

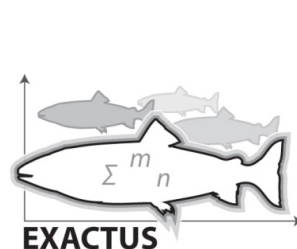
# Rapport

## Løsninger og utfordringer for utøvelse av biomassekontroll i lakseoppdrett

Funn fra arbeidsområde 4 i forskningsprosjektet EXACTUS  
NFR prosjektnummer 199788/S40, FHF prosjektnummer 900481

### Forfattere

Hans Vanhauwaert Bjelland  
Erik Høy, Per Rundtop, Kevin Frank, Leif Magne Sunde





SINTEF Fiskeri og havbruk AS

Postadresse:  
Postboks 4762 Sluppen  
7465 TrondheimSentralbord: 40005350  
Telefaks: 93270701fish@sintef.no  
www.sintef.no/fisk  
Foretaksregister:  
NO 980 478 270 MVA

# Rapport

## LØSNINGER OG UTFORDRINGER FOR UTØVELSE AV BIOMASSEKONTROLL I LAKSEOPPDRETT

EMNEORD:  
Biomassekontroll  
Bruk av utstyr  
Drift og operasjon  
LakseoppdrettVERSJON  
1DATO  
2012-10-24

## FORFATTERE

Hans Vanhauwaert Bjelland, Erik Høy, Per Rundtop, Kevin Frank, Leif Magne Sunde

## OPPDRAGSGIVERE

Norges forskningsråd, Fiskeri- og havbruksnæringens  
forskningsfond og konsortiepartnere

## OPPDRAGSGIVERS REF.

Kjell E. Naas

## PROSJEKTNR

NFR 199788/S40

## ANTALL SIDER:

35

## SAMMENDRAG

**Funn fra arbeidsområde 4 i forskningsprosjektet EXACTUS**

Denne rapporten dokumenterer forhold og begrensninger ved bruken av løsninger for biomassekontroll i lakseoppdrett, og baserer seg på funn i arbeidsområde 4 i forskningsprosjektet EXACTUS. Bruken av utstyret og utfordringer ved dette har blitt vektlagt. Teknisk dokumentasjon av utstyr, felttester og teknisk utvikling blir behandlet i andre rapporter og i andre deler av prosjektet.

En oversikt over overordnede tema gis i kapittelet *Biomassekontroll* som omfatter biomassekontrollens overordnede betydning, ulike anledninger for kontroll gjennom produksjonssyklusen og hvilke systemer som benyttes for "bøkføring" og rapportering. Biomassekontroll omfatter både kontroll over antallet, og kontroll med snittvekt og vektfordeling. I kapitlene *Antallskontroll* og *Vektestimering* beskrives henholdsvis telleoperasjoner og vektestimering i settefiskanlegg, matfiskanlegg og brønnbåter, mens slakteri omtales i et eget kapittel. Rapporten avsluttes med en diskusjon rundt temaene nevnt ovenfor, og anbefaler ulike tiltak for å forbedre presisjonen ved dagens biomassekontroll.

## UTARBEIDET AV

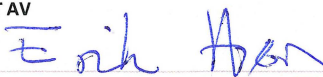
Hans Bjelland



SIGNATUR

## KONTROLLERT AV

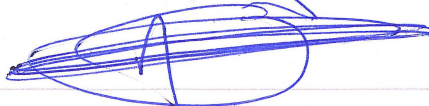
Erik Høy



SIGNATUR

## GODKJENT AV

Jostein Storøy



SIGNATUR

RAPPORTNR  
A23546ISBN  
978-82-14-05556-6GRADERING  
ÅpenGRADERING DENNE SIDE  
Åpen



# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Innledning</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Biomassekontroll</b> .....	<b>5</b>
2.1	Betydningen av biomassekontroll.....	6
2.2	Biomassekontroll gjennom produksjonssyklusen.....	6
2.3	Produksjonsstyringssystem.....	9
2.3.1	Systemer i bruk.....	9
2.3.2	Andre systemer.....	9
2.3.3	Erfaringsbasert korreksjon av systemer.....	9
<b>3</b>	<b>Antallskontroll</b> .....	<b>10</b>
3.1	Settefiskanlegg.....	10
3.1.1	Rørtellere.....	11
3.1.2	Telling ved vaksinerings.....	12
3.1.3	Annet.....	13
3.2	Matfiskanlegg.....	13
3.2.1	Dødfisk.....	13
3.3	Brønnbåt.....	14
3.3.1	Transport fra settefiskanlegg til matfiskanlegg.....	15
3.3.2	Sortering/splitting.....	16
3.3.3	Medikamentell behandling/Avlusing.....	17
3.3.4	Lasting/lossing.....	17
3.3.5	Bruken av utstyr for biomassekontroll.....	18
<b>4</b>	<b>Vektestimering</b> .....	<b>19</b>
4.1	Snittvektsmåling ved prøvetaking.....	20
4.2	Biomasseramme.....	20
4.2.1	Teknisk utforming.....	20
4.2.2	Bruk av rammene.....	22
4.2.3	Gjennomsvømming og utvalg.....	22
<b>5</b>	<b>Slakteri</b> .....	<b>24</b>
<b>6</b>	<b>Diskusjon og anbefalinger</b> .....	<b>26</b>
6.1	Menneskelig faktor.....	26
6.2	Fiskevelferd.....	27
6.3	Integrasjon av systemer.....	27
6.4	Utstyrets operasjonsgrensebetingelser.....	28

6.5	Testing og sertifisering av utstyr.....	29
6.6	Øke graden av gjennomsvømming i biomasserammer .....	29
6.7	Tellere .....	30
6.8	Brønnbåter .....	31
6.9	Annet.....	32
6.9.1	Forbedre dødfiskhåndtering.....	32
6.9.2	Gjennomføring av snittvektsmålinger .....	32
6.9.3	Vaksinasjon .....	32
6.9.4	Annen teknologi for vektestimering.....	32
	Referanser .....	34

## 1 Innledning

Denne rapporten beskriver forhold og begrensninger ved bruken av løsninger for biomassekontroll og baserer seg på funn i arbeidsområde 4 i forskningsprosjektet EXACTUS (NFR prosjektnummer 199788/S40, FHF prosjektnummer 900481).

Prosjektet EXACTUS har som hovedmål å fremskaffe ny kunnskap og et teknologisk grunnlag for framtidens systemer for biomassemåling, med potensial til å nærme seg det ønskede nivå for nøyaktighet, pålitelighet og brukervennlighet for bruk i store oppdrettsmerder. Prosjektet er bredt sammensatt, med bidrag fra en rekke næringsaktører, myndigheter, forskningsinstitusjoner og virkemiddelapparat (Marine Harvest, SalMar, Lerøy Midnor, VAKI, Ocea, BioMar, Ewos Innovation, Norbit, Nexans, Fiskeridirektoratet, SINTEF Fiskeri og havbruk, SINTEF IKT, Havforskningsinstituttet, Christian Michelsen Research, NTNU, Veterinærinstituttet, Universitetet i Oslo, Norges forskningsråd og Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond). Prosjektet er organisert i fire arbeidsområder med ulike delmål:

1. Instrumentering - Evaluere teknologier for biomassemåling og overvåkning, fastlegge og demonstrere gjennomførbarhet og kapasitet for nytt utstyr og systemer basert på de undersøkte teknologiene.
2. Matematisk modellering og modellbasert estimering - Utvikle et teoretisk grunnlag og verktøy for kontinuerlig modellbasert estimering av det totale antall og vektfordeling for fisk i en merd, og utvikle en spesifikasjon for programvareverktøy.
3. Lakseadferd og merdmiljø relevant for prøvetaking - Undersøke dynamikken i lakseadferd og velferd i merder for å oppnå grunnleggende kunnskap til bruk i optimalisering av prøvetakningsmetodikk for eksisterende og nytt måleutstyr til biomassekontroll.
4. Løsninger og utfordringer for utøvelse av biomassekontroll i lakseoppdrett - Fremskaffe ny kunnskap om drift og operasjon av måleutstyr for å optimalisere nøyaktighet og repeterbarhet i målinger i kommersiell oppdrettsproduksjon. Trekke sammen informasjon fra de andre arbeidspakkene og definere nye driftsrutiner og muligheter.

Biomassekontroll er et omfattende tema, med en rekke perspektiver og teknologier. EXACTUS legger spesiell vekt på utfordringene med biomassekontroll i matfiskanlegg for laks, da det her er spesielt utfordrende blant annet på grunn av de store vannvolumene. Likevel ser en at ulike deler av produksjonen påvirker hverandre, og at for eksempel fisketellinger og -målinger på settefiskanlegg, brønnbåt og slakteri er viktig informasjon for matfiskanlegget. Arbeidet i arbeidsområde 4 har derfor holdt et bredt blikk på biomassekontroll. Selv om virkemåten til ulikt biomassemålingsutstyr blir beskrevet i rapporten, fokuserer den primært på sammenhengen og bruken av dette utstyret. En mer utførlig teknisk beskrivelse av utstyret finnes i rapporten "T1.1 Technology survey" fra arbeidsområde 1 i prosjektet (Haugholt et al. 2010).

Informasjon er innhentet gjennom litteraturstudier, feltstudier og kontakt med ulike aktører. Arbeidet har omfattet besøk på to settefiskanlegg, ett besøk på brønnbåt og flere besøk på matfiskanlegg. I tillegg er det avholdt møter og telefonintervjuer med oppdrettere, brønnbåtmannskap og aktører fra leverandørindustrien.

## 2 Biomassekontroll

Biomassekontroll i oppdrett omfatter to sentrale elementer: Kontroll på antall, og kontroll på snittvekt og vektfordeling av fisk. Mulighetene for, og utfordringene ved kontroll av disse elementene, kan variere i ulike ledd og ved ulike operasjoner, og vil behandles i detalj i påfølgende kapitler. Først vil det bli gitt en overordnet oversikt.

## 2.1 Betydningen av biomassekontroll

God kontroll på biomassen er viktig i alle ledd i produksjonssyklusen. I rapporten "Konsekvensanalyse – utredning rundt følgene av feilestimering av biomasse i sjøbasert oppdrett" (Aarhus et al. 2009), finansiert av akvARENA, pekes det på en rekke konsekvenser av manglende kontroll, og det oppsummeres hvordan biomasse har betydning for ulike deler av produksjonen:

- Konsekvenser for salgsleddet (Sikre optimal salgspris på hele biomassen. Opptil 80% av all laks selges før den slaktes)
  - For mye fisk fører til at noe av fisken må selges til lavere pris
  - For lite fisk kan føre til at en må kjøpe inn fisk til ugunstig pris for å overholde kontrakt og eventuelt kompensere for kundens ekstra transportutgifter
  - Feil størrelsessammensetning kan også medføre både innkjøp og salg av fisk til ugunstig pris
  - Transportplanlegging
- Sikre kontroll av maksimal tillatt biomasse (MTB)
  - Utnyttelse av produksjonspotensial innenfor MTB
  - Hindre overskridelse av MTB
  - Myndighetene etterspør i tillegg metoder/utstyr for å etterprøve innrapporteringer
- Konsekvenser for slakteri (legger opp planer basert på innrapporterte mengder ca. en uke i forkant)
  - Riktig bemanning
  - Riktig kapasitetsutnyttelse
- Optimalisere fôring – Reduser produksjonskostnader ved å
  - Hindre underfôring (utnyttet vekstpotensial og lengre produksjonstid)
  - Hindre overfôring (utnyttet fôr)
- Hindre negative konsekvenser for fiskehelse og miljø
  - Riktig dosering ved medikamentell behandling
  - Unngå for høy fisketetthet. For høy fisketetthet kan gi lav O<sub>2</sub> tilgang og øke stress.
  - Hindre fôrspill

Biomassekontroll er dermed viktig for akvakulturnæringen for å sikre effektiv, bærekraftig og lønnsom drift av settefiskanlegg, matfiskanlegg, prosesseringsanlegg, samt for salgsleddet og transport. I tillegg vil metoder og utstyr for å etterprøve næringens rapporterte tall være viktig for myndighetenes kontroll.

