt meir utfyllande skildring og analyse av både typar risiko, erfaringar, kontrollparameter og eksisterande kunnskap om toleransegrenser og til dels mogelege risikoreduserande tiltak.

Tabell 15. Døme på biologisk-teknologisk driftsrisiko i landbasert oppdrett av laks

Variabel	Risikoområde/ kontrollparameter	Måling	RAS eller generell risiko
Inntaksvatn	Smittorisiko, salinitet (fiskevelferd, samt kan ha samband med H ₂ S-risiko i RAS)	ppt, micron meters, cfu	Generell (men risiko ved salinitet større i RAS; vassmengd og smittefare større i gj.str.)
Oksygen	Biologi/fiskehelse	% saturation	Generell
Karbondioksid	Alkalinitet, fiskehelse	mg/litre	
Nitritt / Nitrat	Biofiltrering, fiskehelse	NO ₂ mg/litre, NO ₃ mg/litre	RAS
Vasskvalitet	Klarheit, partikulært materiale, alkalinitet, geosmin/MIB	UVT, pH, TAN, oC	RAS
Vasskvalitet (meir)	Bakteriar, algevekst, temperaturkontroll		Generell
Føringsregime	Type fôr (konsistens, partikkelstorleik, etc), fôrmengde, akkumulering/fjerning av partiklar frå vatn og anlegg		Generell (risiko truleg ulik i RAS)
Vassfiltrering og sirkulering	Fjerning av partiklar, bakteriar og gass/biprodukt. Biofilm, sedimentasjon	TSS mg/litre, cfu	RAS
Design	Dimensjonering, funksjonalitet, hygiene og velferd		
Bismak	Høgt innhald av Geosmin i kjøt – sjå og vasskvalitet. Bruk av «reinsetank» med gj.straum før slakt		RAS
Tidleg kjønnsmodning	Lys, salinitet, temperatur og “mykje meir”		
Smittesonar	Anleggsdesign, produksjonsrisiko – tal RAS (smittesonar) per anlegg		RAS (større utfordring i RAS)

Figur 9. Grad av kompleksitet i landbasert vassbehandlingsteknologi for ulike resirkuleringsgrad av vatn.

Kjelde. Billund Aquaculture Services.

Som det går fram av figuren, har RAS-anlegg fleire steg i vassbehandlingsprosessen dess høgare resirkuleringsgrad, og bruk av biofilter gjer at ein ikkje berre må røkte fisk, men og bakteriekultur. Kravet til kompetanse i drift av RAS-teknologi vert dermed større. Samstundes kan sentralisert vassbehandling og avgrensa høve til reinsing av filter innebere større konsekvensar ved smitte enn øvrige teknologiske løysingar.

Når det gjeld val av landbasert teknologi og resirkuleringsgrad vil dermed gjerne fleire faktorar spele inn. Lokalisering, tilgjengelege vasskjelder og tilgjengeleg kompetanse for den enkelte bedrifta vil kunne vere avgjerande. RAS kan vere naudsynt av omsyn til vassbehov, spesielt i ferskvassfasen. Større resirkuleringsgrad opnar for eit større utfallsrom når det gjeld lokalisering, og for ein større samla produksjon gitt ei viss mengde vatn. Med tanke på risiko og drift kan på den andre sida ei lågare resirkuleringsgrad potensielt vere aktuelt å vurdere der vasskjeldene tillet dette, ut frå omsynet til lågare kompleksitet og kompetansebehov²⁵. Risikoprofil, fordelar og ulemper med alternative teknologiar for vassbehandling i landbaserte anlegg ser ut til å vere eit viktig område for vidare forskning og utgreiing. Det same gjeld forhold mellom teknologi, vasskjelder (salinitet) og biologisk risiko i landbaserte anlegg.

4. Oppsummering – matfisk på land

I dette kapittelet er det gjennomført økonomiske analysar av landbasert oppdrett av laks. Utgangspunktet har vore eit anlegg med produksjonskapasitet på 6 000 tonn. Etter etablering av ein produksjonsplan og med føresetnader om både variable og faste kostnader, vert produksjonskostnad estimert. Det er i tillegg gjennomført sensitivitetsanalysar for endringar i ulike parametarar. For dei fleste av desse er det slik at ei (mindre) endring vil ha relativt lite utslag på produksjonskostnaden. Unntaket er ved relativt store endringar i svinn og kapasitetsutnytting der desse ikkje kan kompensereast for t.d. ved utsetjing av meir smolt. Sensitivitetsanalysane er gjennomført for ein paramterer om gongen. Sjølv om verknaden av kvar enkelt kan vere liten, vil ein situasjon der fleire samtundes endrar seg i negativ lei kunne ha eit monaleg utslag på produksjonskostnaden.

Utgangspunktet for analysen er ein likevektssituasjon der produksjonen skjer utan vidare uhell og føremålet er å analysere om produksjonskonseptet kan vere konkurransedyktig i markanden. I kapitlet er det understreka at det gjer seg gjendalde grunnleggjande uvisse når det gjeld mange relasjonar innan landbasert oppdrett og at risikoen er stor. Som ei tilnærming til dette har ein sett på situasjonen der ein investerer i fem produksjonslinjer a 1 200 tonn heller enn eit enkelt anlegg med 6 000 tonn. Det vil medføre større investeringar og ein høgare produksjonskostnad per kg, men vil under gjevne tilhøve kunne medføre redusert risiko for tap i ein uventa uhellssituasjon.

²⁵ Sjø omtale av gjennomstrøymingsanlegg i rapport del I. Når det gjeld investeringar er det antyda at dei totale investeringane i eit RAS-anlegg kan vere noko høgare enn ved GB med tilsvarande utstyrsnivå, sjølv om ein diverre har avgrensa informasjon om dette. Det som talar til fordel for lågare investering ved gjenbruk gjeld særleg grunnarbeid, betong og areal. På den andre sida vil røropplegg for inntak og uttak av vatn kunne krevje mindre dimensjonar ved RAS enn ved GB, som følgje av lågare vassinntak.

innsett/uttak per år. I praksis kan det og hende at ei integrert settefisk- og sjøbasert matfiskbedrift vil ynskje ulik settefiskstorleik på ulike årstider, tilpassa både lokale sesongvariasjonar i veksttilhøve i sjø samt den enkelte bedrifta si MTB-utnytting på sjøsida.

Investeringane er gjevne i Tabell 16. For eit slikt anlegg går ein ut frå at det trengst ei tomt på 15 mål. Tomtekostnaden er sett til kr 500 000 per mål. Samla investeringar utgjer knapt 500 mill. kr. Største posten er bygg, konstruksjon og prosjekterrelaterte kostnader med 240 mill kr. eller knapt 48% av totalen. Deretter kjem akvakultursystem med 175 mill kr, eller knapt 35% av totalen.

Tabell 16. Investeringar i settefiskanlegg med 3.000 tonn kapasitet – 500-grams settefisk.

Investering	Kr	Økonomisk levetid	Årleg rente- og avskrivningskost
Bygg, konstruksjon og prosjektrelaterte kostnader	240 000 000	20	17 659 620
Akvakultur-utstyr (resirkulering, pumping, rør, filter, anna vassbehandling og elektrisk)	179 100 000	20	12 876 806
Fisketankar og utstyr	30 000 000	20	2 207 453
Ymse utstyr (automasjon og overvåking, sortering og handtering, vaksinasjon, reinhald, ensilasje, truck)	16 900 000	10	2 083 617
Klekkeri, slamhandtering, føring	26 500 000	10	3 267 210
Tomt	7 500 000	-	300 000
Samla investering	500 000 000		kr 38 394 706

Når det gjeld arealbruk, legg ein til grunn eit arealbehov for bygningsmasse på 2,5 m² per tonn produksjonskapasitet samt ein faktor på 2 for totalt arealbehov inkludert infrastruktur (sjå dimensjonerande kriterium i SINTEF-rapport). For eit 3 000-tonns anlegg gjev dette eit arealbehov på 15 mål. Pris per mål vert som tidlegare sett til kr 500 000. Årleg rente og avskrivningskostnad er utrekna til 38,4 mill kr. Også her er realrente på 4% lagt til grunn og avskrivningane er rekna ut etter annuitetsprinsippet. Avskrivningstida varierer mellom 10 og 20 år.

Settefiskanlegget vil vere dimensjonert ut frå maksimal biomasse i anlegget, og investeringssummen er anslått å vere rimeleg lik enten settefiskstorleiken er 500 gram med eit stort tal fisk eller den dobbelte storleik med halvparten så mange fisk per år. Sistnemnde anlegg med produksjon av 1 000-g smolt kan likevel verte noko rimelegare – ifylgje industrikjelder kan investeringssummen vere opptil 10% lågare samanlikna med 500-grams anlegget til rundt kr 500 millionar, dvs. ein investeringskostnad på omlag 450 mill. kr.

2.1 500-grams settefisk

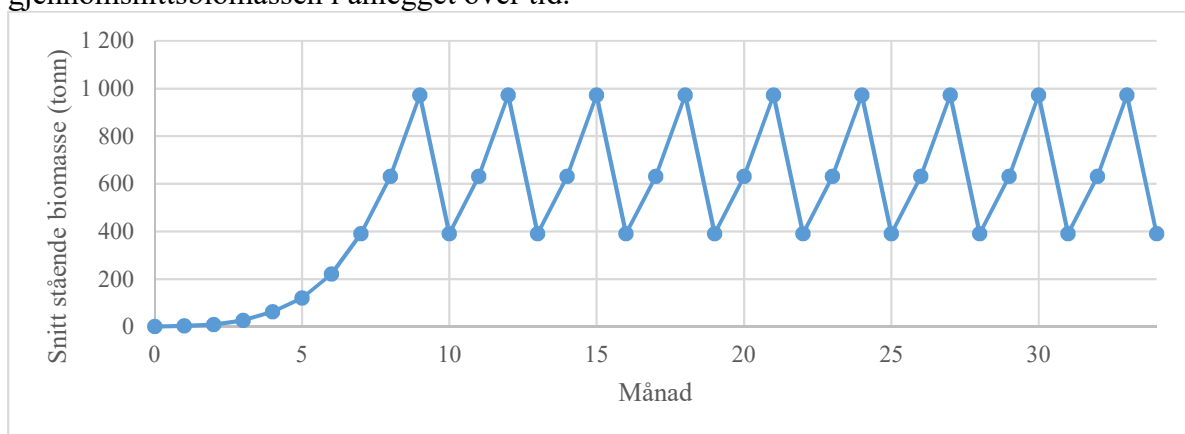
Produksjonsplan

Produksjonsplanen for settefiskanlegget har mykje til felles med produksjonsplanen for matfiskanlegget som presentert tidlegare (kapittel 1). Syklusen per generasjon i eit settefiskanlegg er derimot langt kortare – om lag ni og ein halv månad²⁶ etter innsett av 0.2-grams yngel i anlegget vert settefisk på 500 gram levert til sjø. Anlegget legg inn rogn fire gongar i året og leverer fire generasjonar 500-grams settefisk til sjø per år. Gitt føresetnader

²⁶ Ei periode på 6-10 veker i klekkeriet er ikkje rekna med her.

	Over livssyklusen gjev dette eit totalt svinn på 27% (inkludert rognstadium), med mesteparten av tapet i tal fisk tapt i dei fyrste månadene.
Vaksinering	Vaksinering i månad 5, med startvekt 50 g.
Årleg produksjon	3,000 tonn
Levering	Fire leveransar per år, med 1.495 millionar settefisk per levering, til saman ca. 5.980 millionar settefisk per år
Biologisk førfaktor (FCR)	FCR 0.9 (gjev her økonomisk førfaktor 0.92)
Vekstfaktor (TGC) og vassstemperatur	TGC 2.7 (frå 92 gram) og vassstemperatur 12 grader.

Figur 2 viser ei forenkla framstilling av utviklinga av biomassen i anlegget over tid, basert på gjennomsnittet i kvar månad (inkludert maksimal biomasse i den månaden 500-grams settefisk vert levert til sjø). Som ein ser varierer biomassen ein del, og anlegget må dermed vere dimensjonert for ei maksimal biomasse som er ein god del større enn gjennomsnittsbiomassen i anlegget over tid.



Figur 2. Utvikling i ståande biomasse over tid (vekt i tonn).

2.2 Produksjonskostnad

Variable kostnader

Føresetnader for variable driftskostnader er gjeve i [Tabell 3](#). Ein reknar med 15 tilsette som vil gje 7-8 tilsette per skift. Årleg lønskostnad inkludert sosiale kostnader er sett til kr. 641.000,00, det same som i kapittel 1. Det er ein tillegg ein «alt mogeleg person» for førefallande arbeidsoppgåvar som er løna noko mindre.

Tabell 3. Føresetnader – variable kostnader.

Tilsette i produksjon	15 tilsette (som gjev 7-8 tilsette per skift). Lønskost kr 640,900 per årsverk, inkl. 30% sosiale kostnader.
Andre tilsette, t.d. reinhald og forefallande oppgåver (ikkje akvakultur-/produksjonsmedarb.)	1 person Lønskost kr 455,000 per årsverk, inkl. 30% sosiale kostnader
Pris på rogn	Kr 1.50 per egg (kr 1-1.6 avhengig av genetikk) Innkjøp ca 8 005 200 stk egg per år
Pris på fôr	Kr 15 per kg

Tabell 17. Føresetnader – faste kostnader

Leing	4 leiarar Lønnskost kr 975.000 per år, inkl. 30% sosiale kostnader
Diverse kontorhald, rapportering etc.	1 000 000
Vedlikehald/service	Årleg kostnad 1.5% av opprinneleg investeringsbeløp..
Sum trygding bygg og anlegg per år	Bygg: 0.6 promille Maskiner og prosessutstyr: 2.5 promille. Sum kr 765 000

Ut frå desse føresetnadene kan me no estimere både totale kostnader per år, og dermed kostnaden per settefisk som vist i Tabell. I motsetnad til matfiskoppdrett der pris og kostnad vert gitt per kilo, vert settefisk omsett og prissett per fisk. Kostnaden per år og per fisk er basert på full produksjon og drift, det vil seie ein «likevektssituasjon» over tid. Som vist i figurane over vil bedrifta nå dette fyrst i år nummer to.

