

RAPPORT MA 11/11

Inge Fossen

**Potensial for bruk av hydroakustikk i
oppdrett av laks.**

Antall, biomasse og størrelsesfordeling av
laks i merd, samt beskrive sedimentering
under merdene.

© Forfatter/Møreforsking Marin

Forskriftene i åndsverkloven gjelder for materialet i denne publikasjonen. Materialet er publisert for at du skal kunne lese det på skjermen eller fremstille eksemplar til privat bruk. Uten spesielle avtaler med forfatter/Møreforsking Marin er all annen eksemplarfremstilling og tilgjengelighetsgjøring bare tillatt så lenge det har hjemmel i lov eller avtale med Kopinor, interesseorgan for rettshavere til åndsverk.

Tittel	Potensial for bruk av hydroakustikk i oppdrett av laks. Antall, biomasse og størrelsesfordeling av laks i merd, samt beskrive sedimentering under merdene.
Forfatter(e)	Inge Fossen
Rapport nr.	11/11
Antall sider	29
Prosjektnummer	54662
Prosjektets tittel	
Emneord	Ekkolodd, størrelsesfordeling, biomasse, havbruk, sedimenter, overvåking.
Oppdragsgiver	Gand Aqua AS
Referanse oppdragsgiver	Reidar Honningsø
ISSN	0804-54380
Distribusjon	Åpen
Godkjent av	Snorre Bakke
Godkjent dato	22. sept. 2011

Sammendrag

I perioden fra 4. til 13. juni 2011 ble det gjennomført uttesting av hydroakustisk utstyr fra BioSonics etter invitasjon fra Gand Aqua. Målsettingen for uttestingen var å få en indikasjon på hvordan det hydroakustiske utstyret fra BioSonics fungerte i oppdrettssammenheng. Fokus for studien var hvordan utstyret kunne benyttes til å si noe om: Antall laks i merdene, størrelsesfordelingen til denne laksen, samlet biomasse i en gitt merd, og om utstyret kan benyttes til å beskrive endringer i bunnsedimenter som følge av oppdrettsaktiviteten. Det nye i denne uttestingen er i hovedsak relatert til hvordan programvaren til BioSonics behandler de mottatte ekkoene.

Som forventet ga en svinger med et ventralt aspekt den sterkeste lyd refleksjonen fra laks, men så langt har en ikke kommet fram til en optimal plassering av svingeren i merden. Det er ventet at hydroakustikk kan fungere godt som en indeks over antall individer som befinner seg i en gitt merd. Det ble ikke oppnådd et godt estimat av ventet presisjon og nøyaktighet for metodens beskrivelse av størrelsesfordeling og biomasse. Innledende forsøk for beskrivelse av størrelse sammensetning var imidlertid oppløftende. Hydroakustikk synes å være en god metode for beskrivelse av bunnsedimenter.

FORORD

En betydelig utfordring for en stadig voksende havbruksindustri har vært en god og løpende kontroll med hva som befinner seg i merdene til en hver tid. Problemstillingen er ytterligere aktualisert gjennom et økende miljøfokus som krever bedre kontroll og dokumentasjon blant annet med tanke på rømning.

I den anledning har Gand Aqua invitert representanter fra det Seattle lokaliserte selskapet BioSonics Inc. til Norge for å vurdere hvordan deres transducere (svingere) og programvare kan forventes å fungere som redskap til å indikere biomasse og størrelsesfordeling i norske laksemerder. Rapporten dekker et av flere delprosjekter i denne sammenheng.

Møreforskning er part i prosjektet for å dokumentere og evaluere mulighetene som ligger i denne tilnærmingen til problemstillingen. Rapporten oppsummerer feltaktivitet, resultater og vurderinger av forsøkene som ble gjennomført i perioden 4. til 13. juni, 2011.