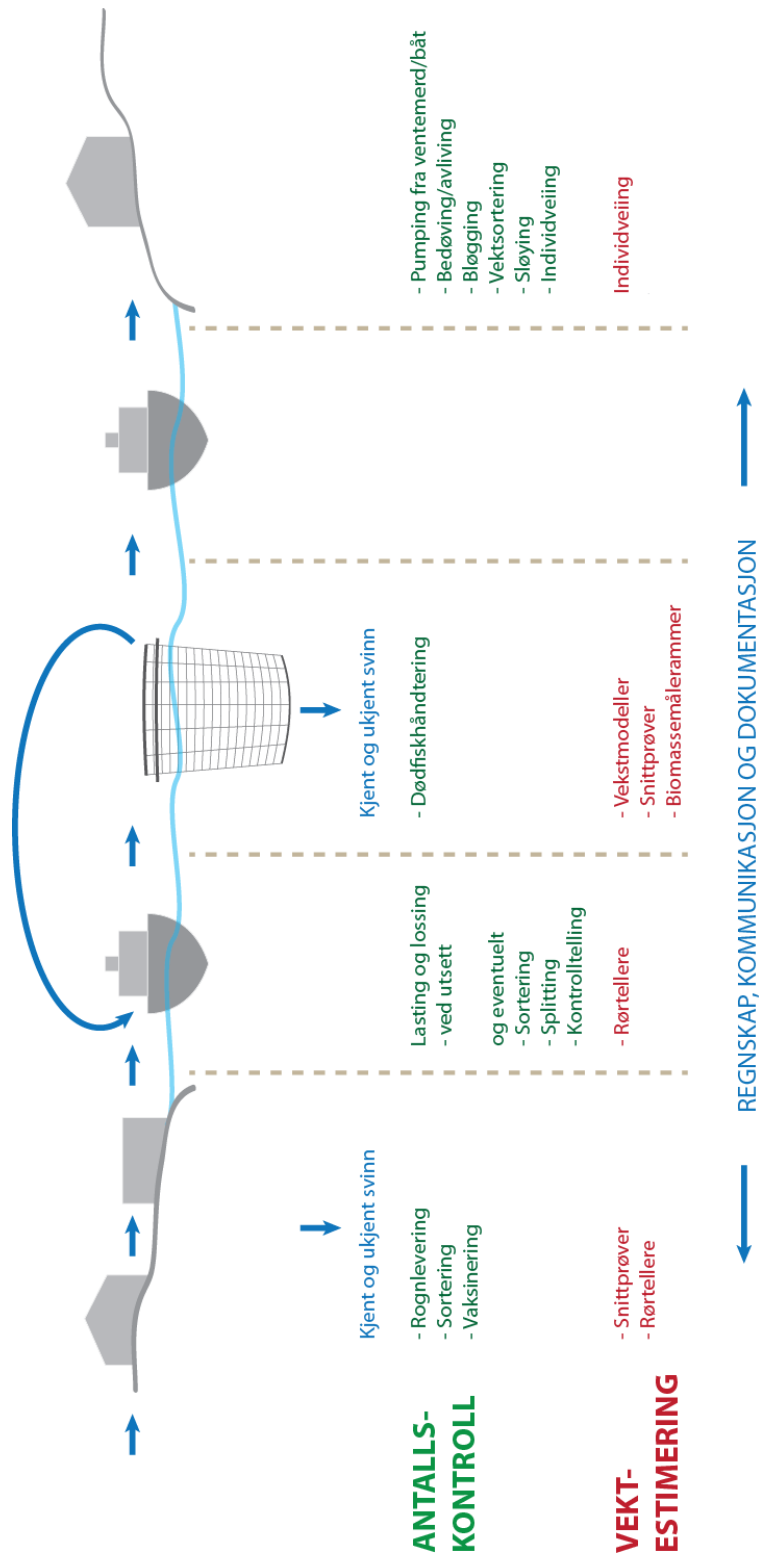
## 2.2 Biomassekontroll gjennom produksjonssyklusen

EXACTUS-prosjektet fokuserer på biomassekontroll i matfiskanlegg. Likevel vil biomassekontroll på settefiskanlegg, i brønnbåt og på slakteri også virke inn på matfiskanleggets evne til kontroll, og vil derfor behandles i denne rapporten. Ulike steg i produksjonssyklusen gir ulike anledninger for telling og vektestimering. I tillegg vil splittings og sammenslåinger av fiskegrupper ha betydning for biomassekontrollen. En oversikt over biomassekontroll gjennom produksjonssyklusen er gitt i Tabell 1 og Figur 1.



**Tabell 1: Biomassekontroll gjennom produksjonssyklusen**

	Splitting/sammenslåing	Tellinger	Tap	Vekt
Rogn		Rogn sorteres ofte maskinelt (relativt sikre tellinger).	Det er store tap ved klekking og tallene her inngår i sjøproduksjon kun som kvalitetsvurdering av fiskegruppe.	
Klekkeri	Rogn splittes i ulike klekkebakker/-kar. Smolt slås sammen ved overføring til settefisk.	Rogn og smolt telles ved splitting og sammenslåing ved volummålinger.	Tap tas ut manuelt og registreres ved stor dødelighet ved volummålinger.	
Settefisk	Splittes fra klekkeriet til oppdrettskar. Kan splittes/sammenslås gjennom produksjonen.	Smolt telles ved volummålinger, rørtellere eller førforbruk. Stykktelles under vaksinerings.	Tap tas ut med håv og telles.	Størrelse måles ved snittprøver og ved hjelp av rørtellere.
Brønnbåt (settefisk – matfisk)	Bevarer ofte et 1:1-forhold mellom kar på settefiskanlegg og merd på matfiskanlegg, men splitting eller sammenslåing forekommer.	Teller fisken i tørtellere på vei over i brønnbåt.	Tap registreres.	Størrelse måles ved rørtellere.
Matfisk	Splitting kan gjennomføres ved å sy nøtene sammen, men i all hovedsak benyttes brønnbåt. Se nedenfor.	Antallskontroll baserer seg på tall fra settefisk og brønnbåter.	Dødfisk tas ut ved hjelp av dødfiskhåv daglig, eller ved hjelp av "Lift-up". Telles manuelt ved lav dødelighet eller i volum ved høy.	Størrelse måles ved snittprøver og målerammer. Justeres mot utføring og førfaktor.
Brønnbåt (operasjoner)	Brønnbåt pumper eller frakter fisk fra en not til en eller flere andre.	Telling av fisken i matfiskanlegg foregår ved hjelp av brønnbåt, gjerne som del av en sortering, splitting eller avlusingsoperasjon.	Tap registreres.	Størrelse måles ved rørtellere.
Brønnbåt (matfisk – slakteri)	En merd kan enten tømmes med en transport, eller kan tømmes i flere omganger som kan strekke seg fra noen dager til flere måneder.	Teller fisken i tørtellere på vei over i brønnbåt.	Tap registreres.	Størrelse måles ved rørtellere.
Slakteri		Stykktelles.		Veiing av hver enkelt fisk etter bløgging og sløying.



Figur 1: Biomassekontroll gjennom produksjonssyklusen i lakseoppdrett (illustrasjon: Hans V. Bjelland)

## 2.3 Produksjonsstyringssystem

Systemer for løpende kontroll med antall fisk håndteres av ulike typer produksjonsstyringsverktøy som i tillegg har til hensikt å fylle andre oppgaver som å:

- holde kontroll med snittvekt og dermed stående biomasse i anlegget
- holde kontroll med føring (førfaktor)
- holde kontroll med dødelighet
- gi oversikt over medikamentelle behandlinger
- gi oversikt over slakting
- gi oversikt over flytting
- gi oversikt over andre operasjoner i anlegget
- dokumentere miljøparametere (f.eks. temperatur, salinitet, oksygen)

### 2.3.1 Systemer i bruk

I Norge finnes det to hovedleverandører av produksjonsstyringsverktøy. Disse er Ocea Mercatus AS som leverer Aquafarmer, og AKVAgroup Software AS som leverer FishTalk Control. Programvaren kan benyttes både for smoltproduksjon og matfiskproduksjon. Verktøyene dokumenterer drift og operasjon på anleggene gjennom hele produksjonsforløpet. Registreringer foretas for og knyttes til den enkelte produksjonsenhet (kar eller merd).

En enhet "startes" ved å registrere innsett av rogn i settefiskanlegg, eller utsett av smolt i matfiskanlegg. Det er vanligvis ikke mulig å korrigere antall på selve innsettet eller utsettet senere. Dersom en likevel skulle ønske å korrigere selve antallet, må hele enheten slettes og startes på nytt. Antallskontroll opprettholdes gjennom produksjonen ved registrering av fisk som går ut av enheten av ulike årsaker.

Alle antallsregistreringer må føres manuelt inn av oppdretter i produksjonsstyringsverktøyet.

Svinn inngår i destruering og dødelighet. Et eventuelt uforklarlig svinn vil bli synlig som et avvik mellom slaktetall og beholdningstall fra matfiskanlegget ved slutten av produksjonen.

### 2.3.2 Andre systemer

Det finnes tilfeller der oppdrettere fremdeles bruker programvare som har gått ut av kommersiell produksjon, og som ikke lenger vedlikeholdes av produsentene. Dette gjelder først og fremst mindre selskaper med få konsesjoner.

Oppdretter har muligheten til å benytte seg av egenutviklede regneark for å holde kontroll med produksjonen, men undersøkelser gjort i forbindelse med utarbeidelse av denne rapporten har ikke avdekket bruk av denne type system, som nok var mer vanlig før.

Det går an å bruke modellsystemer for å justere antallsbeholdning basert på parametere som utfôret mengde, snittvektsprøver, forventet førfaktor for anlegg, årstid og førtype. Dersom det er mistanke om antallsavvik, for eksempel mellom merder etter splitting, kan denne metoden benyttes for å justere fordelingen. Alene er dette ikke ansett som noen sikker måte å bestemme antall fisk i en merd.

### 2.3.3 Erfaringsbasert korleksjon av systemer

Erfaring trekkes frem som sentralt for å lykkes godt med biomassekontroll, og å kunne tolke hvordan ulike målinger og indikasjoner skal håndteres for å treffe riktig med innmelding til slakting. Etter endt produksjonssyklus og utslakting av anlegget foreligger slakteriets relativt sikre fasit for levert antall og vektfordeling. Ved hjelp av dette kan en over flere utsett opparbeide seg erfaring og forventninger for førfaktor og vekstforhold på lokaliteten. Dette kan legges til grunn for hvilken førfaktor som skal brukes for

kommende utsett, og hvordan dette skal justeres i løpet av produksjonen. Det er likevel ulike hendelser og forhold som er avgjørende for hvor presist dette vil bli. Sykdomsutbrudd, perioder med uheldige miljøforhold og perioder der fisken av ulike grunner har redusert appetitt, eller ikke utnytter fôret som forventet, gjør biomassekontrollen krevende.

Produksjonsstyringssystemene baserer seg på empiriske modeller for fiskevekst, men ettersom disse er lukket, er det vanskelig å vurdere hvordan en skal forholde seg til beregninger som blir gjort og hvordan ulike måleverdier og eventuelle feilmålinger påvirker sluttresultatet. Oppdretteren er avhengig av magesfølelse og erfaringer for å gå inn og justere beholdning underveis i produksjonen, i forhold til for eksempel brønnbåtmålinger ved splitting eller flytting. Snittvektsmålinger og eventuelle målinger med biomasserammer eller kamerasystemer inngår gjerne også, og må vektas opp mot produksjonsstyringssystemenes tall. Mange av oppdretterne fremstilte produksjonsstyringssystemene som en fasit i forhold til andre målinger og vurderinger, med mindre disse hadde spesielt store avvik og var gjennomgående konsistente i en bestemt retning. Det er mange som, basert på erfaring og indikasjoner underveis i produksjonen, trekker frem praksis med å korrigere verdier. Enten målte verdier før de registreres i produksjonsstyringssystemene, eller beregnede verdier i systemene. Bruken av slike korreksjonsfaktorer er erfaringsbasert og personavhengig.

### 3 Antallskontroll

Når fisken er satt ut i merdene, er det per i dag ingen måte å få øyeblikksmåling av antall fisk. Kontrollen med antall gjøres som en løpende kontoføring med utgangspunkt hovedsakelig i tall fra vaksinerings, men også fra rørtelling ved utsett. Senere kontrollpunkter der fisken håndteres i rør gir mulighet for en oppdatering av beholdningen basert på rørtellere. Oppfattelsen av presisjonen i dette tallmaterialet gjør at oppdretterne stort sett forholder seg til vaksinetall som "gullstandarden", og senere justeringer av beholdningen gjennomføres med en viss grad av skepsis og regulert i forhold til magesfølelse fra generell produksjonsoppfølging og kontroll i anlegget. Kontrollen med antall fisk som til enhver tid er i hver enhet er dermed en kombinasjon av:

- Vaksinetall / tall fra brønnbåt ved utsett
- Kontroll med operasjoner som splitting (eventuell sortering) og/eller sammenslåing av enheter
- Telling på gitte tidspunkt. Dette utføres gjerne ved splitting/sammenslåing
- Løpende kontoføring av beholdningen ved hjelp av produksjonsstyringssystemer ved:
  - Dødelighet
  - Destruering
  - Prøvetaking
  - Salg og slakt
  - Flytting
  - Eventuelle rømmingshendelser
  - Eventuelle telleprøver som omfatter hele fiskegruppen

#### 3.1 Settefiskanlegg

Biomassekontroll ved settefiskanlegg påvirker som tidligere nevnt biomassekontrollen på matfiskanlegg. Antallet fisk er spesielt viktig og forblir, sammen med brønnbåttellingene, en viktig del av kontrollen i matfiskanlegget helt fram til slakt. Det er spesielt telling ved vaksinerings og rørtellere som gir antallskontroll på settefiskanlegget. Dette er vanligvis ansett som svært sikre tall og anvendes som grunnlag for oppgjør og økonomisk overføring mellom ulike virksomheter.

### 3.1.1 Rørtellere

Ved transport i rør mellom kar, og mellom kar og brønnbåt kan rørtellere benyttes for å måle antall og ofte også vektsammensetning i fiskegruppa. Avhengig av pumpemekanisme og operasjon benyttes ulike typer tellere: rørtellere som måler fisk i fulle rør (våtstilte tellere/fullvannstallere), rørtellere som måler avvannet fisk i rør og rene tørrstilte tellere som måler fisken når den passerer spredt utover en flate.