Tabell 5. Samla produksjonskostnad 500-grams settefisk. Per år og per fisk.

	Kostnad per år	%	Kr/stk
Rogn	kr 12 007 800	8 %	kr 2.0
Fôr	kr 42 039 037	27 %	kr 7.0
Vaksiner	kr 12 813 096	8 %	kr 2.1
Lønnskostnad	kr 9 613 501	6 %	kr 1.6
Energikostnad	kr 12 000 000	8 %	kr 2.0
Oksygen	kr 5 100 737	3 %	kr 0.9
Slambehandling	kr 3 363 123	2 %	kr 0.6
Andre variable kostnader	kr 1 476 442	1 %	kr 0.2
Forsikring biomasse	kr 2 460 343	2 %	kr 0.4
Rente på arbeidskapital	kr 4 559 103	3 %	kr 0.8
Sum variable kostnader	kr 105 433 183	67 %	kr 17.6
Leing (løn)	kr 3 900 000	2 %	kr 0.7
Diverse kontorhald, administrasjon og rapportering	kr 1 000 000	1 %	kr 0.2
Forsikring bygg og anlegg	kr 765 000	0 %	kr 0.1
Vedlikehald/service	kr 7 438 500	5 %	kr 1.2
Avskrivningar og rentekostnad på investering/fast kapital	kr 38 394 706	24 %	kr 6.4
Sum faste kostnader	kr 51 498 206	33 %	kr 8.6
Sum produksjonskostnader	kr 156 931 389	100 %	kr 26.2

Når anlegget er kome i full drift, vil årlege produksjonskostnader utgjere ca 157 mill. kr. Av det er 67% variable og 33% faste. Det er viktig å vere merksam på at dette føreset at produksjonen skjer utan uhell av noko slag. Produksjonskostnad per settefisk vert kr. 26,2. Fôr er største kostnadsart med kr. 7,0 eller 27% av produksjonskostnaden. Deretter kjem rente og avskrivning med kr. 6,4 (24%) og vaksiner, rogn og energi med kr. 2-2,1 (8%).

Tabell 7 og Tabell.

risikere å miste eit negativt vekstavvik som positivt, ettersom talet settefisk er det same, medan kostnaden per settefisk går ned som følgje av lågare direkte kostnader som fôr, lut, oksygen, slambehandling, forsikring og arbeidskapital.

Tabell 8. Sensitivitetsanalyser for endra kapasitetsutnytting – variasjon i vekst og svinn.

Scenario		Redusert kostnad	Basis-tilfelle. Kr/stk	Større kostnad
Svinn 1% per måned etter vaksinerings (dobling frå 0.5%)	Per fisk	-	26.2	26.6
	Endring %			1 %
Svinn 2% per måned etter vaksinerings (dobling frå 0.5%)	Per fisk	-	26.2	27.4
	Endring %			5 %
10% svinn i sein syklus	Per fisk	-	26.2	28.5
	Endring %			8 %
20% svinn i sein syklus	Per fisk	-	26.2	31.4
	Endring %			20 %
30% svinn i sein syklus	Per fisk	-	26.2	35.1
	Endring %			34 %
10% +/- i årleg produksjon (endra kapasitetsutnytting)	Per fisk	25.1	26.2	27.7
	Endring %	-4 %		5 %
20% +/- i årleg produksjon (endra kapasitetsutnytting)	Per fisk	24.1	26.2	29.4
	Endring %	-8 %		12 %
30% +/- i årleg produksjon (endra kapasitetsutnytting)	Per fisk	23.3	26.2	31.7
	Endring %	-11 %		21 %

Svinn 1% per måned etter vaksinerings

Basis-scenario for produksjon og produksjonskostnader per kg tek utgangspunkt i stort svinn og utsortering tidleg i syklusen, til og med måned fem (startvekt 50 g), der fisken også vert vaksinert. Deretter er utgangspunktet eit månedleg svinn på 0.5% i tre og ein halv måned før leveringstidspunktet til sjø.

Dette scenarioet ser på ei auka svinnrate frå 0.5% til 1% i dei 3.5 månadane etter vaksineringsmånaden og fram til utsett. Utslaget på produksjonskostnaden er ei auke på 1% til kr 26,6/stk. Svinnet i tal settefisk aukar til 29% (frå egg til utsett), opp frå 27% i utgangspunktet. Totalt totalt svinn vert 25 tonn per generasjon, opp frå 16.3 tonn per generasjon i basis-scenario. Realisert produksjon vert ca 5 875 927 settefisk per år, samanlikna med ca 5 980 395 settefisk i basis-scenario²⁸. Det vert altså ikkje kompensert med fleire fisk til utsett her, og i tillegg til kostnadsauken per fisk har ein dermed eit inntekts-/margin tap grunna lågare sal, som ikkje vert spegla i produksjonskostnaden. Økonomisk førfaktor er i dette scenarioet estimert til 0.93, opp frå 0.92 i basis-scenario.

Månadleg svinn (etter vaksinerings)	0,5% (basis)	1%	2%
Produksjonskostnad per stk (kr)	26,2	26,6	27,4
Realisert produksjon (tal settefisk)	5 980 395	5 875 927	5 671 019
Svinn totalt	27%	29%	32%
Økonomisk førfaktor	0,92	0,93	0,94

²⁸ Dette inneber ein reduksjon på knapt 105,000 settefisk, eit potensielt inntektstap i storleiksorden 2,5-3,0 mill.kr. dersom prisen er i storleiksorden 25-27 kr. per smolt.

greier å fungere med ein høgare) fisketettleik enn tiltenkt for å oppnå tilstrekkeleg vekst/fiskehelse/vasskvalitet. Svinn i prosent og førfaktor er uendra.

Lågare utnyttingsgrad	Basis	10%	20%	30%
Produksjonskostnad per stk (kr)	26,2	27,7	29,4	31,7
Realisert produksjon (tal settefisk)	5 980 395	5 382 355	4 784 316	4 186 276

1) Lågare utnyttingsgrad - reduksjon på 10% i tal individ til innsett og uttak:

Utslaget på kostnaden per settefisk er estimert til ei auke på 5% til kr 27.7 per fisk som følgje av ein reduksjon i utnyttingsgrad på 10%. Realisert produksjon per år vert ca 5 382 355 settefisk.

2) Lågare utnyttingsgrad - reduksjon på 20% i tal individ til innsett og uttak:

Ved ein reduksjon i utnyttingsgrad på 10% vert kostnaden per settefisk auka med 12% til kr 29.4 per fisk. Realisert produksjon per år vert 4 784 316 settefisk.

3) Lågare utnyttingsgrad - reduksjon på 30% i tal individ til innsett og uttak:

Ein 30% reduksjon i utnyttingsgraden gjev kostnadsauke på 21% til kr 31.7 per settefisk. Produksjon vert 4 186 276 settefisk.

Høgare utnyttingsgrad	Basis	10%	20%	30%
Produksjonskostnad per stk (kr)	26,2	25,1	24,1	23,3
Realisert produksjon (tal settefisk)	5 980 395	6 578 434	7 176 474	7 774 513

4) Høgare utnyttingsgrad - auke på 10% i tal individ til innsett og uttak:

Ved ei auke i utnyttingsgraden på 10% er verknaden estimert til ein reduksjon på 4% i kostnaden per settefisk til kr 25,1. Realisert produksjon vert ca 6 578 434 settefisk i året.

5) Høgare utnyttingsgrad - auke på 20% i tal individ til innsett og uttak:

Ved ei auke i utnyttingsgraden på 20% vert kostnaden per settefisk redusert med 8% til kr 24,1. Produksjon vert 7 176 474 settefisk.

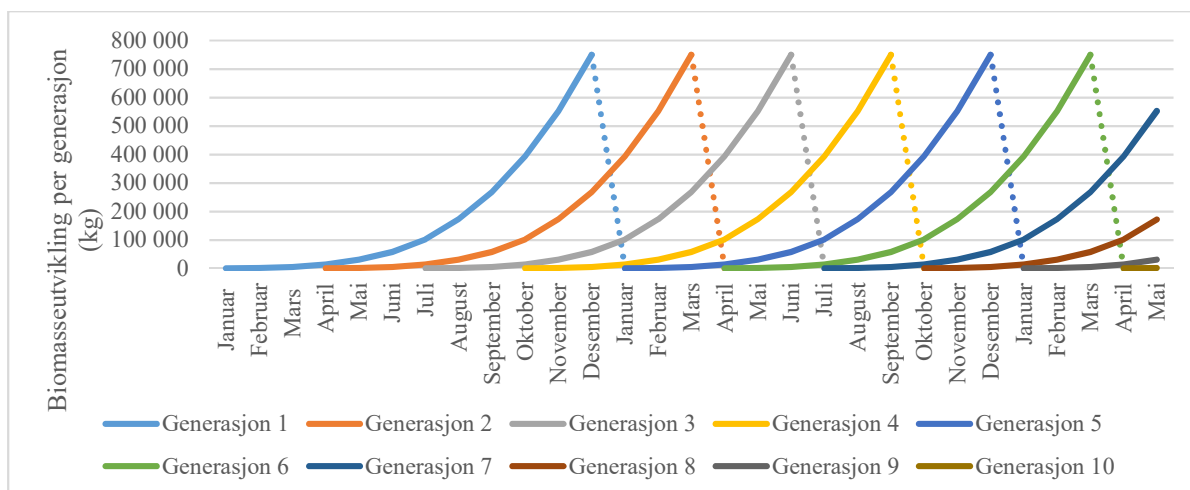
6) Høgare utnyttingsgrad - auke på 30% i tal individ til innsett og uttak:

Ei 30% betring i utnyttingsgraden gjev kostnadsreduksjon på 11% til kr 23,3 per settefisk. Produksjon vert 7 774 513 settefisk.

Oppsummering av sensitivitetsanalyser

I dei fleste alternativa ein har sett på, ligg produksjonskostnaden per smolt i området kr. 23,9 – 25,6 ved ei endring i enkeltvariablar på 30%, dvs. +/- 9% rundt basisestimatet på kr. 26,20. Dette indikerer noko avgrensa sensitivitet til endringar i parameterverdiar enkeltvis. Dersom fleire variablar skulle slå ut samstundes i negativ retning, vil dette naturlegvis ha større konsekvensar for produksjonskostnaden. Meir sensitive er scenario for endra kapasitetsutnytting, og særleg ved større tap av fisk. Som i kapittel 1, er det slik at stor auke i svinn eller stor endring i kapasitetsutnytting vil ha større innverknad på produksjonskostnaden, og ein vil ha eit mindre kvantum å fordele faste og indirekte kostnader på. Desse utfalla vil i tillegg ha betydeleg effekt på inntekta.

På sett og vis kan tap og produksjonsavvik i settefiskanlegget i fyrste omgang framstå mindre dramatisk enn i matfiskproduksjon, særleg med omsyn til biomasse og med tanke på inntektstap. I den samanheng kan det vere høveleg å nemne potensielle vidare konsekvensar ved større, uventa tap i settefiskanlegg – nemleg produksjonsforstyringar i den sjøbaserte påvekstdelen som eventuelt skulle ha motteke settefiskene frå det aktuelle anlegget. Desse problemstillingane kjem ikkje fram gjennom sensitivitetsanalysene, men er ikkje dess mindre aktuelle av den grunn (sjå kapittel 2.5 «Teknologisk og biologisk risiko i RAS», samt Sintef



Figur 3. Biomasseutvikling per generasjon i anlegget over tid (kg) – fire utsett per år.

3.2 Produksjonskostnad – 1 000-grams settefisk

Investering

Som diskutert under del 2 Investering ovanfor er det estimert at investeringar og dimensjonering av 3 000-tonns anlegg for 1 000-grams settefisk vil vere svært likt som eit tilsvarende settefiskanlegg utforma for 500-grams settefisk. Investeringssummen vil jamvel kunne vere noko lågare ved produksjon av færre, men større fisk – opptil ein 10% skilnad. Som utgangspunkt for investeringar i dette tilfellet går me difor ut frå ein reduksjon i den totale investeringa på 5% samanlikna med 500-grams anlegget av same skala (med unntak av tomttekostnad, som er uendra).

Oversikt over investeringar er gjeve i [Tabell 10](#). Totalinvesteringar er estimert til 471,5 mill kr., som er 24,4 mill. kr lågare enn i tilfellet med produksjon av 500 g smolt. Årlege rente- og avskrivningskostnader er estimert til 36,5 mill. kr.

Tabell 10. Investeringar i settefiskanlegg med 3.000 tonn kapasitet – 1 000-grams settefisk.

Investering	NOK ^a	Økonomisk levetid	Årleg rente- og avskrivningskost
Bygg, konstruksjon og prosjekt-relaterte kostnader	228 000 000	20	16 776 639
Akvakultur-utstyr (resirkulering, pumping, rør, filter, anna vassbehandling og elektrisk)	166 250 000	20	12 232 966
Fisketankar og utstyr	28 500 000	20	2 097 080
Ymse utstyr (automasjon og overvåking, sortering og handtering, vaksinasjon, reinhald, ensilasje, truck)	16 055 000	10	1 979 436
Klekkeri, slamhandtering, føring	25 175 000	10	3 103 850
Tomt	7 500 000	-	300 000
Total investering	471 480 000		kr 36 489 971

^a Komponentar og sum er redusert med 5% samanlikna med investeringane presentert for anlegget av tilsvarende skala for produksjon av 500-grams settefisk.

Tabell 118.

Tabell 13. Sensitivitetsanalyser for endra kapasitetsutnytting – variasjon i vekst og svinn.