INNHold

Sammendrag	9
Summary	10
1 Innledning	11
1.1 Bakgrunn	11
1.2 Utfordringene.....	11
1.2.1 Antall:.....	11
1.2.2 Størrelse:.....	12
1.2.3 Biomasse:.....	12
1.2.4 Sedimenter:	12
1.2.5 Hydroakustikk:	13
1.3 Fokusområder og problemvinkling	13
2 Materiale og Metode	15
2.1 Plassering av svinger i merd.....	15
2.1.1 Kort om prinsipper for utregning	19
2.2 Bruk av Hydroakustikk for beskrivelse av miljøforhold på bunnen.....	20
3 Resultater	23
3.1 Plassering av svinger	23
3.1.1 Aspekt og refleksjon	23
3.1.2 Antall:.....	24
3.2 Bruk av Hydroakustikk for beskrivelse av miljøforhold på bunnen.....	25
4 Diskusjon	27
5 Konklusjon	29
6 Referanser	30
7 Vedlegg	32

SAMMENDRAG

I perioden fra 4. til 13. juni 2011 ble det gjennomført uttesting av hydroakustisk utstyr fra BioSonics ved tre oppdrettslokaliteter i Romsdal og Nordmøre. Medarbeidere fra det Seattle baserte selskapet BioSonics var til stede for å gjennomføre uttestingen etter invitasjon fra Gand Aqua.

Målsettingen for uttestingen var å få en indikasjon på hvordan det hydroakustiske utstyret fra BioSonics fungerte i oppdrettssammenheng. Fokus for studien var hvordan utstyret kunne benyttes til å si noe om: Antall laks i merdene, størrelsesfordelingen til denne laksen, samlet biomasse i en gitt merd, og om utstyret kan benyttes til å beskrive endringer i bunnsedimenter som følge av oppdrettsaktiviteten.

Ideen om å bruke hydroakustikk for beskrivelse av hva som skjer i oppdrettssammenheng er på ingen måte ny, og som resultatene fra denne utprøvingen også viser har den opplagt potensial. Det nye i denne uttestingen er i hovedsak relatert til hvordan programvaren til BioSonics behandler de mottatte ekkoene. Som forventet ga en svinger med et ventralt aspekt den sterkeste lyd-refleksjonen fra laks, men så langt har en ikke kommet fram til en optimal plassering av svinger i merd. Det er hensiktsmessig å bruke en svinger med dorsalt aspekt (ovenfra og ned) og det arbeides videre med å konstruere en flytende bølge som denne vil monteres i.

Det er ventet at hydroakustikk kan fungere godt som en indeks for antall individer som befinner seg i en merd. Metodens presisjon og nøyaktighet for beskrivelse av størrelsesfordeling og biomasse ble imidlertid ikke beskrevet, selv om foreløpige innledende resultater synes lovende.

Hydroakustikk er en aktuell metode for å bedre beskrive bunnsedimentering. Per i dag eksisterer det både utstyr og programvare som er tilpasset denne oppgaven. Temaet er inkludert her for å anskueliggjøre potensial. Det antas at i kombinasjon med grabbprøver har hydroakustikk potensial til å være en bedre metode for oppfølging av bunnsedimenter i tilknytning til akvakulturanlegg enn dagens praksis.

SUMMARY

BioSonics hydroacoustic hardware and software were tested in three aquaculture sites in Møre & Romsdal County between the 4th and 10th June 2011. Personnel from BioSonics carried out the tests after an invitation from Gand Aqua.

The aim of the field exercise was to get an indication of how the hydroacoustic gear from BioSonics could be utilized in Norwegian salmon farms. Main areas of interest: Estimates of number of fish in a pen, the size distribution of this salmon, biomass in the pen, and if the equipment could be used to describe bottom sedimentation beneath the fish farms.

Using hydroacoustics in fish farms is not a new idea, and the results suggest that this method has obvious potentials. The new part in this study is the data handling inside BioSonics software. As expected, a ventral aspect gave the strongest echo from the salmon, but so far an optimal placement of the transducer in the pen has not been identified. Further work aims to construct a floating buoy which gives the transducer a dorsal (top down) aspect.

The study suggests that hydroacoustic might work well as an indicator for number of fish per pen. However, the methods precision and accuracy with respect to estimate size distribution and biomass of fish is still unclear although preliminary results were promising. The methods capability for describing bottom sedimentation is well known and both gear and software is easily available. The topic was included to further underline the methods potential in aquaculture. A combination of hydroacoustic and standard method sediment sampling might lead to an overall better method for describing bottom sedimentation around fish farms.