På de to settefiskanleggene som ble besøkt, ble AquaScan og Wingan rørtellere benyttet. I følge brukerne av disse var de ganske trygge på nøyaktigheten av antallet, men hadde spesielt tre utfordringer ved bruken som påvirket både antalls- og vektmåling; mating, vannivå i tellere og kalibrering.

#### *Sikre jevn høy mating*

Det er gjerne ønskelig å transportere så mye fisk som mulig per tid. Det er imidlertid begrensninger med tellerne knyttet til hvor tett fisken kan mates før telleren teller feil. Å sikre jevn høy mating av fisk er derfor ønskelig. Matchastighet og jevn mating av fisk avhenger av en rekke faktorer, slik som pumpehastighet, senkning av vannstand, eller bruk av not for å trenge fisken foran rørapning, lengde og diameter på rør- og slangeforbindelser og bruk av eventuelle buffertanker.

#### *"Telling av vann"*

Det opplyses fra flere brukere at de generelt ser problem med tellere som opereres helt eller delvis tørrstilt, ved at de kan overestimere antall fisk dersom vannmengden blir for stor. Vann telles da som fisk, men årsaken til dette er ikke videre belyst eller eksperimentelt gjenskapt under mer vitenskapelige forhold i denne forbindelsen. For tørrstilte tellere ledes vannet vekk med en avrenningsrist, men denne er ofte ikke standardisert eller tilpasset fra tellerprodusenten, og en kan lett se for seg at overkjøring av kapasitet for ristene kan føre til "overflomming" av telleren.

#### *Kalibrering*

En av tellerne som hadde relativt god vektmåling hadde en automatisk kalibreringsfunksjon som kunne gi feil. Denne var vanskelig å påvirke, og om en var uheldig med innmating og størrelsesfordeling mens telleren gjorde kalibreringen, kunne dette medføre senere feilmålinger. Detaljene i dette problemet er imidlertid ikke studert videre.

#### *Kvalitetskontroll*

Flere tellere gir ingen indikasjon på kvaliteten av målingene. Dette medfører at en operatør må kontrollere at matingen av fisk er jevn og at den ikke teller vann som fisk.

Det forventes at utfordringer knyttet til jevnhet og hastighet ved innmating, registrering av vann, kalibrering og kvalitetskontroll er en problemstilling som deles med annen bruk av rørtellere. Bedre kontroll og dokumentasjon med, og eventuelt automatisert regulering av, innmating anbefales.

#### *Innkjøp*

På et anlegg ble vurderinger knyttet til innkjøp av tellere diskutert. Prisen på utstyret ser ut til å variere mye, fra omtrent 200 000 NOK til 450 000 NOK. På grunn av innkjøpskostnadene og levetiden vil settefiskanleggene gjerne til en hver tid ha i bruk tellere fra ulike leverandører, av ulike typer og med ulik alder.

#### *Fleksibilitet*

Selve settefiskanleggene og bruken av dem endres gjerne over tid, og det ble uttrykt et ønske om fleksibilitet i tellerne. På grunn av kostnaden til hver enkelt teller ønsket en å kunne flytte dem rundt til de deler av og operasjoner i anlegget som hadde behov for biomassekontroll, slik som for eksempel under en vaksinerings

ved sortering, transport mellom kar etc. En type tellere som lett kan fraktes rundt på anlegget, og som har mulighet for bruk av lang kabel og mobil operatørstasjon, ble trukket fram som en fordel.

### 3.1.2 Telling ved vaksinerer

I settefiskanlegget får laksen en kombinasjonsvaksine når den er omkring 30-50g. Vaksinerer utføres i all hovedsak manuelt eller halv-automatisk (manuell mating av fisk), men hel-automatiserte løsninger med maskinsyn er under utprøving (Maskon). Under selve vaksinerer behandles fisken enkeltvis, noe som gir god anledning til å gjennomføre en telling med høy presisjon. Feilmarginen for alle disse metodene anses som svært lav.

#### *Manuell vaksinerer*

Dersom fisken stikkes manuelt vil det i dag være to hovedmetoder for telling (Figur 2). Enten ved det enten er montert telleapparat direkte i sprøytehåndtaket, eller i form av fotocelle i kanalen der fisken slippes etter vaksinerer.

Metoden varierer med hvilken servicetilbyder som forestår selve vaksinerer. Dersom telleapparatet sitter knyttet til selve sprøyten, og dermed teller doser vaksine, så er det viktig at operatøren trekker fra de dosene som settes i fisk som senere tas ut til kvalitetskontroll, samt eventuelle andre doser som av ulike grunner ikke settes i fisk. Dersom det benyttes fotocelle, eller annen telling knyttet til vaksinebordet eller til kanalene som leder ut til oppdrettskarene, oppnås et mer direkte tall for hvor mange fisk som er stukket og faktisk levert videre til produksjon.

#### *Automatisk vaksinerer*

Dersom fisken stikkes i hel- eller halvautomatiske vaksineringsmaskiner, er tellingen gjerne knyttet til selve stikkenheten, eller som en registrering av at fisken passerer et bestemt punkt i maskinen. Denne tellingen vil dermed også måtte justeres for eventuelle doser som ikke leveres i fisk, eller for fisk som blir tatt ut til kvalitetsprøver.

Utsortering av fisk med deformiteter eller skader gjennomføres i alle tilfellene i forkant av selve stikkingen, slik at dette ikke påvirker tellingene. Antallet deformasjoner, syk fisk, død fisk, skadet fisk og dverghanner i utkast inngår bare som grunnlag for kvalitetsvurdering av fiskegruppa.

På settefiskanlegget hvor en vaksinasjon ble studert ble det før vaksinasjonen målt snittvekt ved hjelp av omkring tre håvdrag med omkring 30 fisk i hvert drag. I tillegg til løpende kvalitetskontroll underveis i selve vaksinerer, ble det også tatt stikkprøver av et tilsvarende antall fisk etter vaksinasjon for å kontrollere kvaliteten på vaksinasjonen etter litt tid.

#### *Forhold som kan påvirke tellingene*

Felles for telleresultatene fra de aller fleste vaksineringsløsningene er at tallene må overføres manuelt til produksjonsstyringssystemene for settefiskanlegget. I dette ligger det en mulighet for feilavlesning eller tap av data. De fleste tellesystemene er avhengige av strøm fra batterier eller nett, slik at strømbrudd av ulike årsaker vil kunne føre til tap av data fra den pågående vaksineringsoperasjonen. Andre mulige momenter kan være feilregistreringer knyttet til hvilke kar som faktisk mottar fisken, det vil si feil i tilkobling i rørsystem slik at fisken ender opp på feil sted, fisk som kan bli stående igjen i rørsystem osv. Dette er alle typer feil som oppstår såpass sjelden at vaksinetallene generelt sett har svært høy presisjon og grad av etterrettelighet. I de tilfellene der det oppstår store tap av fisk etter vaksinerer, eller i forbindelse med smoltifiseringen, kan det imidlertid være utfordrende å holde oversikt med gjenværende antall. En god løsning for telling av store mengder dødfisk er vanligvis ikke tilgjengelig på settefiskanleggene, slik at dette kan føre til tap av antallskontroll. Vi er ikke kjent med at dette er noen stor problemstilling i settefisknæringer, og har ikke

registrert noe uttalt behov for nye typer løsninger her. Tap av antallskontroll ved massedød er vanligvis mer aktuelt i sjøfasen og mer etterspurt som teknologi der.



Figur 2 a og b Behandling av enkeltfisk under vaksinerings (foto: Hans V. Bjelland/Helene Moe, SINTEF Fiskeri og havbruk AS)

### 3.1.3 Annet

Sortering av fisk kan være en anledning både til å telle og vektestimere fiskegruppen, men splitting og utsortering kan også være med på å redusere verdien av tidligere og mer presise antallsmålinger, slik som vaksinasjonstall. Sortering stresser og kan skade fisken, men mange mener at det kan effektivisere produksjonen gjennom mer homogene fiskegrupper. Praxis knyttet til bruken av sortering varierer stort i ulike settefiskanlegg, hvor noen forsøker å unngå sortering etter vaksinerings mens andre sorterer flere ganger. Utvalget av kar på anlegget og behovet for å utnytte karkapasiteten fullt ut kan gjøre det nødvendig å sortere, splitte og slå sammen kar i ulik grad ved ulike anlegg.

Settefiskanleggene har gjennomgående god kontroll med antallet dødfisk ettersom det opereres med lukkede kar.

Settefiskanleggene selger ofte hele oppdrettskar med fisk til matfiskanleggene. Dermed unngås usikkerhet knyttet til splitting av fiskegrupper, og matfiskanlegget arver presisjonen i biomassekontrollen til settefiskanlegget. Splitting forekommer imidlertid, når brønnbåter for eksempel kun tar med seg en del av et oppdrettskar til et matfiskanlegg. Dette gjør at en blir mer avhengig av presisjonen til målinger på brønnbåtene.

## 3.2 Matfiskanlegg

Antallskontroll ved matfiskanlegg baserer seg på mer eller mindre sikre tall fra settefiskanlegg og brønnbåter og videre på en løpende kontoføring av beholdningen.

### 3.2.1 Dødfisk

Kontroll med dødfisk er viktig for anleggets biomassekontroll. I henhold til driftsforskriften for akvakultur (FOR-2008-06-17-822 § 14) skal det gjennomføres daglig kontroll med dødfisk så sant det lar seg gjøre, og det er kun ved kraftig uvær eller andre avvik at det ikke blir samlet dødfisk fra merdene. Motivasjonen for å holde oversikt med dødfisk er i tillegg sterk, ettersom det utgjør en viktig komponent i regnskapet som føres for å holde kontroll på antallet fisk i merdene gjennom produksjonen. Samtidig gir en kritisk gjennomgang av død fisk en god mulighet til å følge helseutviklingen i merden, og oppdage produksjonsproblemer på et forholdsvis tidlig stadium. Det er lite ønskelig for røkterne å måtte håndtere større mengder fisk som er på vei til å råtne, og til sammen er det dermed et sterkt sett drivere som legger til rette for gode

antallsregistreringer av dødfisk i oppdrett. Antallet dødfisk er også en del av den månedlige rapporteringen til Fiskeridirektoratet.

Det er to hovedutfordringer ved dødfiskkontroll, som begge er spesielt fremtredende ved stor akutt dødelighet; å få opp dødfisk og å telle død fisk.

#### *Opptak av død fisk*

Merden kan være forsynt med dødfiskhåv eller med en form for fast oppsamler med rør og pumpeløsning (Liftup- eller Airfoss-system). Begge løsningene har sine fordeler og ulemper. Pumpeløsningene gjør det mulig å frakte den døde fisken ut av merden, og samle den opp i spesielle silkasser ved å koble til en kompressor eller trykke på en knapp. Dødfiskhåven må trekkes opp med arbeidsbåtens capstan. Pumpeløsningen gjør det mulig å samle opp det avsilte vannet og transportere det dypt ned under merdene eller behandle det om bord, men dette er ikke vanlig praksis i dag. Når dødfiskhåven trekkes gjennom merden, eller pumpevannet slippes ut på merdkanten, vil det alltid være en smittefare knyttet til spredning av mulige sykdomsagens. En utfordring med fastinstallerte pumpeløsninger er at merdbunnen forholder seg i ro under pumping, og at fisken da vil ha lettere for å bli liggende på notbunnen, med større fare for at det danner seg lommer der død fisk kan bli liggende i lengre tid. Med dødfiskhåv vil gjerne bunnen av merden trekkes delvis opp når håven tømmes og dette hjelper til med å få dødfisken til å gli ned i notspissen og ned i håven. Det gjøres ofte et par drag etter hverandre for å sikre at all fisken blir med i håven.

Det er viktig at dødfisken raskt sklir ned i notspissen og blir samlet opp, slik at den ikke rekker å gå for mye i oppløsning eller er tilgjengelig for predatorer fra undersiden av merden før den telles. Notposen er sydd med dobbelt lin i spissen av nota for å sikre at den er mer motstandsdyktig mot gnag fra oppsamlingsløsningen, samtidig som dette gjør dødfisken mindre tilgjengelig for predatorer fra utsiden av nota. Det gjøres gjerne regelmessige kontroller med kamera over notbunnen blant annet for å holde kontroll med at det ikke hopper seg opp med dødfisk og danner seg lommer i notbunnen.

#### *Telling av død fisk*

Om fisken blir liggende for lenge før den blir tatt opp, og dermed rekker å gå helt eller delvis i oppløsning, kan det være utfordrende å gjøre nøyaktige tellinger. I tilfeller med sykdomsutbrudd, eller spesielle miljøforhold som medfører ulike grader av massedød, vil håndteringen av fisken gi utfordringer med å holde nøyaktig kontroll på antallet fisk som går ut av merden som dødfisk. Ved håndtering av større mengder dødfisk vil det være uhensiktsmessig å telle hver fisk manuelt, og det er vanlig å samle opp fisken i beholdere og deretter estimere antallet ut fra volum. Det kan også være mulig å kombinere pumpesystemene med automatiserte fisketellere.