Scenario		Redusert kostnad	Basis-tilfelle. Kr/stk	Større kostnad
Svinn 1% per måned etter vaksinerings (dobling frå 0.5%)	Per fisk	-	45.8	46.8
	Endring %	-		2 %
Svinn 2% per måned etter vaksinerings (dobling frå 0.5%)	Per fisk	-	45.8	48.9
	Endring %	-		7 %
10% svinn i sein syklus	Per fisk	-	45.8	49.2
	Endring %	-		7 %
20% svinn i sein syklus	Per fisk	-	45.8	53.7
	Endring %	-		17 %
30% svinn i sein syklus	Per fisk	-	45.8	59.4
	Endring %	-		30 %
10% +/- i årleg produksjon (endra kapasitetsutnytting)	Per fisk	43.6	45.8	48.4
	Endring %	-5 %		6 %
20% +/- i årleg produksjon (endra kapasitetsutnytting)	Per fisk	41.8	45.8	51.7
	Endring %	-9 %		13 %
30% +/- i årleg produksjon (endra kapasitetsutnytting)	Per fisk	40.3	45.8	56.0
	Endring %	-12 %		22 %

Svinn 1% per måned etter vaksinerings

Som følge av ei auke i månedleg svinn frå 0.5% til 1% over dei siste 5.5 mnd. før utsett vert effekten ein 2% auke i kostnaden per 1 000-g settefisk til kr 46.8. Realisert produksjon vert redusert til ca. 3 021 509 settefisk per år, med årleg svinn ca 105,1 tonn og økonomisk førfaktor 0.93. Svinn totalt i stk. fisk frå egg til levering vert 30% per generasjon. Som i døma ovanfor vert det i tilfella som vert vurdert her ogso tale om eit inntektstap som kan verte monaleg.

Månadleg svinn (etter vaksinerings)	0,5% (basis)	1%	2%
Produksjonskostnad per stk (kr)	45,8	46,8	48,9
Realisert produksjon (tal settefisk)	3 106 369	3 021 509	2 857 527
Svinn totalt	28%	30%	35%
Økonomisk førfaktor	0,92	0,93	0,95

Svinn 2% per måned etter vaksinerings

Tilsvarande effekt ved eit svinn på 2% per måned vert ei auke i produksjonskostnaden på 7% til kr 48.9 /stk. Svinnet i tal settefisk aukar til 35% (frå egg til utsett), med totalt svinn på 189 tonn per år. Realisert produksjon vert ca. 2 857 527 stk. settefisk. Økonomisk førfaktor vert 0,95.

Svinn midt/seint i produksjonssyklusen

Eit betydeleg svinn av stor fisk har det største utslaget på produksjon og kostnader per fisk. Utgangspunktet er som før at svinnet skjer i måned sju, der fiskane har ei startvekt på 165 g (som i 500-g analysen tidlegare).

6) Høgare utnyttingsgrad - auke på 30% i tal individ til innsett og uttak:
Ei 30% betring i utnyttingsgraden gjev kostnadsreduksjon på 12% til kr 40,3 per settefisk. Produksjon vert 4 038 280 settefisk.

Oppsummering av sensitivitetsanalyser

I dei fleste tilfella utan avvik i kapasitetsutnytting varierer produksjonskostnaden mellom kr. 43,00 – 48,60, dvs. om lag +/- 6% rundt estimatet på kr 45,8. Det indikerer moderat sensitivitet til endringar i parametrar (ein må igjen understreke at ein her berre har sett på endring i ein parameter om gongen).

Sensitiviteten er elles større når ein ser på døma med betydelege produksjonsavvik, der utslaga er betydelege særleg ved svinn eller produksjonsreduksjon på 20% og oppover. I desse døma må faste kostnader dermed fordelast på mindre kvantum. Igjen er det slik at stor endring i svinn og utnyttingsgrad ikkje berre har større innverknad på produksjonskostnad, men i tillegg vil ha ei inntektseffekt via redusert kvantum.

4. Oppsummering – stor settefisk på land

I dette kapittelet er det gjennomført økonomisk analysar av produksjon av stor settefisk frå landbaserte anlegg. Analysen konsentrerer seg om produksjonskostnader i ein likevektssituasjon, men det er gjennomført ei rekkje sensitivitetsanalysar for å finne ut kor robuste estimate er til endringar i viktige parametrar. Analysane av 500 og 1000 grams settefisk er samanlikna med produksjon av «tradisjonell» settefisk på 100 g. Resultata frå landbasert settefiskoppdrett er utgangspunkt for vidare analyse av påvekst i sjø, der settefisken frå land vert ein innsatsfaktor i sjøbasert matfiskoppdrett (kapittel 3 og 4). Dette er neste tema.

avgrensande faktorar for produksjonen. For eksempelbedrifta utarbeidar ein investeringsanslag, produksjonsplan og kostnadsbudsjett for påvekst av settefisk der det vert teke utgangspunkt i fire settefiskutsett per år, med gitte utsettmånader i januar, april, juli og oktober.

2.1 Produksjonsplan

Viktige føresetnader for produksjonsplanen er oppsummert i tabell 1. Estimering av vekst og vektutvikling er basert på temperaturprofilen ved Bud på Vestlandet, målt ved ei måledjupne på 5 meter.

Tabell 1: Føresetnader for analysen.

MTB Løyve	9 løyve på 780 tonn per stk, til saman 7 020 tonn MTB
Tal utsett per år	4 utsett, 775 000 settefisk per utsett
Månader for utsett	Januar, april, juli og oktober
Normalt svinn	0,75% per måned
Ekstra svinn ved lusebehandling	0,5 % i månader med lusebehandling
Vekstfaktor	Fyrste måned i sjø: TGC= 2,2 Deretter TGC = 2,7
Temperatur	Frå målestasjon Bud, 5 meter djup (Havforskningsinstituttet). Sjå vedlegg A1.

Produksjonsplanen tek utgangspunkt i eit mål om å produsere om lag to gongar MTB. Med 9 løyve og 7 020 tonn MTB selskapsnivå kan me dermed sette eit mål om å produsere om lag 14-15 000 tonn per år. Dersom svinnet i sjø er på 8% over ein syklus vil bedrifta måtte sette ut rundt 3,1 millionar settefisk i året for å nå dette målet gitt ein slaktestorleik på 5 kg. Med fire utsett per år vert talet settefisk per utsett dermed rundt 775 000 fisk³⁰.

Som tabell 1 viser er det teke føresetnad om utsett ved faste tidspunkt og intervall over året, medan uttaksmønsteret kjem som ein konsekvens av desse vala. Slaktekvantum vert på den måten bestemt ut frå ståande biomasse og løyvd MTB. Ein vil til ei kvar tid halde ei ståande biomasse mest mogeleg lik MTB, med kontinuerlig uttak av månedleg tilvekst – noko som vil verte skildra nærare i det følgjande under produksjonsplanar.

Når det gjeld føresetnaden om dei gitte årlege utsettstidspunkta er det viktig å merke at på grunn av både variasjonar i lengda på vekstsyklusen, temperatur og tilvekst gjennom året og smitteprofil/risiko i sjøen, vil det i praksis vere grunnlag for ei enkeltbedrift å justere både utsettstidspunkt, settefiskstorleik og tal fisk per utsett ut frå ulike omsyn – inkludert maksimal nettotilvekst, ønska uttaksmønster og uttakstidspunkt, samt eventuelle avgrensingar i forhold til slaktekapasitet og tilgjenge til settefisk.

Analysen vert gjennomført ulike alternativ for storleik på settefisk under same sett av føresetnader. Felles føresetnader for investeringar i sjøbaserte anlegg vert presentert i det følgjande, før ein ser på produksjonsplanlegging og tilhøyrande kostnader separat.

2.2 Investering i sjøbasert påvekstanlegg

³⁰ Modellen er formulert med eit gitt svinn per måned, der svinnet er gitt som ein prosentdel av talet fisk per lokalitet. Som følge av dette vil ein tape fleire stk fisk i sjøfasen ved utsett av mindre settefisk, ettersom desse står lenger i sjø (medan større settefisk til samanlikning har hatt fleire månader med svinn i landfasen). Eit naturleg spørsmål som følge av denne føresetnaden vert dermed om ein skal kompensere med å sette ut fleire fisk ved bruk av mindre settefisk, for å ta omsyn til at fleire fell bort før slakt. I dette dømet vert det sett ut like mange fisk i kvart alternativ, men det kan diskutast om dette er den beste måten å samanlikne dei ulike alternativa på.

Straum	Kr 0.80 per kwh. (inkludert nettleige) Elektrisk kraft (sjø og adm.): 51 kwh per tonn før.
Diesel	Kr 10 per liter. Dieselforbruk sjøanlegg (utan brønnbåt): 21 liter per tonn før.
Service og vedlikehald	5% av investering i anleggsutstyr
Andre kostnader	
Medisin, laboratorium, veterinærtenester	Kr 2 500 000
Diverse kostnader	Kr 1 000 000
Trygding biomasse	2,5% av variable kostnader
Rente på arbeidskapital	4%

Tabell 4. Føresetnader – faste kostnader

Leiging	5 leiarar Lønnskost kr 975.000 per år, inkl. 30% sosiale kostnader
Sum trygding bygg og anlegg per år:	For bygg er trygdepemien 0.6 promille, og for maskiner og prosessutstyr 2.5 promille.
Rente	4% rente for all kapital

2.4 Lusekostnader

Produksjonsplanar og kostnadsanalyse vert fyrst presentert utan omsyn til avlusing. Føresetnader for og utslag i produksjonskostnader som følgje av ulikt behov for avlusing vert presentert i eigen seksjon til slutt. Ei utfordring er at «basisanalysene» potensielt kan innehalde kostnadsestimat som i realiteten inneber luserelaterte kostnader, som til dømes kan vere tilfellet med talet tilsette (henta frå Fiskeridirektoratet sin statistikk for 2016), og elles det noko høge utgangspunktet for svinn, som er sett til 0,75% av talet fisk per månad.

3. Påvekst av 500-grams settefisk

Me har no sett på investeringar i den aktuelle bedrifta og sentrale føresetnader for produksjonsplanen. Me går vidare og ser på påvekst av 500-grams settefisk.

3.1 Produksjonsplan

Produksjonsplanen ved utsett av 500-grams settefisk er tufta på føresetnader som gjeve i tabell 1. Dermed ser ein føre seg eit sjøbasert anlegg med 9 MTB-løyve, på til saman 7 020 tonn ståande biomasse. Det er fire utsett per år, med 775 000 settefisk per utsett. Tida det tek for kvar generasjon å nå ei individvekt på 5 kg vil variere avhengig av utsett-tidspunkt og startvekt. Figur 1 viser den venta vektutviklinga ved utsett av 500-grams settefisk i høvesvis januar, april, juli og oktober.

Tabell 4. Utsettsprogram og vektutvikling (gram per fisk ved starten av månaden).

Månad	Lokalitet 1	Lokalitet 2	Lokalitet 3	Lokalitet 4	Lokalitet 5	Lokalitet 6
Januar	500					
Februar	581					
Mars	797					
April	924	500				
Mai	1056	571				
Juni	1267	838				
Juli	1576	1076	500			
August	2048	1446	682			
September	2684	1955	1193			
Oktober	3390	2532	1614	500		
November	4102	3122	2056	668		
Desember	4713	3633	2446	1027		
Januar	5307	4134	2834	1248	500	
Februar	5779	4535	3146	1431	581	
Mars	6197	4892	3427	1598	797	
April	6682	5307	3755	1798	924	500
Mai	7164	5721	4085	2001	1056	571
Juni		6356	4594	2321	1267	838
Juli	500	7236	5307	2778	1576	1076
August	682	8494	6336	3457	2048	1446
September	1193		7647	4345	2684	1955
Oktober	1614	500	9033	5307	3390	2532
November	2056	668	10378	6258	4102	3122
Desember	2446	1027		7062	4713	3633

Medan tabell 4 viser den estimerte utviklinga i fiskestorleik per lokalitet, viser tabell 5 utviklinga i talet fisk per lokalitet, under føresetnad av eit månadleg svinn på 0,75% av talet fisk per månad.

Tabell 6. Estimert potensiell biomasse basert på tabell 1 og 2 – før slakt og MTB-tilpassing.

Månad	Lokalitet 1	Lokalitet 2	Lokalitet 3	Lokalitet 4	Lokalitet 5	Lokalitet 6	Potensiell biomasse (kg)
Januar	387 500	-	-	-	-	-	387 500
Februar	447 252	-	-	-	-	-	447 252
Mars	608 556	-	-	-	-	-	608 556
April	699 952	387 500	-	-	-	-	1 087 452
Mai	793 820	439 457	-	-	-	-	1 233 278
Juni	945 481	639 654	-	-	-	-	1 585 135
Juli	1 167 777	814 919	387 500	-	-	-	2 370 196
August	1 506 001	1 087 177	524 544	-	-	-	3 117 723
September	1 958 622	1 459 418	910 693	-	-	-	4 328 733
Oktober	2 455 263	1 875 636	1 223 086	387 500	-	-	5 941 486
November	2 948 627	2 295 310	1 546 310	513 543	-	-	7 303 791
Desember	3 362 180	2 651 202	1 825 812	784 227	-	-	8 623 421
Januar	3 757 427	2 994 209	2 099 003	945 635	387 500	-	10 183 774
Februar	4 061 009	3 259 780	2 313 225	1 076 218	447 252	-	11 157 483
Mars	4 322 318	3 489 739	2 500 478	1 192 987	608 556	-	12 114 078
April	4 625 579	3 757 427	2 719 622	1 331 695	699 952	387 500	13 521 774
Mai	4 922 312	4 020 504	2 936 523	1 471 411	793 820	439 457	14 584 027
Juni	-	4 432 898	3 277 646	1 693 653	945 481	639 654	10 989 332
Juli	387 500	5 008 815	3 757 427	2 012 247	1 167 777	814 919	13 148 684
August	524 544	5 835 595	4 452 470	2 484 633	1 506 001	1 087 177	15 890 421
September	910 693	-	5 333 707	3 099 520	1 958 622	1 459 418	12 761 961
Oktober	1 223 086	387 500	6 253 318	3 757 427	2 455 263	1 875 636	15 952 230
November	1 546 310	513 543	7 129 897	4 397 798	2 948 627	2 295 310	18 831 485
Desember	1 825 812	784 227	-	4 925 822	3 362 180	2 651 202	13 549 243

Slakting i oktober månad vert bestemt ut frå den potensielle biomassa per 1. november, som er estimert til 7 303,8 tonn dersom ingen fisk vert slakta ut. Dette er 283,8 tonn meir enn løyvd MTB på 7 020 tonn. Gitt ei individvekt per 1. november på 4,1 kg ved lokalitet 1 (der fisken er størst), må ein dermed ta ut om lag 69 200 fisk for å halde seg på MTB per 1. november (283,8 tonn/4,1 kg). Slakting vert deretter fastsett på tilsvarende vis for kvar månad, slik at biomassen ved starten av kvar månad er 7 020 tonn for selskapet som heilskap. Med slakt inkludert i modellen vert dermed utviklinga i biomasse som vist i tabell 7.