1 INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

Den relativt unge havbruksnæringen i Norge har hatt en sterk vekst siden den spede starten på 1960 tallet. I 2010 ble det produsert 944 600 tonn laks noe som plasserte Norge som den største produsenten av Atlantisk laks, med en eksportverdi på 31,3 milliarder NOK (Bessesen, 2011; www.seafood.no). Utviklingen av næringen går stadig raskere og omfatter i dag også en betydelig utvikling innen teknologi for å optimalisere produksjon og fiskevelferd samt å ivareta miljøhensyn.

1.2 Utfordringene

I matfiskproduksjonen i åpne merder har det lenge vært problematisk både å holde oversikt over hvor mange individer som faktisk er i merden og størrelsen på individene (Juell & Fosseidengen, 1995).

1.2.1 Antall:

En skulle tro at antall individer i merden var relativt rett fram å holde styr på, men i praksis viser det seg at dette kan være mer komplisert enn som så. Problemene er gjerne sammensatte både gjennom at tellingen av settefisk kan være unøyaktige ved leveranse, et problem som nok er mindre i dag enn tidligere. Videre kan det være vanskelig å telle individer som dør/forsvinner fra merden. Dette kan være knyttet til at små, gjerne døde fisk, blir "sugd" ut gjennom maskene, av for eksempel torsk, eller at en ved spesielle hendelse mister så mange individer at antallet blir anslått framfor telt. På denne måten oppstår det fort unøyaktigheter med tanke på faktisk antall individer i merdene.

Per i dag eksisterer det ingen god metode for å kontrollere dette, den eneste kontrollen en har er gjennom håndtering/telling knyttet til utsett, sorteringer og slakt. Av hensyn til fiskevelferd er det ofte ønskelig med færrest mulig håndtering av fisk i merd.

1.2.2 Størrelse:

God kontroll på størrelsen til individene er viktig av flere årsaker. Spesielt er denne informasjonen viktig med tanke på å bestemme fôringsregime, når er det nødvendig å sortere fisken, og når bestanden har nådd en gitt størrelsesfordeling hvor de er gunstig å slakte med tanke på de oppkjøperne fisken er beregnet for.

Størrelsesberegninger gjøres i dag på ulike måter, men alle metodene som benyttes er upresise og har ofte betydelige feilmarginer. Basert på informasjon om antall individer, sjøtemperaturer og mengden fôr som hver dag føres til fisken, gir oppdretternes og fôr-produzentenes produksjonssystemer en beregnet snittvekt på individene i de ulike merdene. I tillegg til dette benyttes "tellerammer", fra leverandører som Vaki og Storvik, i de fleste anlegg i dag. Prinsippet for disse er at fisk som svømmer igjennom rammene, bryter lysstråler, og på den måten blir volumberegnet (lengde og høyde gir vekt). Utfordringen er å få plassert rammen slik at et representativt utvalg av bestanden i merden svømmer igjennom den. Vektprøver, i form av å hente ut og faktisk veie individer fra merdene har lenge blitt benyttet, men også her viser det seg vanskelig å hente ut et representativt utvalg fra merden.

1.2.3 Biomasse:

Nøyaktig anslag av biomasse er spesielt nyttig i forbindelse med for eksempel medisinerings og tetthetsberegninger. Samlet biomasse i en merd framkommer som produkt av antall individer og individenes gjennomsnittsvekt. Som nevnt over er det usikkerheter knyttet til metodene som benyttes både med hensyn til antall og vekt. Næringen ønsker en metode som reduserer håndtering av fisken og samtidig gir et bedre anslag på biomasse, gjennomsnittsvekt og i tillegg gir uttrykk for ikke-forventende endringer, spesielt med tanke på rømning. Håndterlighet, dekningsområde og kostnad gjør at bruk av hydroakustiske metoder i denne sammenhengen er spesielt interessant (Juell, 1995; Juell & Fosseidengen, 1995; Knudsen et al., 2004).