Vanligvis vil en oppleve en økt dødelighet for fisken i den første perioden etter at smolten settes i merd, og denne dødeligheten kan det være vanskelig å holde kontroll med ettersom fisken er liten og lett kan sette seg fast i nota på veien ned i oppsamlingsenheten, slik at den kan gå i oppløsning, eller suges ut av nota av villfisk. Det er dermed utfordringer knyttet både til å få samlet opp all fisken, og til effektiv teknologi og metoder for å telle dødfisk i de tilfeller det er snakk om større mengder.

### **3.3 Brønnbåt**

Brønnbåter har mange funksjoner i lakseoppdrett. Med tanke på biomassekontroll er de interessante fordi de er utstyrt med røttellere. Brønnbåtene gjennomfører telleoperasjonene i perioden mellom vaksinerings på settefiskanlegget og telling og veiing på slakteriet. Mindre etterspurt i de senere årene, men like fullt har de også en viktig rolle i biomassekontroll med utstyr for sortering av fisk etter størrelse.



Ulike brønnbåtoperasjoner er altså relevante for biomassekontroll. Fisken kan måles ved lasting (på vei inn) og ved lossing (på vei ut) i forbindelse med utsett og andre operasjoner som splitting og sortering av merder, avlusing, ved levering eller ved gjennompumping.

Brønnbåter er ofte utrustet for å håndtere et vidt spekter av operasjoner og å fylle en rekke roller i sjøfasen, fra ren transportvirksomhet til telling, sortering og legemiddelbehandling. Brønnbåter benyttes ofte også til kontrolltelling etter rømmingshendelser. Noen brønnbåter brukes i praksis mer spesialisert, mens andre håndterer alle typer oppdrag. *Basisutstyr* relevant for telleoperasjoner i brønnbåtene inkluderer:

- Rørtellere (fullvannsteller)
- Vakuumpumper

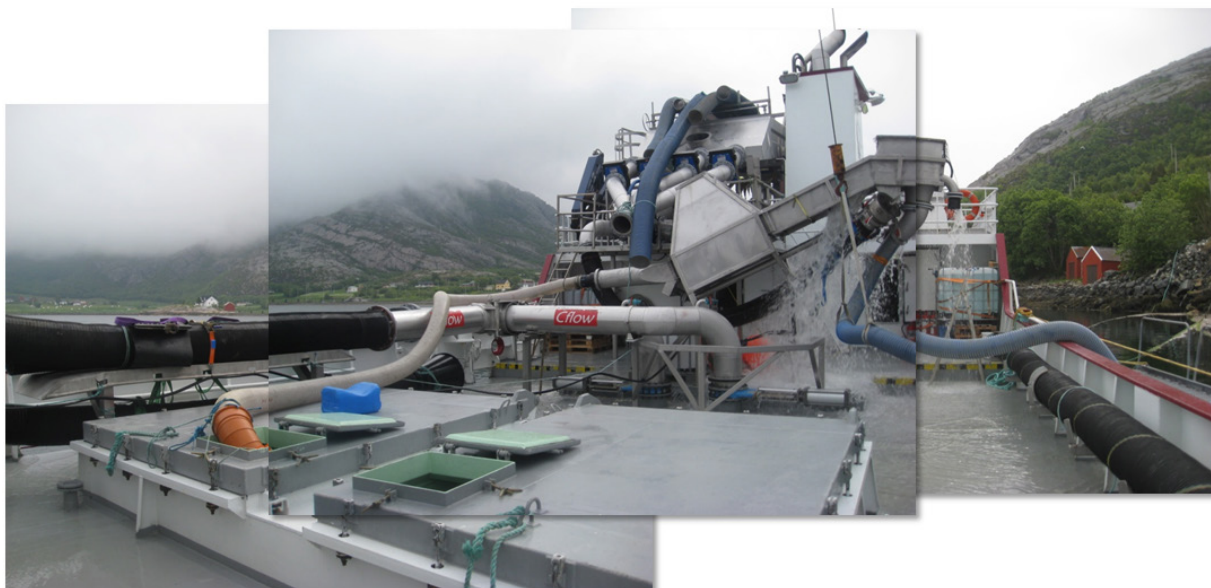
Utstyr og teknologi relevant for telleoperasjoner som gjerne *varierer mer mellom ulike fartøy* er:

- Tørrtellere (tørrstilte rørtellere)
- Egne smolttellere
- Trykklossing (gjelder kun eldre båter)
- Skyveskott (gjelder omtrent alle båter som er bygget etter 2003)
- Vakuumlasting (vakuum på hele brønningen under lasting av fisk)
- Sorteringsutstyr

### 3.3.1 Transport fra settefiskanlegg til matfiskanlegg

Generelt er det ønskelig å maksimere lastehastigheten av fisk for å redusere timekostnader, og å redusere varigheten av den stressende aktiviteten for fisken. Samtidig har tellerne begrensninger i hvor raskt fisken kan telles i forhold til hvor stor grad av overlapp mellom fisken som kan tolereres. Avhengig av settefiskanlegget, transporteres fisk fra kar til brønnbåt ved hjelp av gravitasjon eller pumpe. Pumping er generelt belastende for fisken. Et anslag over lastehastighet ved et av settefiskanleggene med gravitasjon er at det benyttes 3 ½ time på å flytte 500 000 fisk, men dette er selvfølgelig avhengig av høydeforskjell, rørdimensjon, lengde, bend og innsnevring.

Som nevnt tidligere, transporteres ofte all fisk fra ett oppdrettskar til samme matfiskanlegg. Fisken kan måles på vei inn i båten, men de som er kontaktet anslår målinger på vei ut av båt som mer presise på grunn av bedre kontroll på innmating av fisk (se nedenfor). Telling av fisken ved lasting, enten med teller på settefiskanlegget eller på vei inn i brønnbåt, forekommer likevel, og kan også være en ekstra sikring mot å frakte mer fisk enn båten er egnet for (Figur 3). Telling ved lossing kan være avgjørende da fisken kan leveres i ulike merder på matfiskanlegget. Både telling ved lasting og lossing gir anledning til å sammenligne resultater mellom tellere på brønnbåt med biomassekontrollen på settefiskanlegget. Generelt meldes det om avvik mellom disse.



Figur 3 Telling i WingTech-teller ved lasting på settefiskanlegg (foto: Hans V. Bjelland, SINTEF Fiskeri og havbruk AS)

### 3.3.2 Sortering/splitting

Det er stor variasjon i hvor ofte fisken sorteres/splittes mens den står i sjøen. Noen gjør knapt dette i det hele tatt, mens den andre ekstreme varianten kan sortere først, så splitte, for så å splitte igjen rundt utslakting. Å sortere/splitte ofte kan gjøre det mulig å ligge nærmere og utnytte MTB-en mer. Slik ekstra håndtering av laksen kan imidlertid øke risiko for sykdom. En av brønnbåtkapteinene mente at bruken av brønnbåt for sortering hadde avtatt betraktelig siden omtrent 2005.

Ved sortering pumpes fisken over en sorteringsrist med justerbar avstand. Den minste fisken faller gjennom. Dermed splittes fisken etter størrelse. På de ulike utløpene fra sorteringsrista telles og måles fisken. For å øke hastigheten på sorteringsoperasjonen er det vanlig å montere to eller flere tellere for hver fraksjon (Figur 4). I følge en av brønnbåtkapteinene justeres sorteringen for å oppnå en viss prosent fisk i hver fraksjon, fremfor å sikte inn et visst vektintervall. Dette er viktig for å få til god utnytting av merdene.

Nøyaktigheten i tellingen ved sortering/splitting er avgjørende for å opprettholde biomassekontrollen på merdnivå. Det er imidlertid knyttet tvil til presisjonen ved disse, og det forekommer at antallsfordelingen mellom merder må korrigeres i etterkant basert på de ulike fiskegruppens målte forforbruk.



Figur 4 Sorteringsrist med AquaScan-tellere på Ronja Nordic (foto: Mats Heide, SINTEF Fiskeri og havbruk AS)

Enkelte oppdrettere anvender Shetlandsrist ved splitting, eller særlig ved sluttsortering av fisk til slakt, og hensikten er å ta ut kun den største fisken og regulere slik at en kan ligge nærmere MTB-grensen. Shetlandsristen er konstruert som en vanlig orkastnot, men inneholder et felt med innsydd skillerist, og når fisken trenges varsomt med shetlandsristen, tillates den minste fisken å svømme tilbake i merden, og den største blir værende igjen i orkastet. Fisken trenges gjerne i et par timer, og den fisken som da er igjen blir pumpet om bord i brønnbåten. Fisken telles da med tellerne som er montert på lasterørene i brønnbåten på samme måte som ved konvensjonell slaktelevering. Fisken må sultes før operasjonen slik at totalt antall sultedager blir lengere ved bruk av Shetlandsrist enn ved konsentrert slakting. Ettersom risten tar ut fisk over en viss størrelse, vil også bruken lett kunne forstyrre oversikten over vektfordelingen for den fisken som står igjen i noten.

### 3.3.3 Medikamentell behandling/Avlusing

Det brukes nå mer brønnbåter i avlusing enn tidligere. Det anvendes både hydrogenperoksid, azamethiphos og pyrotreider i brønnbåt. Fisken må passere gjennom rør for å få til denne operasjonen, og dermed er det mulig å benytte tellere og samtidig få en oversikt over antallet og størrelsesspredning for hele populasjonen i en merd. Når det skal avluses ønsker en å få tatt alle merdene i anlegget samtidig og så raskt som mulig. Transportsystemene i brønnbåtene kjøres dermed ofte på maksimal kapasitet ved avlusing, også for å få fisken ut så raskt som mulig til friskt vann og bedre plass. Det er sjelden at tellesystemene er dimensjonert slik at de kan måle korrekt i en slik situasjon.

### 3.3.4 Lasting/lossing

Det er store forskjeller på brønnbåter, og både laste-/ losse-/pumpeteknikk og tellere påvirker biomassekontrollen ombord. Rørtellerne er generelt større enn de benyttet på settefiskanlegg, men kan også her basere seg på rør (våtstilte tellere/fullvannstellere), rørtellere som måler avvannet fisk i rør, og rene tørrstilte tellere som måler fisken når den passerer spredt utover på en flate. Ulike tellere egner seg for ulike vektintervaller av fisk, slik at smolt gjerne telles av andre tellere enn slaktefisk. Enkelte mener at større fisk

måles mer presist enn smolt, mens andre rapporterer om presisjon helt ned mot 0,5 % også ved smoltlevering.

Lasting fra settefisk foregår som nevnt ovenfor ved hjelp av pumpe eller gravitasjon. Fra matfiskanlegg foregår lasting ved å trenge fisken i merden og føre fisken inn ved hjelp av pumping ved å skape undertrykk i brønnbåtenes brønn. Undertrykket som genereres i brønnen er relativt lite, noe som begrenser løftehøyden. I enkelte tilfeller er det derfor nødvendig å ta i bruk vakuumpumpe, og dette gjelder spesielt ved sortering ettersom sorteringsristen ofte er plassert høyt oppe på brønnbåtenes dekk.

Lossing fra brønnbåt foregår ved hjelp av skyveskott, og ved bruk av enten vakuumpumpe eller trykklossing. Trykklossing innebærer at vann pumpes inn i brønnbåten slik at overtrykk fører fisken ut av brønn, over teller og i merd. Trykklossing gir større kontroll med hastigheten, slik at telleresultatene ofte blir bedre. Det er generelt utfordrende å måle fisken etter pumping på grunn av mye bobler i vannet, eller ujevn mating av fisken. Dette er spesielt problematisk ved bruk av vakuumpumpe, ettersom pumpeprinsippet gir pulser i vannstrømmen som vanskeliggjør jevn innmating av fisk til teller. Pumpingen har også utfordringer når siste del av vannet i brønnen skal ut, og dette kan medføre at en ikke er i stand til å telle den siste delen av lasten. En brønnbåtkaptein opplyste at de ved lossing av smolt med vakuumpumpe var begrenset til å pumpe maksimalt 50 000 fisk i timen på grunn av store svingninger i matingen. Hadde fisken kommet jevnt anslo han at hastigheten kunne vært 4-5 ganger høyere. Det var også vanskelig å måle anslagsvis de siste 30 % av fisken fra brønnen i fullvannstallerne.

Ved lossing av smolt forekommer det at fisken klemmes forbi og bak skyveskottet. Denne dør og må fraktes ut. Det er imidlertid vanskelig å tallfeste omfanget av dette.

Pumpehastigheten ved lasting og lossing styres manuelt av brønnbåtkapteinen basert på ratemålinger fra telleren. Det er stor tidsforsinkelse i systemet, og den manuelle styringen er en krevende oppgave hvor resultatet er sterkt operatørvhengig.

### 3.3.5 Bruken av utstyr for biomassekontroll

Mange av de samme forholdene ved tellere på settefiskanlegg er tilstede også på brønnbåter. Avvanning av den varierende strømmen kan være utfordrende og kreve regulering også her. Jevn innmating er også en betydelig utfordring på brønnbåter. Sammenlignet med settefiskanlegg har brønnbåtene større utfordringer knyttet til trenging, som er mer krevende i store merder enn i kar. Brønnbåtene har imidlertid fordelene med skyveskott når fisken skal losses.