Tabell 8. Uttaksprogram i tal fisk per lokalitet, gitt ei planlagt ståande biomasse på 7 020 tonn ved starten av kvar måned («steady state» frå og med år 2).

Månad	Lokalitet 1	Lokalitet 2	Lokalitet 3	Lokalitet 4	Lokalitet 5	Lokalitet 6
Januar						
-						
September						
Oktober	69181					
November	271561					
Desember	258516					
Januar	111030	16863				
Februar		141034				
Mars		196966				
April		110845				
Mai		166254				
Juni		72391	211030			
Juli			269548			
August			222073	93966		
September				411558		
Oktober				201713	69181	
November					271561	
Desember					258516	

Ved å gjere føresetnader om korleis uttaket fordeler seg gjennom månaden kan ein estimere slaktekvantumet målt i vekt. Dette er gjort i tabell 9 der ein tek som utgangspunkt at slaktevekta er lik snittvekta per fisk per måned ved kvar enkelt lokalitet³¹.

Tabell 9. Slakta biomasse per lokalitet og totalt per måned – basert på månedleg snittvekt. Kg.

Månad	Lokalitet 1	Lokalitet 2	Lokalitet 3	Lokalitet 4	Lokalitet 5	Lokalitet 6	Slakt (snittvekt)
Januar	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
September	-	-	-	-	-	-	-
Oktober	259 162	-	-	-	-	-	259 162
November	1 196 908	-	-	-	-	-	1 196 908
Desember	1 295 103	-	-	-	-	-	1 295 103
Januar	615 409	73 096	-	-	-	-	688 505
Februar	-	664 743	-	-	-	-	664 743
Mars	-	1 004 362	-	-	-	-	1 004 362
April	-	611 188	-	-	-	-	611 188
Mai	-	1 003 904	-	-	-	-	1 003 904
Juni	-	491 941	1 044 709	-	-	-	1 536 650
Juli	-	-	1 569 103	-	-	-	1 569 103
August	-	-	1 552 619	366 531	-	-	1 919 151
September	-	-	-	1 986 043	-	-	1 986 043
Oktober	-	-	-	1 166 375	259 162	-	1 425 537
November	-	-	-	-	1 196 908	-	1 196 908
Desember	-	-	-	-	1 295 103	-	1 295 103

³¹ I månader med uttak frå fleire lokalitetar kan dette potensielt innebære at vekta i siste slaktemånad på kvar enkelt lokalitet vert overvurdert, ettersom ein truleg vil slakte ut denne fisken tidleg i denne månaden, før slakting tek til frå neste lokalitet i same måned.

2016 frå Fiskeridirektoratet. I tillegg reknar vi med 5 leiarar/administrativt tilsette³². Årleg lønskostnad inkludert sosiale kostnader er sett til kr. 641.000,00, det same som i landbasert matfisk.

Tabell 12. Føresetnader – variable kostnader.

Tilsette i produksjon	4,2 tilsette per løyve: $9 \cdot 4,2 = 38$ tilsette (sjå vedlegg A3).
Pris på settefisk	Kr 27,4 per stk. (frå rapport II Landbasert settefisk)
Fôrbehov	15 443,9 tonn (sjå vedlegg A2).

På dette grunnlaget kan ein sette opp kostnader per år og per kg fisk (tabell 13). Totale kostnader utgjer 404 mill. kr. når anlegget er i likevektsproduksjon med høvesvis 83% og 17% variable og faste. Produksjonskostnaden er kr. 28,990 per kg rund fisk.

Tabell 13. Totale kostnader per år og per kg. 500-grams settefisk.

	Kostnad	Per kg (levande)	Per kg (rund,WFE)	Prosen t av tot.
Settefisk	84 940 000	5.7	6.1	21 %
Fôr	185 326 963	12.4	13.3	46 %
Lønnskostnad	24 354 200	1.6	1.7	6 %
Energi (elektrisk kraft)	635 228	0.0	0.05	0 %
Diesel	3 316 769	0.2	0.2	1 %
Service/vedlikehald	10 333 500	0.7	0.7	3 %
Andre variable driftskostnader	3 500 000	0.2	0.3	1 %
Forsikring biomasse	7 810 167	0.5	0.6	2 %
Rente på arbeidskapital	13 007 478	0.9	0.9	3 %
Sum variable kostnader	333 224 304	22.4	23.9	83 %
Leing	4 875 000	0.3	0.3	1 %
Forsikring bygg og anlegg	95 113	0.0	0.0	0 %
Avskrivning og rentekostnad på investering	65 184 466	4.4	4.7	16 %
Sum faste kostnader	70 154 579	4.7	5.0	17 %
Produksjonskostnader pr. kg	403 378 883	27.1	28.9	100 %

4. Påvekst av 1 000-grams settefisk

Me går no vidare og ser på utsett av 1000 g settefisk etter same metode som for 500 g settefisk.

4.1 Produksjonsplan

Figur 2 viser den forventede vektutviklinga ved utsett av 1 000-grams settefisk i høvesvis januar, april, juli og oktober. Alle fire utsettstidspunkt gje slakteklar fisk på under eitt år i sjøen. Ein ser og at etter 12 månader i sjøen – når fisken har vore eksponert for alle årstider uavhengig av utsettstidspunkt – konvergerer vektkurvene med ei fiskevekt på rundt 7,4 kg. Ettersom me tek utgangspunkt i ei slaktevekt på omlag 5 kg, vil ein difor setje i gong med slakting etter mindre enn eitt år i sjøen. Det vil dermed vere ein viss skilnad mellom dei ulike utsetta i kor stor fisken er blitt etter eit visst tal månader i sjøen. Ein ser til dømes at etter 10 månader i sjøen (dvs. i starten av månad 11 i figuren) vil januar-utsettet ha nådd ei vekt på 5,9 kg, april-utsettet 6,5 kg, juli-utsettet 5,9 kg og oktober-utsettet 5,1 kg (sjå og tabell X nedanfor).

³² Som i kapittel 1 vert dette rekna som ein fast kostnad til kr. 975,000 per årsverk.

talet månader med svinn er ulikt. Dermed vert talet fisk ved slakt ulikt. I tillegg er *tidspunkta for utsett sett likt* i alle dømme, noko som ved ulik settefiskstorleik og vekstperiode gjer at den temperatur- og sesongmessige eksponeringa, og derigjennom tilvekstprofilen, vert ulik for ulike scenario i analysen.

4.2 Investeringar

Medan seks lokalitetar var utgangspunktet for 500-grams settefisk, baserer produksjonsplanen med 1 000-grams settefisk seg på fem lokalitetar. Den maksimale biomassen ved ein enkelt lokalitet er anslått til 3 673,8 tonn. Med maksimal tettheit på 25 kg per m³ vil det vere behov for oppdrettsvolum per lokalitet på rundt 147 000 m³ som eit minimum. Gitt 130-metringar med volum per stk. på rundt 25 000 kubikk kan ein dermed framleis ta utgangspunkt i seks merdar per lokalitet, sjølv om det kan hende ein oppdrettar vil velje å leggje opp til lågare tettheit av omsyn til fisken (opne merdar i sjø gjev rimeleg oppdrettsvolum og utslaget på totalinvestering og kapitalkostnader er lite, så ein vil truleg ikkje «spare» på dette området så lenge det kan vere biologisk vinst å hente ved lågare tettheit). Dette gjev samla investeringar på 882,4 mill. kr. (sjå vedlegg). Årlege avskrivningar og rente er estimert til kr. 60 448 655, samanlikna med 62 469 449 i tilfellet med 500-grams settefisk.

4.3 Produksjonskostnader

For produksjonskostnader ved påvekst av 1 000-grams settefisk vert dei same føresetnadene lagt til grunn som ved utsett av 500-grams settefisk. Ettersom investeringar, storleik på smolt, tilvekst og produsert kvantum vil vere noko forskjellig, vil kostnadene likevel vere noko ulike. Tabell 15 gjev ein del føresetnader for variable kostnader.

Tabell 15. Føresetnader – variable kostnader.

Tilsette i produksjon	4,2 tilsette per løyve: $9 \cdot 4,2 = 38$ tilsette (sjå statistikk i vedlegg).
Pris på settefisk	Kr 48 per stk (frå rapport II Landbasert settefisk)
Fôrbehov	14 732,9 tonn

Med desse føresetnadene, vert kostnaden per år i likevektsproduksjon og per kilo estimert som i tabell 16. Årlege kostnader utgjer vel 456 mill. kr., av det 86% variable og 14 faste. Produksjonskostnad per kg rund fisk er kr. 30,80.

5.3 Produksjonskostnader

Føresetnader når det gjeld produksjonskostnader er gjeve i tabell 18 og elles som innleiingsvis.

Tabell 18. Føresetnader – variable kostnader.

Tilsette i produksjon	4,2 tilsette per løyve: $9 \cdot 4,2 = 38$ tilsette.
Pris på settefisk	Kr 12 per stk
Fôrbehov	16 117,4 tonn.

Med dette vert produksjonskostnader totalt per år og per kg som i tabell 19 (minner om slaktekvantumet som vart bestemt gjennom produksjonsplanen og som er lågare enn ved større settefisk grunna fleire månader med svinn og likt tal fisk til utsett). Samla produksjonskostnader per år vert 375 mill. kr., med høvesvis 79% og 21% variable og faste. Produksjonskostnad per kg rund fisk vert kr 28,00.

Tabell 19. Totale kostnader per år og per kg. 100-grams settefisk.

	Kostnad	Kostnad per kg (levande)	Kostnad per kg (rund,WFE)	Prosen t av tot. kost.
Settefisk	37 200 000	2.6	2.8	10 %
Fôr	193 409 026	13.6	14.5	52 %
Lønnskostnad	24 354 200	1.7	1.8	6 %
Energi (elektrisk kraft)	662 930	0.0	0.05	0 %
Diesel	3 461 412	0.2	0.3	1 %
Service/vedlikehald	13 478 000	0.9	1.0	4 %
Andre variable driftskostnader	3 500 000	0.2	0.3	1 %
Forsikring biomasse	6 901 639	0.5	0.5	2 %
Rente på arbeidskapital	11 541 004	0.8	0.9	3 %
Sum variable kostnader	294 508 212	20.6	22.0	79 %
Leing	4 875 000	0.3	0.4	1 %
Forsikring bygg og anlegg	682 900	0.0	0.05	0 %
Avskrivning og rentekostnad på investering	74 656 088	5.2	5.6	20 %
Sum faste kostnader	80 213 988	5.6	6.0	21 %
Produksjonskostnader pr. Kg	374 722 201	26.3	28.0	100 %

5.4 Oppsummering – påvekst av stor settefisk

Analysen av påvekst av 100, 500 og 1 000-grams settefisk i sjø viste at ein del av den høgare kostnaden per settefisk vert motverka av fôrkostnaden (reduisert del av tilveksten skjer i sjø) samt redusert behov for investeringar grunna bruk av færre lokalitetar samanlikna med liten settefisk. Ein del resultat er oppsummert i tabell 20. Produksjonskostnaden for det tre ulike settefisk-alternativa var estimert til høvesvis 28 kr, 28,9 kr og 30,8 kr per kg rund vekt (WFE). Ein merknad når det gjeld produksjonskostnad per kilo er at smoltkostnaden og alle andre kostnader per kg er estimert med basis i slaktekvantum, utan å korrigere for inngangsvekta til settefisken (dvs. basis i *produsert* kvantum per fisk i sjø, som til dømes ville vere 4,9 kilo for ein 5-kg slaktefisk med utsettsvekt på 100 gram – eller 4,0 kilo for ein 5-kg slaktefisk med utsettsvekt på 1 000 gram).

ein høgare laksepris som fylgje av redusert tilbod i marknaden³⁴. I tillegg vil lusebehandlingar kunne medføre at slaktevekta går ned. Dette inneber at ein god del fisk vil kome i lågare vektclasser som dermed vil gje lågare pris per kg og ein konsekvens på inntektssida.

Analysene ovanfor vart presentert utan spesielt omsyn til eller diskusjon av lusekosnader. «Andre variable driftskostnader» i analysane overfor inneheld kr. 2,5 mill. til helse- og veterinærtenester, noko som truleg ikkje inkluderer «ekstraordinære» utfordringar og behandling, men heller eit forsøk på å spegle ein «normal» driftssituasjon. Samstundes er tal som til dømes årsverk per løyve henta frå offisiell statistikk, og kan dermed likevel spegle av kostnader som er relatert til «ekstraordinære» utfordringar. Det månadlege svinnet på 0,75% som er sett som basis er heller ikkje ubetydeleg, og burde kanskje vere lågare enn dette ved den graden av luseproblem som ein vil ynskje å sjå som «normalt».

I dag er innsatsen som vert lagt ned for å førebygge og behandle lus svært store og medfører tilpassingar i alle deler av drifta (Iversen mfl., 2017). Tidlegare har lusekostnadene i stor grad blitt lest ut frå auken i «andre driftskostnader», men i dag er meir eller mindre alle kostnadspostar påverka av lusesituasjonen. Høge lusetal har i ein del tilfelle gitt utslakting på lågare vekt - gjennomsnittleg slaktevekt gjekk ned frå 4,6 kg i 2014 til under 4,3 kg i 2016 (Iversen mfl., 2017). På grunn av svinn relatert til behandling har snittvekta på død fisk auka. Saman med redusert produksjon, som gjev færre kilo å fordele kostnadene på, gjer dette at kostnadsbiletet vert påverka på mange måtar (Iversen mfl. 2017). Dette inkluderer mindre kvantum produsert som vil gje høgare kostnad per kg, kostnader til førebygging og behandling og lågare slaktevekt. Bruk av dyrare fôr kan og gje kostnadsauke.