1.2.4 Sedimenter:

Sedimentering er tatt med ettersom temaet er svært aktuelt og BioSonics, leverandøren av det hydroakustiske utstyret i undersøkelsen har lang erfaring med fortløpende overvåking av sedimenter i ulike sammenhenger. Også i oppdrettssammenheng er det av interesse å kunne overvåke eventuell sedimentering på havbunnen i tilknytning til oppdrettsanlegget, både med tanke på miljø og

fiskevellferdshensyn. I dag har en kontroll med dette gjennom de pålagte bunnundersøkelsene (MOM B og C).

1.2.5 Hydroakustikk:

Bruk av hydroakustiske metoder for å finne fiskeansamlinger har pågått i mer enn 70 år. Vanligst er bruk av sonar og ekkolodd til å finne ansamlinger av fisk, e.g. stimer av pelagiske arter eller bunnfisk. Begge metodene benytter det samme prinsippet ved at lydbølger som sendes ut fra svingeren reflekteres av fisk og andre partikler i vannsøylen. Ekkoene som kommer tilbake registreres og avhengig av styrken på disse og tiden det tar før de kommer tilbake kan en programvare tegne et bilde av hva som befinner seg foran svingeren (MacLennan & Simmonds, 1992).

Denne typen teknologi kan tilpasses mange ulike formål ved at frekvens, lengden på lydbølgen som sendes ut, og ekkotolkningene blir tilpasset det aktuelle bruksområdet. Prinsippene er de samme i seismikk knyttet til oljeleting som for søking etter sildestimer eller for den del små mikroorganismer i sjøen. I løpet av de siste ti-årene er metoden forsøkt tilpasset havbruk (Juell & Fosseidengen, 1995; Knudsen et al., 2004; Conti et al., 2006) og benyttes i dag i begrenset omfang blant annet for beskrivelse av vertikalfordeling av laks i merd (Acker et al., 2002; Conti et al., 2006; Oppedal et al., 2011a; Oppedal et al., 2011b).

De første studiene som ble gjort for å estimere target strength (TS) verdier, evnen laksen har til å reflektere lyd, ble gjort med aspekt fra siden (Lilja et al., 2000). Årsaken til dette var at mye av arbeidet på laks ble gjort i elver. Senere er det gjort flere studier som beskriver både dorsalt og ventralt aspekt (Knudsen et al., 2004). Det nye i denne studien er i hovedsak knyttet til hvordan de mottatte ekkoene tolkes av programvaren til BioSonics.

1.3 Fokusområder og problemvinkling

Med utgangspunkt i hardware og programvare fra BioSonics Inc., ser denne studien nærmere på hvordan hydroakustikk kan benyttes i havbrukssammenheng. Det ventes ikke at alle spørsmål besvares i denne omgang, men heller at en kommer fram til en tilstandsbeskrivelse med videre planer for hvordan utfordringene eventuelt kan løses. Aktuelle områder i denne omgang er:

Antall: Antall individer er et mål på tetthet. Med antall, ønsker man her å undersøke om det kan konstrueres en indeks på antall fisk i merden, for eksempel knyttet til

varsling av en eventuell rømning. Dette kan også knyttes direkte til biomasse (Se nedenfor).

Størrelsesfordeling: Hos fisk med svømmeblære står svømmeblæren normalt for rundt 90% av den energien som reflekteres tilbake fra en svinger (Foote, 1985). Det er av den grunn en sammenheng mellom ekkoet som reflekteres fra en fisk og fiskens størrelse. Basert på gode beskrivelser av forholdet mellom refleksjon og fiskestørrelse kan analyser av enkelt signaler benyttes til å konstruere en størrelsesfordeling av individene i merden.

Biomasse: Svingeren gjengir fortløpende "bilder" av hva som befinner seg foran svingeren. Ved å regne om de reflekterte lydsignalene fra omgivelsene, kan en gjøre ekkoene om til biomasse. Omregningen tar utgangspunkt i kjente "target strength" (ts) verdier for målarten (MacLennan & Simmonds, 1992). Svingeren "ser" på et gitt utsnitt av merden til en hver tid og gjennom representative utsnitt og kalibreringer vil metoden kunne gi et anslag på biomasse og beskrive endringer i denne som vekst eller varsle eventuelle reduksjoner.