Fortløpende kontroll med tellekvaliteten blir gitt på forskjellig måte fra ulike tellere. Noen tellere kan vise en direkte live-stream fra telleren med ulik funksjonalitet knyttet til bildene. Andre tellere har et slags indikatorlys som med ulike farger viser en sammensatt kvalitetsindikator. Enkelte kan også gi en oversikt over hvor lang tid telleren hadde hatt under ulike forhold etter en telling. Det finnes ingen standardiserte dokumentasjonskrav eller dokumentformat som kan kvalitetssikre selve telleoperasjonen og måleresultatet.



Figur 5 Kontinuerlig overvåkning av WingTech-teller (foto: Hans V. Bjelland, SINTEF Fiskeri og havbruk AS)

Det er en tydelig og gjennomgående skepsis til tellingene utført ved brønnbåtene i ulike deler av næringen. Selv om brønnbåtmannskapet generelt har større tillit til egne tellinger, ønsker de også høyere presisjon ved høyere hastigheter enn hva dagens teknologi og praksis tillater.

Det er vanskelig å identifisere enkeltårsaker til den generelle skepsisen til brønnbåttellingenes presisjon. I samtaler med en rekke oppdrettere er det ingen som har anslått nøyaktigheten til brønnbåttellerne bedre enn 5 %, eller har trukket frem enkeltfartøy/mannskap/teknologi som har utmerket seg. Å forbedre dette vil kunne være avgjørende for økt biomassekontroll i matfiskanlegg.

Selv om tellerne også måler vekt, er det enda større skepsis til disse målingene og ingen av oppdretterne som har uttalt seg har på grunn av dette vært interessert i å få disse tallene.

Det er heller ingen av oppdretterne som har nevnt kvalitetsmål, slik som antall godkjente fisketellinger mot antall underkjente tellinger, når de har snakket om erfaringer med brønnbåttellinger. Dette forsterker inntrykket av at de finner det vanskelig å forholde seg til tallene fra brønnbåtene.

Selv om brønnbåttellinger i dag anses som usikre, har brønnbåtene potensial til å spille en betydelig rolle i biomassekontrollen i matfiskanleggene. Ved å transportere fisken gjennom kontrollerte volumer vil ikke bare tellingene, men også vektmålinger, kunne være en viktig korreksjon til anleggets biomassekontroll.

#### 4 Vektestimering

Kontroll av vekt omfatter gjennomsnittsvekt og vektvariasjon innenfor fiskegruppa. Graden av variasjon avhenger av mange faktorer slik som fôringsregime, genetikk, miljøforhold og sykdomsutbrudd.

Vektestimering baserer seg primært på vekstmodeller i produksjonsstyringssystemene, tabellberegninger av daglig tilvekst (basert på tid, temperatur, utføring, historisk fôrfaktor etc.), snittvektmålinger og målinger med biomasserammer.

Det finnes også målesystemer som baserer seg på videobilder eller stillbilder, samt systemer for måling med ulike typer akustiske sensorer. Denne typen systemer er i dag lite i bruk for biomassekontroll i lakseoppdrett i Norge (AKVAgroupp Vicass, AQ1 AM100, Aquasonar, Gand Aqua biomasse monitor). Kerasystemene kan gi gode vektestimater, men er i dag noe mer tidkrevende i bruk enn biomasserammer, ettersom det er

nødvendig at brukeren manuelt identifiserer fisken på bildene. Ulike typer akustiske løsninger har så langt ikke klart å vise en konsistent presisjon i målingene som kan tilfredsstillende kravene i moderne fiskeoppdrett.

#### 4.1 Snittvektsmåling ved prøvetaking

Som supplement til produksjonsstyringssystemer og veksttabeller er det vanlig å utføre snittvektsmålinger av fisken. Praksisen varierer, og mens enkelte selskap har månedlige snittvektsmålinger som fast retningslinje, gjøres det hos andre mer sporadisk. Det er begrensninger knyttet til tilgjengelig utstyr og til lufttemperaturer. Ved for lave lufttemperaturer vil fisken bli skadet ved håndtering i luft, og det kan derfor være perioder om vinteren hvor snittvektsmålinger er vanskelig.

Liten fisk kan måles ved hjelp av Arkimedes prinsipp i en stamp. Det er generelt ikke anbefalt å gjøre arkimedesmålinger for fisk større enn 500-600 gram, blant annet på grunn av praktisk størrelse på karet som brukes og håndtering av fisken. Den vanligste metoden for snittveiting ser ut til å være å bruke vanlig digital vekt og veie fisken en og en.

Praksis for utvalget varierer og mens enkelte gjør flere kast med orkastnot for å måle 200-500 fisk (Skretting 2009), anslår andre at det vanligvis måles omtrent 100 fisk per not. Det er imidlertid stor usikkerhet knyttet til hvordan en best skal sikre seg et representativt utvalg av fisk. Det er også vanlig praksis å bruke en stor håv fra krana på arbeidsbåten og så lokke fisken opp med litt håndføring over håven før denne brått heises opp mot overflaten for å fange fisken. Dette belyses ytterligere i arbeidsområde 3 i EXACTUS-prosjektet.

#### 4.2 Biomasseramme

Et annet mulig supplement til produksjonsstyringssystemer og veksttabeller er bruken av måleinstrument i merdvolumet. Selv om systemer basert på stereosyn og sonar har vært i bruk for vektestimering i merdvolumet (Haugholt et al. 2010), er målerammer i dag dominerende teknologi. Rammer fra de to markedsledende produsentene Vaki og Storvik Aqua er observert i arbeidet med denne rapporten.

##### 4.2.1 Teknisk utforming

Begge rammesystemene (Vaki og Storvik) er robust konstruert med en rektangulær ramme med 60-70 cm sidekanter, der fisken måles idet den svømmer gjennom. En kabel går fra rammen opp til merdkanten hvor den enten kan kobles til en håndholdt operatørenhet eller til kommunikasjonsløsninger inn til førflåten.

##### *Vaki*

Toppdelen av Vaki-rammen er forsynt med et trapesoppheng som er hengslet slik at rammen kan svinge fritt om x og z akse (Figur 6). Rotasjon rundt y akse forsøkes minimalisert gjennom at trapesen er avsluttet med et rør som opphengslingen skal tres gjennom. Linen løper helst fritt gjennom røret slik at rammen finner laveste punkt på linen av seg selv, og dybdejustering kan utføres ved å stramme eller slakke ett sted i stedet for i begge ender av linen. Rammen plasseres på et linestrekk som festes i to punkter langs flytekragens rekke, slik at den blir stående et par meter eller mer fra notveggen. Opphengssystemet sikrer dermed at rammen plasseres med åpningen vendt mot laksens svømmeretning når den svømmer parallellt med notveggen. Linen monteres i rammen slik at kabelen blir hengende naturlig, direkte fra rammen og ut til merdkanten, og dette er med på å stabilisere rammens posisjon. Kabelen er utstyrt med strekkavlastere i begge ender, som hindrer kabelen i å henge direkte fra kontakten og rive i stykker denne. Det anbefales å feste kabelen med et stikk eller teip på rekka til merden som en ekstra sikring dersom opphengslingen skulle gnages av eller løsne.



**Figur 6 a og b Vaki måleramme (foto: Erik Høy, SINTEF Fiskeri og havbruk AS og [www.vaki.is](http://www.vaki.is))**

### *Storvik*

Toppdelen på Storvik-rammen er også utstyrt med et hengslet trapesoppheng, men på denne rammen er festepunktene montert slik at rammen er beregnet for å henge tvers over senter av merden eller mot tårnet til fuglenettet (Figur 7). Denne monteringen vil gi andre muligheter for plassering i forhold til monteringsmetoden fra Vaki. Begge rammetyper er avhengige av at fisken svømmer gjennom rammene mest mulig parallelt med åpningen. Strømmen i nota og fiskens vanlige svømmemønster og svømmedyp er derfor viktige parametere for å plassere rammen for mest mulig representativt utvalg. Ingen av produsentene anbefaler å henge rammene innenfor området som er mest påvirket av føringen.



**Figur 7 a og b Storvik måleramme (foto: Hans V. Bjelland, SINTEF Fiskeri og havbruk AS og [www.storvik.no](http://www.storvik.no))**

Det forventes videre og er vist gjennom forsøk (Høy et al. in prep), at bølger kan gjøre at rammen står urolig i sjøen og derfor forhindrer fisken i å svømme gjennom i store antall. Det har imidlertid ikke vært mulig å konkludere om dette er negativt for målingene, basert på de oppdretterne som er kontaktet. En oppdretter nevnte at de hadde montert en strekkavlaster av strikk på opphengstauet til Storvik-rammene for å dempe bølgebevegelser. En form for strikkoppheng er testet i forsøk uten påviselig effekt (Høy et al. in prep).

#### 4.2.2 Bruk av rammene

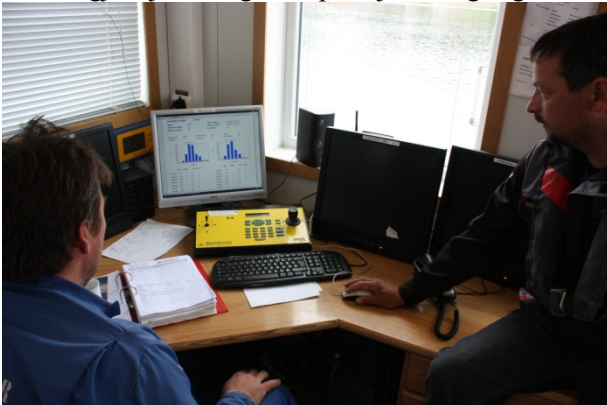
Begge systemene måler enkeltfisk som svømmer gjennom rammene, og krever et visst antall gjennomsvømminger for å oppnå gode målinger. Mens Vaki sitt system baserer seg på å ha én ramme i hver merd for å se biomassemåling over tid, baserer Storvik seg på å gjøre målinger i en merd av gangen i en kortere periode før rammen så flyttes videre over til neste merd.

##### *Vaki*

Rammene monteres en i hver merd og er beregnet for å stå fast i merden, helst gjennom hele produksjonssyklusen. Rammen kobles direkte til radioskap på flytekragen og settes deretter ut i merden og festes med en line. Det er en funksjon i programvaren der en kan gå inn og kontrollere om rammen begynner å bli grodd slik at den trenger vask. Det går an å undersøke videre ved å se på selve scanningen fra rammen i realtime. Her får en se tre bilder fra rammen og faste forstyrrelser vil sannsynligvis være groe. Andre forstyrrelser kan være feil med diodene eller at hele panel har falt ut. Om sommeren må en regne med at rammen må tas ut av merden en gang i uka for vask.

##### *Storvik*

Her flyttes rammene langt oftere, og eventuell groe fjernes før utsett i ny merd. Selv om det finnes ekstrapstyr som gjør at data kan overføres trådløst til forflåte, virker dette mindre utbredt. Data lastes ned på håndenhet ved flytting eller justering. Varigheten på måleperioden i hver merd varierer, men det avgjørende er å få et stort nok antall gjennomsvømminger. En av oppdretterne med god erfaring med Storvik-rammer nevnte at det ikke var et minimumsantall de gikk etter, men at de brukte å kontrollere at grafen over akkumulert snittvekt over tid flatet ut. Dette kunne gjerne sees etter omlag 1500 gjennomsvømminger, og rammen kunne da flyttes til en ny merd. Om rammen ble stående for lenge uten tilstrekkelig antall målinger ble det gjort justeringer av posisjonen og registreringer startet på nytt.



Figur 8 a og b Bruk av Storvik målerammer (foto: Hans V. Bjelland, SINTEF Fiskeri og havbruk AS)

#### 4.2.3 Gjennomsvømming og utvalg

Anbefalingene knyttet til plassering av rammen varierer mellom de ulike produsentene, og anbefalingene kan gjerne endres over tid ettersom en får mer erfaring fra ulike forhold. Derfor er det vanskelig å gå noe i detalj på dette. På det tidspunktet dataene til denne rapporten ble hentet inn, anbefalte den ene produsenten å montere rammene forholdsvis nærme notveggen (et par meter eller mer fra nota), mens den andre produsenten satte rammene noe nærmere midten av merden. I praksis vil dette variere fra anlegg til anlegg, og det er en klar oppfatning basert på forsøk i EXACTUS at det må beregnes at det kan ta tid å oppnå gode målinger i store merder og at rammene bør flyttes noe rundt for å sikre at de måler best mulig i hele populasjonen. Dybden ble opplyst hos enkelte brukere å være mest effektivt på omkring 5-7 meter, men dette vil også være avhengig av det totale merddypet, lys, årstid, temperatur og salinitetssjikt i sjøen med mer. Generelt fokuseres det gjerne mest på å maksimere antall gjennomsvømminger per tid, men fiskens plassering i merden varierer som følge av en lang rekke faktorer, slik at dette bør være en kontinuerlig



oppgave for å treffe godt. En oppdretter rapporterte at antallet gjennomsvømminger stort sett var jevnt gjennom døgnet, men gikk ned ved føring da fisken trakk innover mot midten av merden. Plassering av rammen for nært utføringspunkt anbefales ikke da dette kan gi et skjevt utvalg av fisk.