I denne delen analysen vil ein forsøke å få inntrykk av omfang og kostnader av luserelaterte problem ved bruk av ulike produksjonsmodellar. Som utgangspunkt ser me på estimat på talet avlusningar per generasjon i dei ulike produksjonsmodellane. Dette talet vil nok variere geografisk og mellom lokalitetar, og det vil vere ulikt kva for verknad ulike aktørar ventar seg ved overgang frå til dømes 100-grams til 1 000-grams settefisk. Me har sett føresetnader i tabell 21 som eit utgangspunkt når det gjeld tidspunkt for avlusingane. For 100-g settefisk, reknar ein med høvesvis fem og ti avlusingar. Dette vert redusert til tre for 500-g og to for 1 000-g settefisk.

Tabell 21. Tal behandlingar og avlusingstidspunkt per syklus ved høvesvis 100-grams, 500-grams og 1 000-grams settefisk.

Behandling	100-g settefisk		500 g settefisk	1 000 g settefisk
	10 avlusingar	5 avlusingar	3 avlusingar	2 avlusingar
Nr. 1	Mnd. 9	Mnd 9	Mnd. 7	Mnd. 7
Nr. 2	Mnd. 10	Mnd 11	Mnd 9	Mnd 9
Nr. 3	Mnd. 11	Mnd 13	Mnd 11	
Nr. 4	Mnd. 12	Mnd 15		
Nr. 5	Mnd. 13	Mnd 16		
Nr. 6	Mnd. 14			
Nr. 7	Mnd. 15			
Nr. 8	Mnd. 16			
Nr. 9	Mnd. 17			
Nr. 10	Mnd. 18			

³⁴ Sjukdomsutbrot er ein parallell til dette: sjukdom kan medføre tap for enkeltoppdrettarar, men dersom dei er av stort omfang, kan redusert produksjonskvantum før til høgare pris. Sjå t.d. Aunsmo, A. (2008). *Health Related Losses in Sea Farmed Atlantic Salmon*. Norwegian School of Veterinary Science, Paper V.

Tabell 23. Samanlikning av estimert vektutvikling for 100-grams settefisk før og etter 5 avlusingar med 4,5 tapte fôringsdøgn per avlusing.

Mnd.	Januar		April		Juli		Oktober	
	Avlusing	Normal	Avlusing	Normal	Avlusing	Normal	Avlusing	Normal
1	100	100	100	100	100	100	100	100
2	129	129	125	125	167	167	161	161
3	213	213	231	231	391	391	314	314
4	268	268	336	336	600	600	417	417
5	327	327	514	514	836	836	507	507
6	426	426	781	781	1 055	1 055	592	592
7	581	581	1 104	1 104	1 279	1 279	696	696
8	832	832	1 451	1 451	1 465	1 465	806	806
9	1 192	1 192	1 762	1 762	1 635	1 635	984	984
10	1 544	1 613	2 027	2 075	1 807	1 837	1 205	1 247
11	1 974	2 054	2 278	2 330	2 011	2 044	1 602	1 653
12	2 294	2 444	2 468	2 560	2 283	2 368	2 061	2 208
13	2 665	2 831	2 733	2 831	2 736	2 831	2 657	2 831
14	2 921	3 144	2 959	3 106	3 304	3 518	3 172	3 465
15	3 188	3 424	3 372	3 531	4 167	4 416	3 689	4 013
16	3 454	3 753	3 863	4 132	4 955	5 388	4 118	4 547
17	3 719	4 083	4 573	5 007	5 726	6 349	4 459	4 974
18	4 197	4 591	5 636	6 134	6 485	7 161	4 811	5 353
19	4 869	5 303	6 774	7 336	7 217	7 941	5 222	5 793
20	5 843	6 332	7 888	8 509	7 795	8 557	5 632	6 232
21	7 087	7 643	8 824	9 493	8 304	9 099	6 260	6 903

Kostnaden per avlusing er estimert utfrå biomassen per avlusing, samt kostnaden per kg som gitt ovanfor. Avlusingssplan og estimert direkte behandlingskostnad over ein generasjon 100-grams settefisk er vist i tabell 24a) og b) for høvesvis fem og 10 behandlingar. I likevekt vert kostnaden per år i vårt døme tilsvarende fire generasjonar.

Tabell 24 a). Avlusingssplan og kostnad per avlusing. 100-grams settefisk, fem avlusingar per generasjon.

Behandling	Månad i sjø	Snittvekt (kg, månadsstart)	Tal fisk	Biomasse (kg)	Kostnad ved avlusing
Nr. 1	9	1.4	729 702	1 016 490	508 245
Nr. 2	11	2.0	715 177	1 406 376	703 188
Nr. 3	13	2.7	700 940	1 890 971	945 486
Nr. 4	15	3.6	686 987	2 475 711	1 237 856
Nr. 5	16	4.1	575 662	2 358 839	1 179 419
Sum per generasjon					4 574 193
Fire generasjonar per år					18 296 773

Eit anna resultat av analysen er at svinnet i tal fisk i nokså avgrensa grad er påverka av avlusingane under føresetnad om berre 0,5% ekstra svinn per avlusing (avlusingsmånadene har dermed svinn på 1,25% til saman). Dette ekstra svinnet gjev ikkje så stor auke i totalt tap samanlikna med «basisestimatet» som har 0,75% månadleg svinn, ingen avlusingsmånader og eit totalt tap på 10,4% over ein syklus. Med fem avlusingar og 100-grams fisk vert svinnet i tal fisk estimert til 14% med fem avlusingar og 16% ved 10 avlusingar. Svinnet målt i biomasse er estimert til 690,9 tonn utan avlusing, 845 tonn med fem avlusingar og 1 012 tonn ved 10 avlusingar.

6.2 Avlusing av 500-grams og 1 000-grams settefisk

Som skrive innleiingsvis vert det lagt til grunn at kortare sjøbasert produksjonssyklus vil medføre ein reduksjon i behandlingsbehov til tre avlusingar for 500-grams settefisk og to avlusingar ved 1 000-grams utsett. For både 500 grams- og 1 000-grams settefisk er veksttap, svinn og uttak tilpassa gjennom same prosess som for 100-grams settefisk ovanfor (sjå vedlegg for meir informasjon). Ein kjem då fram til avlusingsplanar som vist i tabell 26 og 27.

Direkte lusebehandlingskostnader vert på kr 13 mill. per år for 500-grams settefisk med tre behandlingar og kr 11,2 mill. med 1 000-grams settefisk og to behandlingar. Her er utfallet sensitivt til føresetnader om avlusingstidspunkt og fiskestorleik ved avlusing (særleg ettersom ein tek utgangspunkt i behandlingskostnader per kg fisk til avlusing), noko som vil kunne gjere at analysemetoden påverkar kostnadssummen. Som tabellane viser er det i dette tilfellet slik at større fisk vert behandla i 1 000-grams eksempelet enn i 500-grams dømet.

Tabell 26. Avlusingsplan og kostnad per avlusing. 500-grams settefisk, tre avlusingar per generasjon.

Behandling	Vekt (ved månadsstart)	Antatt vekt	Tal fisk	Biomasse (kg)	Kostnad per avlusing
Nr. 1 - mnd. 7	1.6-2.8 kg	2.2	740 772	1 629 699	814 850
Nr. 2 - mnd 9	2.3-3.6 kg	3.0	726 026	2 141 778	1 070 889
Nr. 3 - mnd 11	3.3-4.5 kg	3.9	695 386	2 712 005	1 356 002
Sum per generasjon					3 241 741
Fire generasjonar per år					12 966 964

Tabell 27. Avlusingsplan og kostnad per avlusing. 1 000-grams settefisk, to avlusingar per generasjon.

Behandling	Vekt (ved månadsstart)	Antatt vekt	Tal fisk	Biomasse (kg)	Kostnad per avlusing
Nr. 1 - mnd. 7	2.6-4.3 kg	3.5	740 772	2 555 665	1 277 832
Nr. 2 - mnd 9	3.6-5.3 kg	4.5	682 306	3 036 260	1 518 130
Sum per generasjon					2 795 963
Fire generasjonar per år					11 183 850

I likevektsproduksjon vil kostnadene for 500-grams settefisk no utgjere kr 31,0 per kg, og for 1 000-grams settefisk kr. 32,4 per kg (tabell 28).

For 100-grams settefisk vert snittvekt per slakta fisk redusert frå 5,32 kg i «basis-scenario» utan lus til 4,78 kg med fem lusebehandingar og 4,66 kg med 10 lusebehandingar. Likevekt slakt vert redusert frå 14 271,3 tonn (inga behandling) til 12 145,8 tonn (10 lusebehandingar), ein reduksjon på knapt 15%. Svinn i biomasse aukar frå 690,9 tonn (inga avlusing) til 1 012,2 tonn (10 avlusingar), ein auke på 55,5%. Produksjonskostnad aukar frå kr 28,0/kg til kr 30,7/kg (fem behandlinger) til kr 33,80 (10 behandlinger), ein auke på kr 5,0 eller 17,4% i tilfellet med 10 behandlinger. Totale produksjonskostnader per år aukar med omlag 10 mill kr.

Ved å sjå på produksjonskostnad og kvantum kan ein gjere ei enkel samanlikning av dei ulike alternativa. Ved 100-grams settefisk og 10 avlusingar er både 500-grams og 1 000-grams settefisk (med høvesvis tre og to behandlinger) estimert å kome fordelaktig ut – på produksjonskostnad per kg så vel som slakta kvantum³⁵. 500-grams settefisk kjem fordelaktig ut både på slaktekvantum og produksjonskostnad per kg også ved fem avlusingar. Med 1 000-grams settefisk er produksjonskostnaden estimert å vere noko høgare enn 100-grams settefisk med fem behandlinger, medan slakta biomasse talar i motsett retning og er fordelaktig.

Ein merknad til analysen er at estimering og samanlikning av kostnadene ved avlusing er krevjande, ettersom modellen i seg sjølv ikkje kan estimere smitterisiko og lusepopulasjonsdynamikk. Ein tek til dømes ikkje stilling til om det er skilnad i sesong, biomassetettleik, tidsperiode sidan siste brakklegging eller anna som er av betydning for når behandlingsbehovet oppstår. Utan dette må ein gjere føresetnader på andre måtar om når og kor ofte avlusing skjer, slik som er gjort ovanfor. Eit problem med dette er at dei føresetnadene som ein på andre måtar legg til grunn om avlusingstidspunkt og fiskestorleik gjev utslag i kostnaden og i skilnaden mellom alternativa.

Skilnaden i føresetnader mellom 100-grams, 500-grams og 1 000-grams settefisk må dermed vere korrekt definert – ikkje berre i form av talet avlusingar ein sparar per generasjon, men og kva fiskestorleik som vil verte utsett for behandling i dei ulike alternativa. Dette er vanskeleg å slå fast, ettersom det er få som har erfaring med utsett av ulik settefiskstorleik over tid. I praksis vil det og vere ulike sesongmessige omsyn. Skilnaden i avlusingskostnader i denne analysen vert dermed estimert mest på basis av kva ein ventar seg frå ulike produksjonsscenario, der me har fått informasjon om at større settefisk vil kunne spare eit visst tal avlusingar per generasjon som følgje av kortare eksponeringstid og hyppigare brakklegging. Med tanke på vidare forskning kan ein dermed forestille seg at ein modell som i tillegg kunne ta omsyn til faktorar som lokale smittetilhøve, populasjonsdynamikk og dermed sesongmessig risikoprofil i sjø ville vere meir høveleg for å tilpasse produksjonsplanar i praksis, og til å anslå avlusingsbehovet ved ulike produksjonsplanar. Noko slikt ville elles vere svært interessant med tanke på å kaste lys over problemstillingar som næringa står overfor med omsyn til brakkleggingsintervall og bruk av lokalitetar.

I prinsippet kunne ein også i denne analysen variere føresetnader om talet på behandlinger og avlusingstidspunkt i større grad som ei utvida risikoanalyse, basert på same modell som presentert over. Dette vil likevel framleis ikkje ta omsyn til dei lokale tilhøva og avgrensingane som den enkelte oppdrettar i praksis vil stå overfor når det gjeld sesongmønster, lokalitetar og eventuelle bedriftsspesifikke tilhøve som i kan vere utslagsgjevande for optimal settefiskstrategi individuelt sett.

6.4 Inntektsvariablar, føresetnad om behandlingskostnad og andre omsyn

I denne delen vil ein sjå på to ting: Potensielt innteksttap på bedriftsnivå ved nedklassing og føresetnaden om behandlingskostnad per kg fisk til avlusing. Følgjande vert undersøkt (med utgangspunkt i 100-grams settefisk):

³⁵ Minner i den samanheng igjen om føresetnadene om likt tal lsettefisk til utsett og månadleg svinn.

KAPITTEL 4. ØKONOMISK ANALYSE AV PÅVEKST I LUKKA SJØANLEGG

1. Innleiing

Dette kapitlet ser på påvekst av laks i lukka sjøanlegg. Innhaldet omfattar bakgrunnsinformasjon om lukka og semi-lukka oppdrettsteknologi, omtale av enkelte konsept under utvikling og uttesting, samt ei meir hypotetisk kostnadsanalyse for eit scenario der ein skiftar høvesvis heile eller ein del av påvekstfasen til lukka anlegg. Analysen er gjort som ved påvekst i opne merdar, men ettersom teknologiane er ulike, er det ulike føresetnader for investeringar og driftskostnader. Når det gjeld vekst, sjukdom og svinn vert det vist til erfaringar frå utprøving av enkelte konsept i praksis. I dømet har ein likevel lagt til grunn same vekstkurve som ved påvekst i opne merdar, ettersom erfaringsgrunnlaget framleis er noko avgrensa, og dei teknologiske konseptane så ulike. Gitt variasjonane i teknologiske og driftskonsept vil estimat og anslag på investeringar og driftskostnader vere både så usikre og så varierte at kostnadsestimering vil vere eit grovt anslag. Å sjå på investeringar, driftsplanlegging og driftskostnader i lukka samanlikna med opne anlegg er likevel ei nyttig øving når det gjeld å reflektere over høve, avgrensingar og potensiale for implementering av slik teknologi i kommersiell samanheng.