På et av anleggene som ble studert benyttet de i noen perioder to rammer som ble montert i to ulike høyder for å studere om snittvekten på fisk som svømte gjennom kunne variere med sjikt. Selv om dette gav et rikere utvalg, ble det vanskelig å konkludere utfra målingene og hvordan målingene.

Enkelte anlegg har forsøkt rammer i flere måneder uten tilfredsstillende resultater, mens andre generelt får det godt til. Det er en mulig sammenheng mellom utfordringer ved bruk av målerammer og store merder, uten at undersøkelsene i prosjektet er konkluderende. Mulige faktorer som spiller inn her:

- det er lettere å finne områder med høy fisketetthet i mindre merder
- det er lettere tilgang og lettere å komme til for å gjøre små justeringer i et stålanlegg
- stålanlegg og mindre anlegg ligger gjerne mer skjermet til, og er mindre utsatt for bølger og vær. Dette gir:
  - mindre bevegelse i rammene som kan hindre fisken fra å svømme gjennom
  - mer tid tilgjengelig på merdene hver dag for justeringer
- større merder på mer eksponerte lokaliteter kan gi fisken større mulighet og mer behov for større bevegelse og dynamikk både horisontalt og vertikalt. Dette vil gjøre det vanskeligere å finne gode steder for sampling, ettersom det ofte vil være mulig for fisken å velge å svømme utenom rammene.

Det er gjort flere forsøk i EXACTUS knyttet til målinger med biomasserammer i merd. I regi av Havforskningsinstituttet er det i småskala merdlaboratorium dokumentert hvordan den største laksen står dypere i merden, mens den mindre fisken står grunnere i merdene (Folkedal et al. 2012). I regi av SINTEF Fiskeri og havbruk er det arbeidet med bruk av rammer i eksponerte anlegg og bølgenes påvirkning av rammene. Ved mye sjø ble det estimert store bevegelser i rammen og fisken unngikk å svømme gjennom rammene. Her ble det også avdekket hvordan fisken i en stor merd kan ha en ujevn biomassefordeling over horisontale tverrsnitt av merden (Høy et al. in prep.). Dette avviker fra det som tidligere er beskrevet om hvordan laks generelt fordeler seg symmetrisk om senter i merden og beveger i en sirkelbane begrenset av noten. Det er også gjort sammenligninger mellom standard størrelse og en forstørret versjon av rammen for å undersøke om dette kan gi større antall gjennomsvømminger (Forsøk i regi av Christian Michelsen Research sommeren 2012).

Narrerammer eller tilvenningsrammer er i bruk i enkelte settefiskanlegg for å venne fisken til bruk av biomasserammer. Flere oppdrettere mener å ha opplevd bedre resultater med biomasserammer etter at fisken er tilvent rammer allerede fra settefiskfasen. Det er riktignok ikke funnet noen vitenskapelig dokumenterte resultater som viser at dette faktisk kan være med på å øke antallet gjennomsvømminger når fisken blir satt ut i merd.

Dagens praksis med bruk og plassering av biomasserammer fokuserer hovedsakelig på å maksimere antall gjennomsvømminger pr målt tid. Hvordan dette påvirker utvalget av fisk og de endelige målingene er uklart, men det er indikasjoner på at den tetteste stimen ikke nødvendigvis inneholder et godt tverrsnitt av fiskegruppa i merden. Laksens preferanse for dyp, og hvor i merden den står varierer med temperatur, lys og strøm, og en fast plassert måleramme vil dermed også kunne måle i randsonen av det tetthetsmessige tyngdepunktet for populasjonen. Det er ikke gjort inngående studier av dette og hvordan det vil påvirke det målte gjennomsnittet og spredningen i vekt.

Det er generelt stor tillitt til rammenes målinger, selv om enkelte meldte at de anvendte korreksjonsfaktorer mellom målt snittvekt og journalført snittvekt for å treffe bedre. Utfordringene totalt sett ser derfor ut til å

ligge primært i å finne gode plasseringer av rammene for å få et godt utvalg og tilstrekkelig mange fisk til å svømme gjennom og bli målt. Mulige tiltak for å forbedre gjennomsvømmingsrate blir behandlet i 7.5.

## 5 Slakteri

Det er en gjennomgående stor tillit til biomassemålinger på slakteriene. Disse målingene anses som fasiten i produksjonen, og fungerer også slik ettersom det er disse tallene som ligger til grunn for salget av fisken. I likhet med vaksinering på settefiskanlegget, håndteres fisken enkeltvis slik at telling og veiing er en naturlig del av prosessen. Det må likevel nevnes at vekter godkjent for salg også har unøyaktighet.

Ved slakting av oppdrettsfisk går fisken gjennom følgende operasjonsrekkefølge fra sjø til pakking:

1. pumping fra ventemerd eller brønnbåt
2. bedøving/avliving
3. bløgging
4. utblødning
5. vektsortering for valg av sløyemaskin
6. sløyning
7. ettervask
8. gradering og sortering med hensyn til kvalitet
9. veiing på individnivå for sortering med hensyn til vektklasse, pakking i kasser, veiing, merking
10. stropping

Telling av fisk foregår, eller kan foregå ved flere av disse operasjonene.

### *Pumping fra ventemerd eller brønnbåt*

Fisken telles levende på vei inn til bedøving. Fisketelleren står montert på røret og er ofte av type Vaki (Vaki Aquaculture Systems Ltd, Reykjavik, Island) eller AquaScan Fishcounter (AquaScan AS, Hafrsfjord, Norge). Nøyaktigheten på disse oppgis til å være 98 - 100 % (flere modeller finnes fra begge produsentene). Registrert antall benyttes til å bestemme passende batchstørrelse inn til bedøving (og behovet av fisk for prosessering lenger inn på slaktelinjen). I følge fiskeprodusentene, fungerer utstyret tilfredsstillende til formålet, men blir for grovt til å bestemme nøyaktig antall fisk produsert.

### *Bedøving/avliving*

Dersom det benyttes slagmaskiner (modell SI-5 og SI-6, Seafood Innovations Ltd, Sheldon, Australia) for avliving (bedøving), så har disse maskinene et telleverk som registrer antall slag over f.eks. et gitt tidsintervall.

### *Vektsortering for valg av sløyemaskin*

Utblødd fisk veies før sløyning ved flere slakterier. Hensikten er å sortere fisken i passende vektklasser, fordi sløyemaskinene (eksempelvis Baader 142) er innstilt til å kunne håndtere spesifikke vektklasser. I denne sammenhengen er det også mulig å registrere antall individer som passerer. Registrert antall fisk i denne operasjonen benyttes kun til prosessstyring av sløyemaskinene.

### *Sløyning*

Hvis ønskelig, er det teknisk mulig på eksisterende Baader 142 sløyemaskiner (Nordischer Maschinenbau Rud. Baader GmbH+Co.KG, Lübeck, Tyskland) å registrere antall fisk som sløyes per tidsenhet. Dette er data som kan tas ut dersom kunden har spesielle ønsker om det, men i praksis brukes ikke denne informasjonen videre av fiskeprodusenten.

### *Veiing på individnivå*

I forbindelse med veiing på individnivå for vektsortering, og veiing av kasser med fisk, kan en innhente informasjon om antall fisk som har blitt prosessert (Marel har ulike "gradere" og vekter). Det er antallet herfra som i praksis brukes av fiskeprodusenten, både i forbindelse med salg og prosesstyring.

Nøyaktigheten med hensyn til bestemmelse av antall fisk produsert er i prinsippet 100 % med mindre en har tekniske feil.

### *Rapportering av slaktetall fra matfiskanlegg til slakteri*

Oppdrettsbedriftene har ulik praksis i forhold til hvordan de rapporterer slaktetall fra matfiskanlegg og inn til slakteri. I noen tilfeller benytter oppdretterne seg av tallene som kommer fra brønnbåt ved innlating av slakteklar fisk. Stort sett er dette for seint i forhold til salgavtaler og planlegging, slik at vanlig praksis er at oppdretter vil levere en slaktemelding før brønnbåten kommer og dermed kun benytte seg av tall som allerede foreligger i produksjonsstyringsverktøyet og med justering etter magefølelse og praktiske målinger. Slaktemeldingen inneholder da data for antall, gjennomsnittsstørrelse og fordeling innenfor de ulike vektclassene som slakteriet håndterer, 1-2 kg, 2-3 kg, 3-4 kg osv.

### *Ventemerd*

Det er viktig å merke seg at ved bruk av ventemerd for mellomlagring av fisken, vil oppdretter være pliktig til å registrere denne som en egen enhet der biomasse blir registrert og rapportert slik som en ordinær produksjonseenhet. Ventemerden vil opptre som en uavhengig enhet der utsett/uttak for slakt registreres fortløpende.

### *Utkast ved slakt*

Metoder for registrering av utkast på slakteriet kan variere noe mellom de ulike slakteanleggene og foredlingsanleggene. Utkast på slakteriet inkluderer

- Andre fiskearter (eksempelvis småsei)
- Dødfisk som er død før slakting
- Kjønnsmoden fisk
- "Korthaler"
- Fisk med store ytre skader
- "Gulvfisk"

På noen anlegg telles all utkast manuelt og enkeltvis, slik at det registreres nøyaktig innenfor de ulike formene for utkast. På andre anlegg foregår antallsestimering av utkast i bulk ved å samle opp alt utkast i en tank eller et kar som deretter veies opp og antallet beregnes basert på den oppgitte snittvekten for fiskegruppen.

Ulike vektbetegnelser forekommer:

- Levende – vekten av levende svømmende fisk
- Rund – vekten av sultet og bløgget fisk
- Sløyd – vekten av sultet, bløgget og sløyd fisk med hodet på

Det er i 2012 ferdigstilt en Norsk Standard NS 9417 "Laks og regnbueørret - Enhetlig terminologi og metoder for dokumentasjon av produksjon" som beskriver ulike elementer ved produksjonen som også er relevant for biomassekontroll. Denne definerer for eksempel følgende omregningsfaktorer: Rund vekt er 93,7 % av levende; Sløyd vekt er 83,3 % av levende.

## 6 Diskusjon og anbefalinger

I det følgende kapittelet er fokus rettet mot områder innenfor biomassekontroll som representerer utfordringer, og som innehar et forbedringspotensial. Behovene som trekkes frem er knyttet til både gjennomgående utfordringer, som håndtering av ulike måledata, til prosedyrer og teknisk utvikling av utstyr for konkrete operasjoner.

### 6.1 Menneskelig faktor

Det er en gjennomgående høy motivasjon blant de som har vært kontaktet for å øke presisjonen i biomassekontrollen. Dette henger ikke bare sammen med bonusordninger (som for eksempel kan slå inn ved snittvektsavvik på mindre enn 2,5 %), men også en forståelse av at god biomassekontroll øker effektiviteten og lønnsomheten i hele produksjonen. Likevel uttrykker de som over tid *ikke* har fått gode resultater med ulikt måleutstyr avmakt med tanke på hvor en kan forbedre presisjonen. Når magedfølelse ofte trekkes frem som suksessfaktor er det vanskelig for de som ikke lykkes i å treffe godt. Å samle erfaring og utvikle prosedyrer for å håndtere ulike og ofte motstridende verdier i biomassekontroll vil være viktig.

Et gjennomgående trekk hos de som lykkes ser ut til å være et svært aktivt og gjennomtenkt forhold til biomassekontroll. Biomassemålingsutstyret krever både erfaringer og kontinuerlige justeringer i bruken for å optimalisere nøyaktigheten. Flere trekker derfor også frem god oppfølging fra leverandør som avgjørende for hvordan de driver biomassekontroll.

Biomassekontroll innebærer en del følsomme oppgaver som trenger konsentrasjon, tid, gode forhold og tett oppfølging over tid. Dette er enklere på skjermede anlegg enn ved mer eksponerte lokaliteter, hvor varierende og generelt røffere forhold gir kortere værindu for operasjoner og medfører at flere operasjoner vil utføres nærmere grenseverdiene for bruk av utstyr.

En utslagsgivende faktor for å oppnå størst mulig nøyaktighet i måleresultat er kompetanse hos de som håndterer fisken og utstyret. Dersom alt involvert personell har god forståelse for viktigheten av nøyaktig og korrekt gjennomføring av alle deloperasjoner, slik som tilpasset trenging av fisk, vil sannsynligheten for god målenøyaktighet øke. Det er også viktig å inneha kompetanse om utstyrets optimale operasjonsgrensebetingelser (se 7.4.1), slik at operasjonene kan utføres og tilpasses dette. Følgene av å ikke inneha god nok kompetanse, er at presisjonsnivået kan variere mye avhengig av personell som utfører operasjonen. Et godt eksempel på viktigheten av god forståelse for utstyrets betingelser, er gjennomføring av trenging av fisk før den pumpes ombord i brønnbåt og over tellere. God nøyaktighet sikres ved å sørge for jevn og tilpasset rate med fisk som går over telleren.

Personell som er involvert i telleoperasjoner bør ha en god forståelse av hele telleoperasjonen, samt viktigheten av nøyaktig og god gjennomføring av alle deloperasjoner i en telleoperasjon. Denne type kompetanse kan tilbys gjennom egne kurs, annen generell kompetanseheving innen telling, eller ved god opplæring av brukere av telleutstyr før gjennomføring av telleoperasjoner.

Dersom operasjoner utføres under stort tidspress, kan dette påvirke kvaliteten på målinger i negativ retning. Et eksempel vil være dersom brønnbåt kun har et kort tidsrom å utføre operasjonen på. Det vil nødvendigvis da være en risiko for at telleoperasjonen utføres på en ugunstig måte, med for hurtig innlasting av fisk og for mye fisk over tellerne på for kort tid. Tidspress kan forårsakes av for eksempel:

- korte værinduer (operasjonen må utføres innenfor et tidsrom før ventet uvær)
- kostnadshensyn
- timeplanutfordringer

Samtidig er det ofte slik at for eksempel laste- og losseoperasjoner på brønnbåt uansett bør gjennomføres raskt for å begrense tidsrommet fisken utsettes for stress. De ulike årsakene til tidspress er derfor med på å redusere mulighetene for å oppnå optimal nøyaktighet i biomassekontroll, og må vurderes opp mot andre driftshensyn. Det er ikke gjennomført kostnadsanalyser for dette i EXACTUS, men det kan tenkes at det i enkelte tilfeller og situasjoner i dag, vil være kostnadseffektivt å bruke mer tid på biomassekontroll.

Det er behov for:

- Kompetanseoverføring fra de som lykkes til de som har utfordringer
- Opplæring i og å etablere prosedyrer for håndtering av fisk og utstyr med tanke på å oppnå høy grad av presisjon i biomassekontrollen
- Å håndtere bedre og redusere tidspress

## 6.2 Fiskevelferd

All håndtering av fisk innebærer en biologisk og økonomisk risiko. Av hensyn til fiskevelferd og produksjonen, bør fisken i størst mulig grad få stå i fred i merdene. Derfor er det i dag lite aktuelt med egne målingsoperasjoner med brønnbåt eller eventuelle spesialtilpassede tellefartøy, der fisken pumpes over rørmålere. I forbindelse med rømmingshendelser kan Fiskeridirektoratet pålegge brønnbåttelling i forbindelse med at fisken likevel flyttes over i en ny og uskadet merd. En kan tenke seg at det burde gjennomføres nøye tellinger når muligheten byr seg i forbindelse med håndtering med brønnbåt, som for eksempel splitting eller brønnbåtavlusing. Ved splitting av merder med brønnbåt er det vanlig å bruke tellere for å sikre jevnt antall i de nye merdene, men ved avlusing er det ikke vanlig å drive telling. Etter behandling er det viktig å få fisken raskt ut i merden og tilbake til friskt vann slik at pumpehastigheten stort sett overgår det som er anbefalt for bruk av rørtellerne i dag. Om en skulle øke pumpetiden for å få til en telling, vil nytten av målingen måtte avveies mot fiskevelferd og farene for økt dødelighet, økt stressbelastning og mulige sykdomsutbrudd.

## 6.3 Behov for integrasjon av systemer

Som påpekt ulike steder i denne rapporten er det en lang rekke utførte målinger og informasjon om disse som ikke nyttiggjøres systematisk i dagens biomassekontroll. Ved å modellere biomasse basert på flere datakilder, vil disse kunne utnyttes for å kunne utfylle, kvalitetssikre og standardisere den jobben som en driftsleder med mye erfaring og stort fokus på biomasse gjør i dag.

Gjennom produksjonssyklusen blir det gjennomført en lang rekke ulike målinger som kan utnyttes til biomassekontroll. Det kan være målinger av enkeltfisk ved lusetellinger, eller andre prøveuttak for vurdering av helsetilstand, målinger i brønnbåt, måling med biomasserammer eller kamera. I tillegg gjøres det også en del målinger av temperaturer, oksygennivå og enkelte steder også med ekkolodd for å finne hvor fisken står. Sammen med disse målingene vil det alltid også finnes registrerte eller ikke-dokumenterte metadata i form av plassering av sensoren eller prøveuttaket, nøyaktig tidspunkt for målingen og kvalitetsdata som kan si noe om den forventede nøyaktigheten eller hvor representativ uttaket eller målingen kan være. Dersom alle disse målingene og metadataene kunne integreres og samles i produksjonsstyringssystemet, ville det kunne utgjøre et formidabelt grunnlag for en type adaptiv modelltilnærming til forskjell fra dagens empiriske modeller.

I tillegg til fokus på presisjon og registrering av forventet presisjonsnivå ved hver enkelt måling, er håndteringen av måldata viktig for biomassekontroll i akvakultur. Det forekommer store variasjoner i hvordan data overføres mellom ulike systemer i dag, slik som:

- fra telleutstyr og biomasserammer til produksjonsstyringssystem
- fra produksjonsstyringssystemet på et settefiskanlegg til det på matfiskanlegg

- mellom brønnbåt og matfiskanlegg
- mellom matfiskanlegget og slakteri
- mellom slakteri og matfiskanlegg etter ferdig utslakting og prosessering

Måleresultater overføres gjerne ved at disse avleses direkte på utstyret, eller i programvaren for systemet, og deretter manuelt føres inn i produksjonsstyringssystemet. I tillegg vil det ofte ikke være den samme personen som avleser resultatene som også fører dem inn i systemet, slik som når telleresultater formidles fra brønnbåt til matfiskanlegg. Måten dette formidles på kan variere og omfatter rapporter, direkte eller telefonisk muntlig formidling og elektronisk kommunikasjon. Både den manuelle håndteringen av data og variasjonen i kommunikasjonsløsninger gir rom for:

- manglende presisjon og tap av data.
- udokumentert korrigerende av verdier. Basert på tidligere erfaringer med utstyr forekommer bevisst korrigerende av telleresultater med gitte erfaringsbaserte faktorer for å treffe bedre. Rapporter og produksjonsstyringssystemer håndterer ikke dette, slik at slike korreksjoner forblir udokumentert.
- at informasjon om forhold ved måleoperasjonen og kvaliteten, slik som spredningsmål og usikkerhet på måleresultatet går tapt. Det er innarbeidet systemer i enkelte av rørtellere som overvåker og logger for eksempel overbelastning i tellekammeret. Det er imidlertid ikke vanlig at denne typen data eller eventuelle spredningsmål følger med som dokumentasjonen på tellingen.

Mer standardiserte prosedyrer, bedre dokumentasjon og dokumentasjonshåndtering vil forenkle sammenligning av resultater for å identifisere avvik, årsak til avvik og mulige forbedringspotensialer.

Det er behov for:

- Å standardisere og sette krav til dokumentasjonen og dokumentasjonshåndtering i forbindelse med telleoperasjoner, slik at denne informasjonen er sporbar og tilgjengelig gjennom produksjonen, både når det gjelder kvalitet på tellingene, på de konkrete antall som er målt opp og eventuelle vurderinger som er gjort
- Å nyttiggjøre seg av, og kombinere ulike kilder for biomassedata
- Tilgang på og mer bruk av informasjon om datakvalitet
- Tettere integrasjon mellom systemer

I arbeidsområde 2 i EXACTUS-prosjektet utvikles det modeller for vekstestimering basert på vekstmodeller og data fra ulike former for målinger (Marafioti, et al. 2012). En slik modellbasert estimator-tilnærming vil i større grad kunne nyttiggjøre seg av ulike kilder for biomassedata, samt informasjon om målingenes presisjon.

Produksjonsstyringssystemenes viktige stilling i dag, gjør at det er vanskelig å gjøre store forbedringer i biomassekontrollen på matfiskanleggene uten å komme i dialog med produsentene av disse for å videreutvikle modeller, integrasjon med utstyr, innrapporteringer og grensesnitt. Dette bør vurderes med tanke på videre utvikling av systemer for biomassekontroll.

## 6.4 Utstyrets operasjonsgrensebetingelser

Utstyret som benyttes til måling anses, under de rette forhold, å gi målinger med høy presisjon. Ved ulike måleoperasjoner anvendes imidlertid ofte utstyret under mindre gode forhold, utenfor det tiltenkte operasjonsrommet, slik at presisjonen reduseres. Variasjonen i operasjonsforhold kan også være stor, slik at presisjonen kan være vanskelig å forutsi. Det finnes lite tilgjengelig og presis informasjon om hvilke faktorer en må ta hensyn til og om hvordan, og i hvilken retning, ulike driftsforhold kan påvirke en måling.

Det er behov for å:

- Videreutvikle eksisterende utstyr, eller utvikle nye utstyrstyper, med spesiell vekt på å være tilpasset de forholdene som måleutstyret ofte anvendes under, samt å være mer robust overfor variasjoner i operasjonsforhold (slik som pumpehastighet, ujevn innmating av fisk, strøm og bølger ved orkast) og ulike typer kompletterende utstyr (slik som pumper).
- Implementere indikator- og alarmsystemer for utstyret som varsler at operasjonsgrensene for utstyret er i ferd med å nås (slik som høy pumpehastighet eller unøyaktig telling). Denne informasjonen kan også inkluderes i dokumentasjon av målingen.

## 6.5 Testing og sertifisering av utstyr

Leverandør- og utstyrsindustrien jobber kontinuerlig med forbedring av utstyr og prosedyrer, gjerne i tett dialog og med innspill fra brukerne. Testing og utprøving av nye løsninger er imidlertid kostbart og utfordrende å gjennomføre under relevante og sammenlignbare forhold. FoU-miljøene vil kunne spille en viktigere rolle her som nøytral partner i praktisk og objektiv testing og videre utvikling av utstyr. Det har tidligere ikke vært mye forskningsinnsats på dette området tidligere.

Det finnes per i dag ingen sertifiseringsordninger for utstyr for biomassekontroll i akvakultur. Standard NS 9417, "Laks og regnbueørret - Enhetlig terminologi og metoder for dokumentasjon av produksjon", definerer ulike elementer ved produksjonen som er relevant for biomassekontroll. Å bygge videre på denne standarden til også å dekke metoder for måling av nøyaktighet og sertifisering av utstyr for biomassekontroll vil bidra til mer sammenlignbare løsninger.

Det er behov for:

- Å utvikle en standard som sikrer et minimum av nøyaktighet i måleutstyret.
- Å sette en standard for testing og kalibrering av utstyr til måling av fisk.
- Å utvikle og dokumentere metoder og prosedyrer for bruk av måleutstyret.
- Mer robust instrumentering og økt grad av standardisering.

## 6.6 Øke graden av gjennomsvømming i biomasserammer

Som påpekt i 5.2.3, er det generelt god tillit til måleutstyrets presisjon i seg selv, og dette gjelder også for målerammer. Utfordringen ligger primært i å få tilstrekkelig mange fisk til å svømme gjennom og å få et godt og representativt utvalg. Utfordringer med dette kan skyldes både fiskens varierende posisjon og at fisken aktivt velger å svømme utenom rammene dersom fisketettheten er lav i området der rammen står (observert med video i EXACTUS forsøk). Kombinasjonen av et stort merdvolum og at og fiskegruppen varierer sitt tetthetsmessige tyngdepunkt i merden over tid gir utfordringer med tanke på å måle nok fisk med et representativt utvalg.

Det er behov for å:

- Øke forståelsen av fiskens observerte unnavikelsesadferd for å tilpasse utstyret og bruken av dette
- Øke forståelsen av fiskegruppens plassering i merden over tid
- Utvikle nye prosedyrer for oppheng og justeringer av rammens posisjon

Fiskens adferd og plassering blir adressert i arbeidsområde 3 i EXACTUS-prosjektet, samt bruken av rammene og oppheng i store merder i arbeidsområde 4.

#### *Bruk av rammene*

Justering av plassering av rammene er svært viktig for å oppnå en god måling. Ulike opphengssystemer og plasseringer av rammene benyttes. Det å la rammene henge fast i merdene sikrer jevn og tett kontroll med biomasseutviklingen i merden, men kan redusere oppdretternes oppmerksomhet omkring systemet. Det vil også være lett å miste oversikten over hvor i populasjonen en måler dersom rammene ikke beveges noe rundt i merden. Beretninger om vellykket bruk av målerammer kan tyde på at en tett oppfølging av rammene og plassering er nødvendig for å sikre godt resultat. Ved lokaliteter som er sterkt påvirket av strøm vil det være naturlig at forholdet mellom fremtredende strømreretning og rammenes åpning kan være viktig for gode målinger.

#### *Eksponerte anlegg*

Anlegg på mer eksponerte lokaliteter vil som tidligere diskutert kunne føre til at det blir tilbragt mindre tid på merden og at mulighetene for småjusteringer og tett oppfølging av rammene blir redusert. Dette, sammen med at rammene blir utsatt for større dønninger, bølger og strøm, fører til at rammene har større bevegelse relativt til fisken. Dette er undersøkt i forsøk i arbeidsområde 4 i EXACTUS, og resultatene viser tydelig at det ikke forekommer høye antall målinger i perioder der det er registrert høye bølger. Samtidig med høy sjø, er det også registrert høye tettheter med fisk rundt rammene, og høyere bevegelse av rammene i forhold til fisken. Disse resultatene tyder på at det kan være reelt vanskeligere å få til gode målinger med rammer i eksponerte anlegg om de samme metodene og opphengsstrategiene som ved mer skjermede lokaliteter anvendes.