Lukka eller semi-lukka oppdrettsanlegg er definert ved at dei har ei tett eller bortimot tett fysisk barriere mellom vassmiljøet til fisken og det omliggjande miljøet. Barrierar kan vere ein karvegg, ein dukvegg eller liknande. Lukka anlegg i sjø vert gjerne omtala som ”lukka, flytande anlegg” (Rosten m.fl. 2011). Alt etter material og teknologi, kan dette inkludere (om enn utan å vere avgrensa til): lukka, fleksible poseanlegg; lukka, stive anlegg (plast og betong) og lukka anlegg basert på rørteknologi (Rosten m.fl. 2011). For definisjon og klassifisering av lukka anlegg vert det vist til Sintef rapport.

Ettersom lukka anlegg framleis er på utviklings- og konseptstadiet er det mest teknologiske vyer og investeringsvilje som set grenser for korleis ein kan tenkje seg slike anlegg i framtida – noko som vert demonstrert i søknadslista for utviklingsløyve frå Fiskeridirektoratet³⁸. Forslag til nye anleggskonsept i Noreg har inkludert utformingar og material som kompositt, heilduk og not, tankskip, plastrør, fleksibel polymer-plastikk, kar, betong og stål (Rosten m.fl. 2013).

Å skilje det ytre miljøet frå det interne i oppdrettsanlegget vert i aukande grad sett som ein fordel for laksevelferd, fiskehelse og oppdrettsøkonomi parallelt med aukande fiskehelse- og luseproblem i opne merdar. Sentralt for dette er ei formeining om at oppdrett i lukka sjøanlegg vil kunne tilpasse vassinntaket til ønska djupne, og på den måten redusere tilkomst av lus til anlegget (Rosten m.fl. 2011). Førebels resultat frå uttesting av lukka anlegg med djupare vassinntak gjev indikasjon om at luseproblemet kan reduserast (Rosten m.fl. 2011), og gjennom uttesting av ulike lukka konsept er det også støtte for dette (t.d. AkvaDesign og Preline). Gjennom høve til jamn og hyppig utskifting av mykje vatn og oksygentilsetting vert det elles venta at vasskvaliteten i desse anlegga kan tillate større fisketettleik enn opne merdar, der ein er avgrensa av naturleg vassutskifting og oksygeninnhald i sjøen.

Vidare bør lukka anlegg kunne utnytte at temperaturen er meir stabil dersom vatnet vert henta frå ei viss djupne. På den måten kan ein i større grad regulere vasstemperaturen i høve til årstidsvariasjonar i overflatetemperatur, noko som kan vere gunstig for tilvekst, trivsel og overleving ved dei varmaste og kaldaste periodane og lokalitetane. Inntak av djupare vatn er likevel ofte kaldare i enkelte perioder av året, noko som også kan redusere tilvekst i desse

³⁸ Sjå: <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tildeling-og-tillatelse/Saertillatelse/Utviklingstillatelse/Brev-og-vedtak>.

Gjennom Lerøy er det lukka konseptet “Preline”, der åtte generasjonar storsmolt er produsert frå ein utsettsstorleik på 100 gram opp til 600 gram før overføring til påvekst i opne merdar, utprøvde over dei siste tre-fire åra. Maksimal tettleik er oppgitt til 75 kg per m³, og med påvekst fra 100 til 600 gram kan ein rekke om lag to produksjonar per år. Preline er utforma som lengdestraumsrør og er teknologisk og i design ulikt frå dei runde, lukka merdane under utprøving gjennom AkvaFuture og Marine Harvest.

I staden for å gjenbruke vatn og tilsette oksygen er Preline basert på gjennomstrøyming med svært rask utskifting av vatnet. Anlegget har eit volum på 2 000 m³ og med ein vasstraum på 400 m³ per minutt vert vatnet utskifta kvart femte minutt (langt lågare opphaldstid og større vassforbruk enn andre lukka konsept som er omtalt her. Anlegget vil vere basert på rask utskifting heller enn oksygentilsetting i vatnet for å oppretthalde god vasskvalitet, og vil på den måten avhenge av færre kritiske system som potensielt kan svikte). Gjennomstrøyminga inneber elles ein jamn straum gjennom anlegget og god mosjon for fisken - noko som i tur kan ha verknad på muskulatur og vidare vekst etter utsett frå anlegget. Når det gjeld energibruk fungerer dette prinsippet ulikt frå lukka merdar med mykje pumping for løfting, sirkulasjon og oksygentilsetting av vatn – Preline er i staden basert på straumsetting og “skyving” av vatn.

Inntaksvatnet kjem i dette konseptet frå 30-40 meters djup, som medfører monaleg lågare risiko for å ta inn patogen i systemet samanlikna med vatn nærare overflata. Erfaringar så langt tyder på eit godt potensiale når det gjeld biologi, fiskehelse og risikoreduksjon i anlegget - til no har ein lusebehandla fisk i anlegget berre ein gong. Dette tilfellet skjedde i samband med kollaps av eit inntaksrør og dermed inntak av grunnare vatn/overflatevatn. Slik sett kan hendinga vere illustrativ for det vern ein faktisk kan oppnå gjennom styring av inntaksvatn ved lukka produksjon, samt kor viktig rett og påliteleg design og konstruksjon er for å realisere dette potensialet på konsistent basis.

Når det gjeld overleving har ein observert svinn under 1% i påvekstperioden frå 100 til 600 gram, samanlikna med 4-10% i referansegrupper i opne merdar. Saman med kontrollert føring og slamfeller til oppsamling av forspill bidreg dette og til ein betre økonomisk förfaktor - kanskje frå 1,1 i opne anlegg til 0,85 i Preline.

Funksjonalitet og driftsprosessar kan vere ein annan skilnad mellom ulike konsept. Preline har til dømes heilt andre prosessar for reingjering og brakklegging enn ein del andre lukka merdkonsept, ettersom Preline kan heve den delen av anlegget som held fisk over vassflata for spyling, desinfisering og tørrlegging. I andre tilfelle kan prosessar relatert til reinhald utgjere ein monaleg kostnadspost, ettersom det kan vere påkrevd med monalege undervassoperasjonar med dykking og krevjande arbeidstilhøve.

Ut frå gjennomgangen av nokre få døme på utviklingskonsept (sjå nedanfor) og utprøving av lukka anleggsdesign ovanfor, kan ein indikere stor variasjon i konsept og føresetnader for teknologi, skala, utforming og driftsfunksjonar i lukka anleggskonsept. Å gjere ei generell økonomisk analyse av lukka anlegg på dette stadiet er dermed vanskeleg, med så stor uvisse om både investeringar, produksjonsvariablar, kostnader og kostnadsdrivarar i drift. Det er elles uvisst korleis selskap i næringa i praksis vil implementere lukka anlegg i sine driftsplanar.

Føresetnadene som vert lagt til grunn om produksjon i lukka anlegg i denne analysen vert presentert i nedanfor. Men fyrst vil ein kort presentere nokre av dei lukka konseptane som er under planlegging og utvikling, og som er tildelt utviklingsløyve gjennom Fiskeridirektoratet si tildeling av løyve til særskilde føremål.

2. Tildelte utviklingsløyve til oppdrett i lukka anlegg

Av dei lukka konseptane som er under utvikling og utprøving i dag, skjer produksjonen gjerne gjennom spesielle produksjonsløyve, som FOU-løyve. Ein konsekvens av at det vart iverksett ei søknadsordning for tildeling av utviklingsløyve er stor grad av innovasjonen, både når det

Marine Harvest Norway AS – 6 løyve for 15 år.		Egget® semi-lukka anlegg med stiv skallkonstruksjon, permanent inntak av djupvatn i store mengder. Lukka også i topp. Mesteparten av anlegget under vatn. Uttak av fisk i topp med spesialkonstruert rist, vil kunne tillate batchvis slakting.	Egget skal testast ut for drift i klynge med 5 egg à 21.000 m ³ . MH vonar å sette ut fisk i 2020.
---	--	---	---

Tabell 1 b). Andre utviklingsløyve, ikkje lukka konsept.

Ocean Farming AS (SalMar Norway AS) – 8 løyve for 7 år.	Frohavet. Robust anlegg som er konstruert for å kunne innstallerast og operast i havnære område. Gjennom teknologien kan ein ta i bruk nye, meir eksponerte område til akvakultur.	Havmerden. Konseptet bygg på dei same grunnleggjande eigenskapar som halvt nedsenkbare installasjoner i offshorenæringa.	690 mill. kr. for pilotanlegg.
Nordland Oppdrett AS – 10 løyve for 15 år.	Ein berande grunnidé for konseptet er å flytte deler av havbruksproduksjonen lengre ut frå land til meir eksponerte lokalitetar, og slik ta i bruk nye område til akvakultur.	Havfarm I. Stålkonstruksjon bestående av ein baug med bofasilitetar og verkstad, eit midtparti med merdar, og eit hekkparti med t.d. ensilasjesystem og generatorkapasitet.	Investeringskostnadene for Havfarm 1 er estimert til 817 mill kr. Utsett av fisk>1 kg.
Atlantis Subsea Farming AS – 1 løyve for 4 år.	-	Atlantis: eit nedsenkbart oppdrettsanlegg for oppdrett av laks i industriell skala. Merdane på storleik med dei i kommersielle plastranlegg (160-metringer – 200 000 fisk). Anlegget skal vere nedsenka ca. 90% av tida og berre hevast til overflateposisjon ved gjennomføring av naudsynte operasjonar.	Investeringskostnader 79,9 mill kr.

eit estimat for lukka heller enn open merdkapasitet, med anslag over driftskostnader som energi, oksygen, vedlikehald, bemanning og slam.

Analysen er oppbygd som i kap. 3. Ettersom dei teknologiske konsept og konstruksjonane er under utvikling vil både investeringar, driftskostnader og dimensjonerande kriterium vere usikre. Reknedømet baserer seg på eit semi-lukka konsept som kan nyttast i samband med eksisterande lokalitetar og infrastruktur.

3.1 Føresetnader

Biologi og teknologi

I analysen av lukka anlegg er føresetnader om vekst og temperatur sett likt som i tidlegare analysar, dvs. basert på temperatur frå Bud på Vestlandet, 5 meter djup og vekstfaktor på 2,7 (2,2 fyrste månad ved utsett). Det er dermed ikkje gjort tilpassingar for temperaturprofil over året eller at ein ventar raskare vekst. Svinn er og sett likt som i opne merdar, på 0,75 % per månad. Både når det gjeld vekstrate og svinn vert altså same utgangspunktet lagt til grunn som for oppdrett i opne merdar.

Føresetnader om fisketettleik og vasskvalitet i analysen og i lukka konsept generelt er usikre. Mogeleg fisketettleik i eit anlegg er avhengig av vasskvaliteten, som i lukka anlegg mellom anna vert påverka av inntaksvatn, utskiftingstid og oksygentilsetting. I tillegg vil utskiftingstid og derigjennom straumsnøggleik (trim) påverke oksygenkonsumet til fisken i anlegget. Desse relasjonane har me ikkje høve til å ta omsyn til i denne analysen, som er avgrensa til å nytte ein vekstfaktor (TGC) og anslag for maksimal fisketettleik som grunnlag for å beregne produksjon i anlegget.

Dimensjonering og infrastruktur til lukka merdanlegg

Tabell 2 viser tre døme på lukka anleggskonsept, basert på to konseptskisser som er tildelt utviklingsløyve av Fiskeridirektoratet, samt eitt som ventar avklaring (tal i tabellen er svært usikre og baserer seg på dokumentasjon som framgår av offentlege saksbehandlingsdokument, med estimat meint for søknader om utviklingsløyve). Det eine konseptet, eit semi-lukka merdanlegg som vil vere samansett av 12 tilstøytande merdar, er basert på AkvaDesign⁴⁰, eit anlegg under utprøving gjennom AkvaFuture. Det andre er basert på ei større lukka eining kjent som Egget frå Hauge Aqua⁴¹ og planlagt for utprøving i Marine Harvest⁴². Begge døme er meint å kunne nyttast saman ved eksisterande lokalitetar og infrastruktur. Tredje døme er basert på Lerøy si skisse for «Pipefarm», ei vidareutvikling av det lukka konseptet Preline, som omtalt ovanfor.

I analysen vidare tek ein utgangspunkt i dimensjonering og investeringsanslag som skissert for merdanlegget i fyrste linje i tabellen under, med eit anlegg på 12 merdar og 72 000 m³ per lokalitet.

⁴² Samanlikna med Egget ser AkvaDesign sine anlegg meir ut som dagens anlegg, med ein open flytekrage i havoverflata. Egget er derimot fullstendig lukka også over havoverflata, med 90 prosent av produksjonseininga sitt volum fylt av vatn, og 10 prosent fylt av luft. Egget er framleis på konseptstadiet, medan tidlegare versjonar av AkvaDesign og Lerøy sine konsept er utprøvd i ei viss grad. (Marine Harvest har elles som nemnt erfaring frå produksjon av post-smolt gjennom ein FoU-konsesjon i Hordaland).

Tabell 3. Investeringar i lukka merdanlegg.