#### *Aktiv regulering av målerammens posisjon*

Automatisk regulering av rammens posisjon basert på modeller for fiskeadferd, målt biomassetetthet med ekkolodd eller registrert gjennomsvømmingsrate er ikke utprøvd. Dette kan imidlertid være en interessant utviklingsretning. I forsøk i regi av Christian Michelsen Research og arbeidsområde 1 i EXACTUS hentes det inn data og lages modeller for å undersøke dette nærmere.

## **6.7 Tellere**

Det er en tydelig og gjennomgående skepsis til nøyaktigheten til tellingene utført på brønnbåtene i ulike deler av næringen. For sjøfasen er rørtelling i brønnbåt den eneste tilgjengelige teknologien for et direkte mål på antall fisk, og det er også lite sannsynlig at teknologi for direkte antallmåling i merd vil komme på plass i nærmeste fremtid. Det er ikke klart om denne manglende tilliten kommer av svakheter ved måleteknologien direkte, eller av prosedyrene og systemene rundt tellingene. Det finnes ikke noe forsøksdata som sier noe om hvilken nøyaktighet man oppnår i praksis for de ulike vektclassene og tellesystemene, og det hersker derfor stor usikkerhet til forventet nøyaktighet ved en vilkårlig brønnbåttelling. Det bør derfor legges ned et arbeid i å kartlegge denne nøyaktigheten.

De ulike tellerprodusentene oppgir gjerne en nøyaktighet som er bedre enn for eksempel  $\pm 2\%$ , men det oppgis ikke for hvilket måleområde dette gjelder for, eller mer nøyaktig om hvilke forutsetninger og forhold som må være tilstede for at en skal oppnå denne nøyaktigheten. Det er tidligere nevnt at bobler og luftinnblanding i vannstrømmen kan føre til overestimering, og at for høy eller ujevn mating og overlapping av fisk kan føre til underestimering. Dette indikerer at tellerens nøyaktighet først og fremst avhenger av hvordan matingen kjøres, type pumpeystem, utforming av disse og det vil antagelig være vanskelig å oppnå forutsigbar nøyaktighet før man oppnår bedre kontroll for disse ytre faktorene. Ettersom både matingen av pumpeystemet og tettheten av fisk foran pumpeinntaket styres manuelt, vil det være avgjørende å oppnå god oversikt og kommunikasjon i disse prosessene for å sikre at telleren mates med en mest mulig jevn og



forutsigbar strøm av fisk. Ytterligere forbedringer kan oppnås ved å automatisere disse prosessene og aktiv styring av fiskestrømningsraten.

En annen angrepsvinkel er å utvikle telleteknologi som er robust for bobler i vannet og ujevn fiskestrømningsrate. Et forsøk og en idé som forfølges i denne retningen innenfor EXACTUS, arbeidsområde 1, er bruk av røntgen til rørtelling. Kombinasjon av ulike sensorteknologier kan også være interessant. For rørtellere som har utfordringer med å takle toppene med spesielt mye fisk, kan dagens sensorteknologi for eksempel kombineres med måling av samlet biomasse. Slik vil dagens tellerteknologi kunne finne snittvekt og størrelsesfordeling i perioder med lavgjennomstrømning av fisk, og samtidig sikre best mulig telling ved høy gjennomstrømning.

Det er behov for å:

- Kartlegge nøyaktigheten til ulike tellesystemer ved ulike forutsetninger, som vektclasser og telleforhold
- Utvikle telleteknologi som er robust for ulike forhold

## 6.8 Brønnbåter

Det ser ut til å være generelt god sammenheng mellom rapportert antall fisk talt inn på brønnbåt for slaktetransport og det som blir registrert på slakteriene. Dette tyder på at tellesystemene her er godt tilpasset og kalibrert, samt at kompetanse og fokus er tilstrekkelig. Tellingene inn på brønnbåt anvendes direkte i slakteplanlegging, og det er god tilbakemelding og kommunikasjon mellom brønnbåt og slakteri. Dette er dermed en telleoperasjon der det ligger godt til rette for å kalibrere seg inn til riktige prosedyrer og korrigeringsfaktorer. En god motivasjon for å optimalisere tellingen er også tilstede, ettersom brønnbåtene kan bli vurdert på kvalitet avhengig av hvor presise tall de kan oppnå i denne tellingen.

Det er registrert stor usikkerhet knyttet til presisjon i tellinger knyttet til smoltleveranser og ved splitting av fiskegrupper. Dette kan komme av at det er mindre fokus på tellingene i denne fasen, og at hastighet i operasjonen prioriteres høyere enn tellekvalitet. En del fartøy bærer også preg av kompromisser, ved at de er tilpasset transport både av stor og liten fisk, og ikke har utstyr som er direkte tilpasset telling av mindre fisk og mellomklasse fisk. For tellingene ved splitting er tallmaterialet for sammenligning, kalibrering og prosedyreinnlæring usikkert, ettersom fisken har stått en stund i sjøen, og det kan ha oppstått noe registrert svinn. Dette vil kunne føre til at brønnbåtene har vanskeligere for å forbedre sine rutiner og teknologibruk i disse operasjonene. Mangelen på gode referansemålinger, og oppfatningen om mange feilmålinger, gjør at det er knyttet skepsis til den tekniske kvaliteten på teknologien for telling av mellomstørrelse fisk. Hvorvidt dette er tilfelle, er ikke mulig å slå fast basert på tilgjengelig datagrunnlag. Utfordringene her kan også skyldes operasjonelle forhold som overbelastning av telleren, eller overdimensjonerte rør som lettere gir overlapp i tellekammeret. Enkelte oppdrettere gjør et mottrekk mot denne usikkerheten ved at de jobber målrettet allerede på settefiskanleggene for å optimalisere sortering og produsere så homogene og jevne grupper som mulig. Prinsippet er da at homogene, sterke grupper har mindre tap, slik at en kan oppnå god kontroll med antall kun gjennom telling av dødfisk og andre uttak i sjøfasen. En søker også å anvende passiv transport av fisken med for eksempel overlining ved splitting av merder for å minimere håndtering og belastningen på fisken og tap på grunn av dette. En tar altså vekk mulige tellepunkter i produksjonen i sjøen, men søker å veie opp for dette med robuste, jevne fiskegrupper som skal gi god forutsigbarhet.

I den grad telling av hele fiskegruppen gjennomføres i sjøfasen, er god oppfølging av tall fra telling underveis i sjøfasen viktig for å sikre god læring og høy kvalitet også i denne typen telling. Det er i dag nødvendig å begrense hastigheten på splittingsoperasjoner for å oppnå tilstrekkelig tellekvalitet. Det er

naturlig å anta at en kan øke presisjonen i tellingene ved å installere større kapasitet og mer tilpasset teknologi, blant annet for mating gjennom telleren.

Gjennomføring av telleoperasjoner som inkluderer brønnbåt er avhengig av god kommunikasjon mellom personell på settefiskanlegg og matfiskanlegg, mellom brønnbåt og matfiskanlegg, og mellom slakteri og brønnbåt. Spesielt vil operasjoner, slik som trenging av fisk og innlasting av fisk i brønnbåt, kreve at personell på brønnbåt og personell på merdkant forstår hverandre godt. Dersom dette samarbeidet fungerer bra, vil det bidra til bedre nøyaktighet av telleresultater eksempelvis gjennom at hastigheten av telleoperasjonen er tilpasset telleutstyret.

Det er behov for:

- God kommunikasjon og oppfølging av telleresultater for å kunne forbedre prosessene og oppdage prosedyre- og maskinfeil på et tidlig tidspunkt
- God oppfølging av tall fra telling underveis i sjøfasen for å sikre god læring og høy kvalitet også i denne typen telling
- Mer data og forskning på avvik og årsakssammenhenger ved rørtellinger i ulike produksjonsfaser
- Mer kommunikasjon mellom oppdretter og brønnbåt om telling for å kunne lære og bli flinkere
- Kompatibel og åpen radiokommunikasjon mellom brønnbåt og personell på merdkanten for å få god flyt og bedre innmating til telling

## 6.9 Annet

### 6.9.1 Forbedre dødfiskhåndtering

Bedre telleprosedyrer eller -teknologi for dødfisk kan være nyttig, ikke minst ved tilfeller med akutt stor dødelighet. Mulige tiltak for å forbedre opptak av død fisk kan knytte seg til utforming av notbunn, slik som å gjøre den spissere, justere bruken av tau og eventuelt gjøre bunnen av merden tettere/glattere enn sidene. Videre kan automatiserte løsninger som muliggjør hyppig og forutsigbart opptak av dødfisk, uavhengig av vær bidra til økt kontroll på svinn.

### 6.9.2 Gjennomføring av snittvektsmålinger

Mulige forbedringer på snittvektsmålinger vil bestå av både bedre måleutstyr og bedre prosedyrer for å sikre et representativt utvalg. Dette gjelder både for målerammer, kameramålinger og fysiske prøveuttak. Resultater fra forsøk i EXACTUS viser at prøveuttak kan være følsomt for hvilken dybde uttaket blir gjort fra, og også fra hvor i merden uttaket gjøres. Prøver tatt på ulike steder i merden, og med et godt antall, vil kunne være med på å gjøre målingene sikrere.

### 6.9.3 Vaksinasjon

Presisjonen i tellingene anses som gode under vaksinerings, og har stor betydning for biomassekontroll senere i produksjonssyklusen. Eventuelt nye løsninger for vaksinasjon eller drift etter vaksinasjon, bør sikre å beholde den gode antallskontrollen.

### 6.9.4 Annen teknologi for vektestimering

Arbeidet i EXACTUS fokuserer i all hovedsak på utstyr for å bedre biomassemålingene for sjøanleggene. Derfor er det ikke lagt vekt på spesielløsninger for biomassekontroll på settefiskanlegg eller på slakteri. Sammensetningen av deltakende og finansierende partnere i prosjektets konsortium, og deres innflytelse og ønsker, har vært viktig i forhold til hvilke teknologier og utfordringer som har fått mest oppmerksomhet.

Derfor kan det være at enkelte løsninger ikke har blitt behandlet inngående i dette prosjektet. Enkelte momenter nevnes derfor bare kort i avsnittene under.

#### *Måleramme på orkastnot*

Fra ulikt hold har det blitt lansert en idé knyttet til å feste en rammelignende sensorteknologi på en orkastnot som trekkes gjennom merdvolumet. Med dette ville en muligens kunne sikre seg et stort antall målinger med et med mer representativt utvalg enn andre løsninger. Idéen er ikke forfulgt videre til ferdig produkt og det er åpenbart at det ligger utfordringer knyttet til metoden i forhold til overlappende fisk og analyse av måledata fra en slik ramme. Med krav til en rimelig effektiv bruk der hvert drag ikke kan ta ubegrenset med tid, så vil det derfor være vanskelig å benytte vanlige biomasserammer slik teknologien er utformet i dag.

#### *Akustikk*

Det er over lengere tid gjennomført utviklingsløp knyttet til akustiske målinger av biomasse i merd. Dette arbeidet har i stor grad vært ledet av Simrad, i samarbeid med Universitetet i Oslo og Havforskningsinstituttet, men har så langt ikke ført fram til produkter. Det har vist seg vanskelig å måle de enorme biomassene i merden med en nøyaktighet som ligger opp mot det som kreves av næringen for aktiv bruk (konsistente målinger med minimum mindre enn ca. 5 % avvik). Det er lansert løsninger med jevne mellomrom fra andre aktører uten at dette har slått gjennom i markedet ennå.

#### *Kamera*

Som tidligere nevnt finnes det flere løsninger for stereokamera til måling av biomasse. Dette er et godt måleprinsipp der fisken påvirkes svært lite, og det er mulig å fange opp representative målinger, men det er utfordringer knyttet til arbeidsmengde ved bruk av systemene. Utfra tilgjengelig informasjon finnes det i dag ikke noe helautomatisk kamerasystem som kan måle biomasse i kommersielle merder. Løsningene med kamera ser ut til å bli for arbeidskrevende og er lite i bruk i Norge i dag.

## Referanser

Akvakulturdriftforskriften. 2008. Forskrift om drift av akvakulturanlegg. Fastsatt ved kgl. res. 17. juni 2008.

Folkedal O., Stien L.H., Nilsson J., Torgersen T., Fosseidengen J.E., Oppedal F. 2012. Sea caged Atlantic salmon display size-dependent swimming depth. *Aquatic Living Resources*, 25, pp 143-149.

Haugholt K.H., Kavli T., Knappskog V., Løvhaugen O., Pedersen A.O., Pedersen G. 2010. *T1.1 Technology survey*, prosjektrapport 22.12.2010 url: [www.sintef.no/EXACTUS](http://www.sintef.no/EXACTUS).

Høy E., Frank K., Rundtop P., Bjelland H.V. 2012 Study on the use of optical grid measurement-frames for fish weight estimation in a large scale, exposed fish farm. In prep.

Marafioti G., Alver M.O., Alfredsen J.A., 2012, Estimation of growth in farmed Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) based on dynamic energy budget (DEB) model and Kalman filtering. Presented at AQUA 2012, Prague. Sept 2<sup>nd</sup> 2012.

Aarhus I.J., Sandberg M.G., Martinsen S. 2009. *Konsekvensanalyse – utredning rundt følgene av feilestimering av biomasse i sjøbasert oppdrett*. Åpen SINTEF-rapport nr. SFH A096045.



Teknologi for et bedre samfunn

[www.sintef.no](http://www.sintef.no)