Per lokalitet	Stk.	Pris	Sum	Levetid	Årleg avskrivning og rente
Semi-lukka merdanlegg (per merd)	12	7 635 000	91 620 000	10	11 295 916
Slamanlegg	1	30 000 000	30 000 000	15	2 698 233
Fôrbase og fortøying	1	25 820 000	25 820 000	10	3 183 372
Arbeidsbåt – liten	1	450 000	450 000	10	55 481
Sum per lokalitet			147 890 000		17 233 002
Sum alle lokalitetar i selskapet	7	147 890 000	1 035 230 000		120 631 017
Kontorbygg	1	15 000 000	15 000 000	20	1 103 726
Straum (landstraum)	7	20 000 000	140 000 000	-	5 600 000
Produksjonsløyve	9	93 600 000	842 400 000	-	33 696 000
Total tomt, løyve og infrastruktur			862 400 000		34 496 000
Sum, heile selskapet			2 032 630 000		161 030 743
Investering per m ³			4 033		320

Produksjonsplan

Det vert det lagt til grunn ein maksimal fisketettleik på 40 kg/m³ i det lukka merdanlegget, som er i øvre del av oppgitt fisketettleik under tidlegare forsøk⁴⁴. Med 72 000 m³ per merdanlegg vil ein kunne ha ei maksimal biomasse på 2 880 tonn per lokalitet. Med sju lokalitetar og utsett og uttak som skissert skal produksjonsplanen tilfredsstille det generelle kravet om to månader brakklegging mellom kvar syklus (per i dag er det nok vanskeleg å vite kva som vert praksis og prosedyre når det gjeld slam frå lukka anlegg i sjø). Sjølve produksjonsplanen vert dermed stort sett lik som ved bruk av opne merdar. Produksjonen vert såleis som vist i

⁴⁴ Sjø: A. Nilsen et al. / Aquaculture 466 (2017) 41–50: The closed cages were supplied with 2 water pumps (2.7–5.5 kW, Xylem Norway AS), each with a maximum theoretical capacity from 10 m³ ·min⁻¹, used in the 1550 m³ cage in 2012, to 20 m³ ·min⁻¹, used in the 3 000 m³ cages during the rest of the project. The water was pumped from 25 m depth and pushed into the cages 0.5 m below the surface, to avoid the extra energy cost of lifting water above sea level. At stocking date, the density of smolts in the closed cages was low (1.7–5.3 kg·m⁻³), but when density reached 25 to 40 kg·m⁻³ the cages were emptied and the fish harvested or moved to open cages or other closed cages.

Tabell 4: Årleg likevektsproduksjon

	Lukka merdanlegg (u/avlusing)	Open merd u/ avlusing	Open merd, 5 avlusingar	Open merd, 10 avlusingar
Produksjon (kg) per kg MTB	2,0	2,0	1,82	1,73
Produksjon (kg) per m ³ merdvolum	28	12	11	10
Snittvekt per fisk (kg)	5,3	5,3	4,8	4,7
Tal fisk slakta per år (stk)	2 683 986	2 683 890	2 666 988	2 603 859
Slakt per år (tonn):	14 266,9	14 271,3	12 760,9	12 145,8

at det vert naudsynt å utnytte anleggskapasiteten langt meir effektivt enn i dette produksjonsscenarioet dersom ein skal kunne vere konkurransedyktig med tradisjonell oppdrett – med mindre ein har heilt ekstraordinære utfordringar i sjø, enten med sjukdom eller på andre område som kan adresserast effektivt gjennom lukka teknologi.

Ettersom lukka anlegg i liten grad er utvikla og utprøvd i stor skala, er det som nemnt stor uvisse om både investeringsbeløp og driftskostnader som til dømes energibruk og slambehandling. Ein har difor presentert sensitivitetsanalysar for nokre variablar i Tabell 6.

Tabell 6. Sensitivitetsanalyse.

		Lågare kostnad	Basis-scenario	Høgare kostnad
Investering +/- 30%	WFE	34,3	37.9	41,5
	Endring %	-9,5%		9,5%
Energi, oksygen og slam	WFE	36,5	37.9	39,3
	Endring %	-3,7%		3,7%
Lønnskostnad	WFE	37,2	37.9	38,6
	Endring %	-1,8%		1,8%

Av kategoriane som vist i 6 er produksjonskostnadane mest sensitive til endringar i investeringar (av den totale investeringa utgjer nesten halvparten verdien på produksjonsløyve). Ei endring i totale investeringar på +/- 30% medfører ei endring i produksjonskostnaden per kg på +/- 9,5%.

Ved tilsvarende prosentvis endring i kostnader til energi, oksygen og slam (alle tre kostnadskomponentar samtidig) vert utslaget på 4%, medan utslaget ved ei 30% endring i lønnskostnader svarar til ei endring på 2%.

3.3 Påvekst av 100-grams settefisk ved kombinert drift av lukka og opne merdar – storsmolt i lukka anlegg og påvekst i tradisjonelle merdar

Grunna store investeringar vert lukka einingar gjerne tiltenkt ulik bruk samanlikna med tradisjonelle merdar. Ved full påvekstsyklus i lukka anlegg vil kapasitetsutnyttinga bli altfor dårleg i snitt til å forsvare investeringane, ettersom biomassen i anlegget er langt mindre enn maks tettleik mesteparten av tida.

Ein måte å utnytte den lukka kapasiteten betre på er å avgrense bruken av lukka merdar til ein mellomstasjon mellom settefiskanlegg på land og opne merdar. På dette vekststadiet er langt mindre kapasitet naudsynt, og alt etter korleis selskapet planlegg innsett og uttak i anlegget kan potensielt også omlaupssnøgleiken og snittbiomassen i anlegget over tid verte høgare. Vinsten elles vil vere at eksponeringstida i open sjø vert redusert, men ikkje eliminert for kvart smoltutsett. Eit døme på denne produksjonsmodellen kan analyserast noko enkelt med utgangspunkt i produksjonsoppsettet over (dvs. same utsetts- og uttaksmønster), men med mindre omfang av lukka produksjonskapasitet samt full kapasitet av opne merdar installert ved den enkelte lokaliteten. Kapasiteten i opne merdar per lokalitet vert i dette tilfellet lik som ved full påvekst i opne merdar – totalt ca. 150 000 m³ per lokalitet (sjå kap. 3) – ettersom maksimal biomasse i opne merdar ved lokaliteten vert det same som den ville vere utan bruk av lukka merdar som mellomstasjon.

Ved å ta utgangspunkt i oppsettet over kan ein sjå føre seg to måtar å tilnærme seg eit slikt produksjonsopplegg på ein forenkla måte:

- 1) Kvar lokalitet har permanent installert lukka merdkapasitet for produksjonsfasen fram til ca. 1 000 gram

4. Oppsummering og diskusjon

Det står att å sjå om lukka einingar i sjø vil verte tekne i bruk kommersielt og finne sin plass i oppdrettsselskapa sine produksjonsplanar. Potensielt kan lukka anlegg opne for betre høve til å levere settefisk av ønska storleik til ønska tid, å korte ned eksponeringstida i opne anlegg og å auke utnytting og omlaupssnøgleiken ved matfisklokalitetane.

Resultata av kostnadsanalysen for lukka oppdrett viser at lukka produksjon gjev høgare produksjonskostnad enn tradisjonelt oppdrett, som fylgje av store investeringar og auka driftskostnader (tabell 8). Med dei føresetnadene om investeringar som vert lagt til grunn for full produksjonssyklus i lukka anlegg – med elles like føresetnader om tilvekst, svinn og selskapsstruktur – finn ein at det vil vere vanskeleg å forsvare skilnaden i investeringsbeløp, med mindre ein opplever heilt spesielt krevjande utfordringar som ein kan adressere ved overgang til lukka produksjon.

Tabell 8. Samanlikning av scenario og estimat – påvekst av 100-grams settefisk i lukka og open merd

	Lukka merdanlegg – full syklus	Kombi. lukka/open	Open merd u/ avlusing	Open merd, 5 avlusingar	Open merd, 10 avlusingar
Produksjonskostnad per kg	37,9	32,6	28,0	31,3	33,8
Slakt per år (tonn):	14 267	14 267	14 271	12 761	12 146
Produksjon (kg) per kg MTB	2,0	2,0	2,0	1,82	1,73
Produksjon (kg) per m ³ merdvolum	28	12	12	11	10
Investering per m ³ merdvolum (kr)	4 033	1 381	960	960	960

Med utsett av 100-grams settefisk og påvekst fram til slakt vert syklusen for lang og snittvekta per eining for låg til at dette er økonomisk. Ein vil difor truleg vurdere andre produksjonsmodellar ved bruk av denne typen anlegg – anten med utsett av større settefisk eller eventuelt som mellomstasjon for produksjon av postsmolt til vidare påvekst opne merdar. På den måten kan snittvekta på biomassen i anlegget verte høgare, omlaupssnøgleiken større og ein får større produksjon og kapasitetsutnytting per kubikk.

Eit estimat for bruk av lukka merdar i kombinasjon med tradisjonell påvekst vart også gjort, og i dette tilfellet vart det antyda ein meir konlurransedyktig produksjonskostnad – kr 32,60 per kg, samanlikna med kr 37,90 per kg ved full påvekstsyklus i lukka anlegg. Også i dette tilfellet vert det eit spørsmål om kapasitetsutnytting, og korleis den lukka anleggskapasiteten og produksjonskapasiteten skal innpassast i selskapet sin andre produksjon. Dersom ein skal ha den lukka anleggskapasiteten permanent installert ved den enkelte lokaliteten vil denne gjere lite nytte av seg etter at fisken har nådd 1 kg. I ein slik situasjon vil truleg selskapet velje å la delar av fisken stå lengre i det lukka anlegget for å utnytte kapasiteten, i staden for å overføre heile utsettet til opne merdar og la dei lukka einingane stå tomme.

Eit alternativ kan vere å dele den lukka anleggskapasiteten mellom fleire lokalitetar, med flytting av merdane til ein ny lokalitet etter utsett av storsmolt ved ein annan. Her kjem det både praktiske, kostnads- og regulatoriske spørsmål inn i biletet, og medan ein del lukka anlegg kanskje kan vere praktiske å reingjere og flytte effektivt, vil andre konsept gjerne ikkje oppfylle desse kriteria. Skulle ein i staden tenkje seg at anlegget er fast installert ved ein eigen lukka lokalitet medan settefisken kan verte flytta vidare til påvekst ved opne påvekstlokalitetar, så er det også usikre moment ved ein slik strategi. Som fylgje av nye PD-forskrifter kan det potensielt verte avgrensa fleksibilitet for flytting av fisk frå lukka anlegg til vidare påvekst⁴⁵.

⁴⁵ Mattilsynet skiljer mellom settefisk frå landbaserte RAS-anlegg med desinfisert inntaksvatn og settefisk frå sjøvatn, og gjev ulike føringar for flytting av fisk frå desse to produksjonsteknologiane.

5. OPPSUMMERING

Denne rapporten har teke føre seg fire forskjellige produksjonskonsept for laks – matfisk på land (kapittel 1), stor settefisk frå landbaserte RAS-anlegg (kapittel 2), sjøbasert påvekst av stor settefisk (kapittel 3) og påvekst i lukka anlegg (kapittel 4). I dette oppsummerande kapittelet vil me kome med ein del generelle merknader til analysen, deretter sjå på dei ulike konseptane enkeltvis, før me til slutt ser på ein del aktuelle problemstillingar for vidare analyse.

Generelle merknader

Rapporten presenterer samanliknande kostnadsanalyser av eksisterande og framvaksande produksjonsmodellar for lakseoppdrett i Noreg. Produksjonen av laks har flata ut både i Noreg og Chile dei siste åra. Marknadssituasjonen har likevel gjort at lønsemda er god, til trass for aukande produksjonskostnader og biologiske utfordringar. God lønsemd vil normalt gje insentiv til auka produksjon, men produksjonsutfordringar og bindande reguleringar har hindra ekspansjon gjennom konvensjonell produksjonsteknologi. I denne situasjonen vert det søkt mot nye produksjonsmodellar og teknologiar som kan adressere utfordringane og opne for å auka produksjon.

Studien konsentrerer seg om å samanlikne produksjonskostnader, og presenterer føresetnader om investeringar, produksjonsplan og driftskostnader for dei ulike produksjonsmodellane enkeltvis. Eit føremål med dette er å kunne seie noko om konkurranseevna til dei ulike konseptane over tid, etter at ein har oppnått likevektsproduksjon. I tillegg til kostnadsestimat, viser ein korleis kapitalstruktur og bruk av innsatsfaktorar varierar mellom ulike konsept. Å illustrere skilnader i bruk av innsatsfaktorar er spesielt nyttig der enkelte innsatsfaktorar er «flaskehalsar» for næringa eller for einskildaktørar, noko som i så fall vil vere av betydning for optimal tilpassing og val av produksjonsmodell. Døme på slike flaskehalsar kan vere produksjonssløyve (MTB) eller lokalitetar.

Analyse av sjøbasert påvekst i opne (kapittel 3) og lukka (kapittel 4) anlegg er gjort ut frå eit «basis-oppsett» for selskapsstruktur, produksjonsplan og andre føresetnader. Dette vert lagt til grunn for varierte driftsscenario med mål om å illustrere korleis variablar som settefiskstorleik og skilnader i investering og teknologiske konsept har betydning for selskapet – når det gjeld kostnadsstruktur, kapasitetsutnytting, behov for lokalitetar og utfordringar med MTB («alt anna likt»). I praksis vil ein derimot gjerne ikkje sette dei aktuelle føresetnadene like under ulike driftsscenario – noko som inneber at analysen fokuserer på samanlikning mellom ulike produksjonsmodellar, heller enn optimering av dei enkelte produksjonsplanane. Ein fordel ved sams selskapsstruktur og føresetnader er også at eventuelle nivåfeil på produksjonskostnadene til ei viss grad vert felles mellom scenario, slik at samanlikninga vil ha verdi i seg sjølv – trass potensielle veikskapar i føresetnader. I dei fleste tilfelle er det presentert tilstrekkeleg informasjon til at lesaren sjølv kan vurdere datagrunnlaget og eventuelt justere komponentar for pris eller forbruk og relativt enkelt gjere seg opp ei oppfatning av utslaget på totalkostnader og kostnad per kg.

Rapporten omhandlar i vesentleg grad «nye» teknologiar som ikkje er utprøvd i stor skala eller der ein har avgrensa erfaring. Uvisse og risiko er difor tema som går igjen, og som spesielt er drøfta i samband med landbasert oppdrett (kapittel 1). Risikoprofil vil i seg sjølv kunne vere ein viktig skilnad mellom ulike konsept og produksjonsstrategiar, men ein har framleis avgrensa kunnskap om desse skilnadene. Sensitivitetsanalyser vert nytta for å analysere usikre variablar, særleg når det gjeld økonomisk analyse av landbasert oppdrett. I økonomisk samanheng er sensitivitetsanalyser nyttige for å kaste lys over ein del relasjonar der det råder uvisse. Utover dette er det gjort meir kvalitative drøftingar av teknologisk og biologisk uvisse, både i SINTEF rapport og i denne delrapporten.

Når det gjeld oppdrett i sjø (opne merdar) har ein fokusert på biologisk risiko i form av lus og lusebehandlingar, medan sjukdom ikkje er omtalt. Ettersom dette også gjeld for dei

I kapitlet er det understreka at det er grunnleggjande uvisse når det gjeld mange relasjonar innan landbasert oppdrett og at risikoen er stor. Som ei tilnærming til dette har ein gjort ein analyse av uvisse og risiko i landbasert RAS, inkludert å skissere eit hypotetisk, ekstraordinært tapsscenario med potensielle konsekvensar for ei nystarta bedrift.

Med den produksjonsplanen som er lagt til grunn vert produksjonsperioden på 19 månader for kvart utsett av fisk, frå startfôr til slakt. Oppbyggingstida frå fyrste utsett av fisk og fram til fyrste slakt er dermed svært lang. Med sentralisert vassbehandlingssystem (RAS) kan ein ved eit uhell i anlegget risikere at all fisk i alle avdelingar går tapt. I kapittel 1 har ein skissert eit slikt uhell all fisk dør i april i år to. Gjenoppstart med fyrste utsett av yngel til startfôr er skissert i juli, nokre månader seinare. Ikkje før desember år fire vert det slakt frå anlegget igjen. Dette inneber heile 20 månader utan slakt, gitt at anlegget må fyllast opp att ved hjelp av eigen produksjon. Planlagt slakt i denne perioden ville elles vore på 10 085,4 tonn. I kapittel 1 ser ein vidare på eit alternativt scenario der anlegget er delt inn i fem smittesoner, og ein føreset at uhellet vert avgrensa til berre ein modul. Slakt over den aktuelle perioden er i dette tilfelle redusert til 8 068,3 tonn (samanlikna med 10 085,4 tonn ved full drift), altså monaleg mindre. På den andre sida vil fem smittesoner innebere større investeringar og høgare produksjonskostnader, slik at redusert risiko kjem til ein viss pris.

Risikoanalysen viser at landbasert oppdrett kjem an på ein god koordinasjon mellom biologi, teknologi, kjemi og økonomi.

Kap 2 – Økonomisk analse av produksjon av storsmolt.

Analysen av stor settefisk på land ser på produksjonskostnad per settefisk for høvesvis 500-grams og 1 000-grams settefisk. Føremålet med analysen er å estimere produksjonskostnader per kg slakteklar laks ved vidare påvekst i sjø. Dette vert gjort i kapittel 3 for ulik storleik av settefisk og under ulike avlusingsscenario.

Under gitte føresetnader er kostnaden per settefisk estimert til kr 26,20 og kr 45,80 per stk. for høvesvis 500-grams og 1 000-grams fisk. Denne kostnaden vert brukt vidare som utgangspunkt for kostnadsanalysen av påvekst i sjø (internpris er sett lik produksjonskostnad i denne analysen).

Tilsvarande som for landbasert matfiskproduksjon er det utført sensitivitetsanalyser for endringar i ulike variablar. Også i denne analysen er konsekvensane størst ved endringar i parametarar som har å gjere med kapasitetsutnytting i anlegget – særleg når det er tale om monaleg svinn. Desse har i tillegg til å påverke kostnadene konsekvensar for salskvantum og dermed inntekt. Kostnaden er og sensitiv til investeringsnivå, avkastningskrav og førkostnad. Ved tolking av tap og konsekvensar ved uhell i settefiskproduksjon må ein elles hugse å ta omsyn til den vidare påvekstdelen, og korvidt eit eventuelt uventa svinn i produksjonen kan verte erstatta med alternative forsyningskjelder til påvekst i sjø.

Kap 3 – Økonomisk analyse av påvekst av i opne merdanlegg.

Analysen av påvekst i opne merdar er ei vidareføring av kapitlet om stor settefisk på land. Det er fyrst og fremst kostnaden per kg slakteklar fisk som er av interesse, og interessa for stor settefisk har grunnlag i eit ynskje om å betre produksjonen samla sett, anten ved å adressere flaskehalsar eller ved å redusere risiko, produksjonsutfordringar og kostnader.

Påvekstanalysen er delt inn i to delar, utan og deretter med lusekostnader, der ein fyrst tek utgangspunkt i ein bedriftsstruktur og produksjonsplan som er lik ved påvekstsscenario for både 100-grams, 500-grams og 1 000-grams settefisk. Ut frå den gitte utsettsplanen vert det estimert kor mange lokalitetar ein vil ha trong for i kvart scenario, og investeringane vert fastsett deretter. I denne delen av kostnadsanalysen vert det sett bort frå avlusingar og relaterte kostnader i alle tre scenario.

I tillegg til verknad på produksjonskostnaden vert det gjort ei drøfting av potensielt inntektstap på bedriftsnivå ved nedklassing av kvalitet og pris som følge av røff behandling og redusert helsetilstand for den behandla fisken. Følgjande er undersøkt (med utgangspunkt i 100-grams settefisk):

- Kvalitetsnedklassing på høvesvis 2,5% og 8% av kvantum ved fem lusebehandlingar
- Kvalitetsnedklassing på høvesvis 5% og 12% av kvantum ved 10 lusebehandlingar

Ein føreset ein prisreduksjon på kr 12,00/kg på nedklassa fisk. Med dei føresetnadene som er gjort, vert potensielt tap ved nedklassing estimert i storleiksorden 4 - 12,8 mill. kr ved fem avlusingar og 7,3 - 17,5 mill kr ved 10 avlusingar. Dette er eit stort inntektstap. Analysen er gjennomført berre for 100-g smolt ettersom konsekvensar for auke i produksjonskostnad m.m. er størst der. Inntektstap grunna redusert slaktevekt per fisk er ikkje teke omsyn til her.

Prisen på lusebehandlingar har og ein viktig innverknad på produksjonskostnadene. Dersom denne prisen aukar frå kr 0,50 til kr 1,00 per kg, vil produksjonskostnaden per kg rund fisk auke frå kr 33,8 til kr 36,9 ved 10 behandlingar, dvs ein auke på knapt 10%. Dette illustrerer at både talet på behandlingar og kostnad per behandling har stor innverknad på kostnadene – kr 28,00 per kg utan behandling til kr 36,80 i situasjonen med 10 behandlingar til kr 1,00 per kg.

Kap 4 – Økonomisk analyse av påvekst i lukka sjøanlegg.

Lukka eller semi-lukka oppdrettsanlegg er definert ved at dei har ei tett eller bortimot tett fysisk barriere mellom vassmiljøet til fisken og det omliggjande miljøet. Å skilje det ytre miljøet frå det interne i oppdrettsanlegget vert i aukande grad sett som ein fordel for laksevelferd, fiskehelse og oppdrettsøkonomi parallelt med aukande fiskehelse- og luseproblem i opne merdar.

Ettersom lukka anlegg framleis er på utviklings- og konseptstadiet er det mest teknologiske vyer og investeringsvilje som set grenser for korleis ein kan tenkje seg slike anlegg i framtida. Ei oversikt over utviklingskonsept og utprøving av lukka anleggsdesign indikerer solies monaleg variasjon i konsept og føresetnader for teknologi, skala, utforming og driftsfunksjonar. Å gjere ei generell økonomisk analyse av lukka anlegg er dermed vanskeleg, ettersom det er stor uvisse om både investeringar, produksjonsvariablar, kostnader og kostnadsdrivarar i drift. Det er elles uvisst korleis selskap i næringa i praksis vil implementere lukka anlegg i sine driftsplanar.

Av dei lukka konseptar som er under utvikling og utprøving i dag, skjer produksjonen gjerne som FOU-løyve. Ein konsekvens av at det i tillegg er blitt iverksett ei søknadsordning for tildeling av utviklingsløyve er stor grad av teknologisk innovasjon, både når det gjeld lukka og andre innovative produsjonskonsept.

I analysen av oppdrett i lukka anlegg tek ein utgangspunkt i eit anleggsvolum, investeringsanslag og føresetnader om tettleik inspirert av AkvaDesign, ettersom dette konseptet har vore mellom dei fyrste til å kome i gang med utprøving og dokumentasjon. Analysen ser på påvekst av 100-grams settefisk i lukka anlegg heilt fram til slakt, samt på ei todelt påvekstfase i lukka og opne merdar. Det er teke utgangspunkt i produksjonsplan og føresetnader frå tidlegare analysar i kapittel tre, for så å undersøke verknaden på produksjonskostnaden dersom ein justerer investeringane til eit estimat for lukka heller enn open merdkapasitet, med anslag over driftskostnader som energi, oksygen, vedlikehald, bemanning og slam.

Resultata av kostnadsanalysen for lukka oppdrett viser at lukka produksjon gjev høgare produksjonskostnad enn tradisjonelt oppdrett som fylgje av store investeringar og auka driftskostnader. Med dei føresetnadene om investeringar som vert lagt til grunn for full produksjonssyklus i lukka anlegg finn ein at det vil vere vanskeleg å forsvare skilnaden i investeringsbeløp, med mindre ein opplever heilt spesielt krevjande utfordringar som ein kan

Tabell 4. Samanlikning av produksjonskostnader, investeringskostnad per kubikkmeter og produksjonskvantum per kubikkmeter.

	Matfisk land	Lukka merd	Lukka/ open kombi	100-g 5 avlus.	100-g 10 avlus.	500-g 3 avlus.	1 000-g 2 avlus.
Prod.kost./kg	43,60	37,90	32,60	31,30	33,80	31,00	32,40
Kg/m ³	133	28	12	11	10	15	20
Inv./m ³	13 498	4 033	1 381	960	960	1 210	1 410

Investeringar per m³ er absolutt størst for matfisk land (kr. 13 498) etterfulgt av lukka merd (kr. 4.033), medan andre alternativ varierer mellom kr 960-1.410. Dei større investeringane er naturlegvis med på å forklare høgare produksjonskostnad for matfisk på land og i lukka merd. Til gjengjeld er produksjon per kubikkmeter klart størst for matfisk land.

Vidare analyse

Potensialet for nye produksjonsmodellar i lakseoppdrett introduserer mange interessante problemstillingar – og langt fleire enn ein har hatt høve til å analysere her. Risikoanalysen viser at landbasert oppdrett kjem an på god koordinasjon mellom biologi, teknologi, kjemi og økonomi. RAS-teknologi kan opne for både høve og utfordringar i dette kryssingspunktet, og ein ser ut til å vere på eit stadium i læreprosessen der både teknologi og biologi vil halde fram med å vere i utvikling, medan viktige relasjonar mellom vasskjelder, teknologi og biologi i aukande grad vert kartlagt og forstått. Frå industrien har det vore uttrykt stor interesse for auka kunnskap på desse områda.

Det ser framleis ut til å gjenstå å demonstrere tilfredsstillande kontroll med produksjon i kommersielt landbasert matfiskoppdrett av laks på konsistent basis. Samstundes kan ein kanskje heller ikkje vente at potensialet er teke ut på eit så tidleg stadium, verken når det gjeld utviklinga av teknologiske konsept, bruk og behandling av riktige vasskjelder, vassbehandlingssystem eller variablar som biologisk seleksjon og tilpassing av fisk for dei tilhøva som ein har i RAS og øvrige landbaserte produksjonskonsept.

Mange problemstillingar er interessante for vidare analyse i denne samanheng, inkludert skilnader i teknologisk og biologisk risiko mellom alternative vassbehandlingssystem og vasskjelder (RAS og gjennomstraumings-/gjenbruksløyser), samt skilnader i bruk av viktige innsatsfaktorar som vatn og energi, driftsvenlegheit, høve og løysingar for biotryggleik, samt investeringar og driftskostnader ved ulike teknologiske konsept. Medan risikovurderingar og problemstillingar i landbaserte anlegg vil kunne vere ulike for produksjon av matfisk samanlikna med settefisk har ein i denne delrapporten ikkje presentert separat teknologisk og biologisk risikoanalyse for produksjon av stor settefisk.

Som nemnt innleiingsvis er det fleire interessante og viktige økonomiske problemstillingar utover kostnadsanalyse som fell dei utanfor rama for denne rapporten. Dette omfattar likviditetsbudsjettering og investeringsanalyse. Likviditet er særleg relevant for ein del av dei problemstillingane som vert analysert her med store investeringar og relativt ny teknologi. For fullskala landbasert produksjon, der det tek fleire år før ein når opp i likevektsproduksjon, er tilgang på kapital ei stor utfordring. Eventuelle uhell i produksjonen, t.d. uventa bortfall av ein generasjon, kan føre til store problem for likviditeten og i verste fall refinansiering av bedrifta eller jamvel konkurs. Investeringsanalyse er heller ikkje gjennomført. Investeringsanalyse for samanlikning av alternative produksjonsmetodar kan vere krevande særleg når det gjeld produksjon av storsmolt og påvekst i opne merdar. Dette mellom anna fordi dei to aktivitetane gjerne vert gjennomført i integrerte bedrifter, som gjer det mindre naturleg med separate investeringsanalysar for dei to delaktivitetane.

VEDLEGG

A.1 Vedlegg 1: Temperaturprofil ved Bud, 5 meter djup

Månad	Dagar i månaden	Snittemperatur (Bud, 5m)
Jan	31	6.0
Feb	30	5.6
Mar	31	5.6
Apr	30	5.5
May	31	7.6
Jun	30	10.1
Jul	31	12.7
Aug	31	14.3
Sept	30	13.9
Oct	31	11.8
Nov	30	9.4
Dec	31	8.1

A.2 Vedlegg 2: UTREKNING AV FÔRBEHOV

= bFCR * Brutto tilvekst per år (ved full produksjon):

= bFCR * (årleg slakt + svinn biomasse - vekt biomasse ved utsett)

A.3 Vedlegg 3: Bemanning i sjøbasert oppdrett (Fiskeridirektoratet)

Salg og andre lønnsomhetsmål

Gjennomsnittstall pr. tillatelse - hele landet

	2013	2014	2015	2016
Antall årsverk	3.6	3.7	3.8	4.2

Vedlegg med utdjupande informasjon om produksjonsplanane frå og med kapittel 3 er tilgjengeleg frå forfatarane.