Avsetting av sedimenter på bunn: Det stadige økende fokuset på miljøparameter, både innen og utenfor næringen, aktualiserer en bred og fortløpende kontroll med eventuell sedimentering under lokalitetene. BioSonics har lang erfaring med å benytte hydroakustikk til beskrivelse av endringer i bunnsedimenter. Utfordringen her er å beskrive hvordan metoden kan brukes og hvilke presisjon en kan vente med det valgte utstyret. Avhengig av presisjonskrav med mer kan utstyret tilpasses formålet.

Med bakgrunn i dette var prosjektets hovedmål å beskrive mulige bruksområder for det hydroakustiske utstyret fra BioSonics i oppdrett av laks. Blant delmålene var å bestemme den mest hensiktsmessige plasseringen av en svinger i merd, sammen med å se nærmere på momentene nevnt ovenfor.

2 MATERIALE OG METODE

Utstyr:

To svingere, av typen BioSonics DT-X scientific echosounder med henholdsvis 32 og 123 kHz split beam, ble benyttet. Svingerne har integrert HPR (head, pitch and roll) sensor for registrering av svingerens orientering (<http://www.BioSonicsinc.com>). Videre ble en Garmin 17x DGPS benyttet for å angi posisjonen for registreringene ($\pm 3\text{m}$), se vedlagte rapporter for ytterligere detaljer. BioSonics egen programvare og personell sto for ekkointegrering og tolkning av resultatene.

Deltagere:

Gand Aqua, ansvarlig for felt undersøkelser, ved Anders Honningsø.

BioSonics inc., uttesting av hydroakustisk utstyr, ved Michael Burger og Brian Moor.

Møreforskning Marin, avdeling Kr.sund N, ansvarlig for denne rapportering, ved Inge Fossen.

2.1 Plassering av svinger i merd

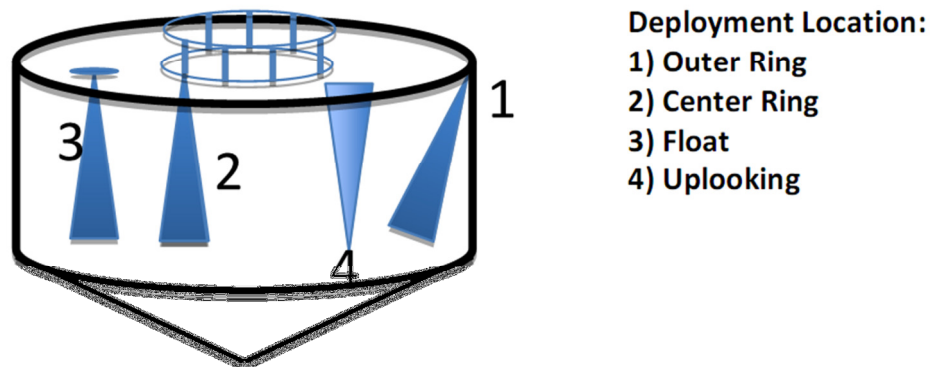
Feltdel:

Feltdelen av prosjektet ble gjennomført i perioden 4. til 13. juni 2011. To personer fra BioSonics deltok i den innledende datainnsamlingen, sammen med personell fra Gand Aqua og Møreforskning. I tillegg ble utstyret benyttet i ettertid av Gand Aqua for å supplere datamateriale.

Data ble samlet inn fra flere merder med ulik fiskestørrelse og tettheter ved tre lokaliteter (Villa Organic: Furneset og Gjemundnes, og Lerøy Hydrotech: Skåren). Ulike metoder ble benyttet for å dekke ulike aspekt, beskrive tredimensjonal fordeling av fisk i merd og døgnvariasjoner.

Blant de sentrale spørsmålene som en ønsket å få besvart var hvordan svingeren burde plasseres i merdene. Tidligere studier har indikert at det beste aspektet er vertikalt nedenifra (Knudsen et al., 2004) ((4) i Figur 2.1). Av praktiske hensyn er imidlertid en

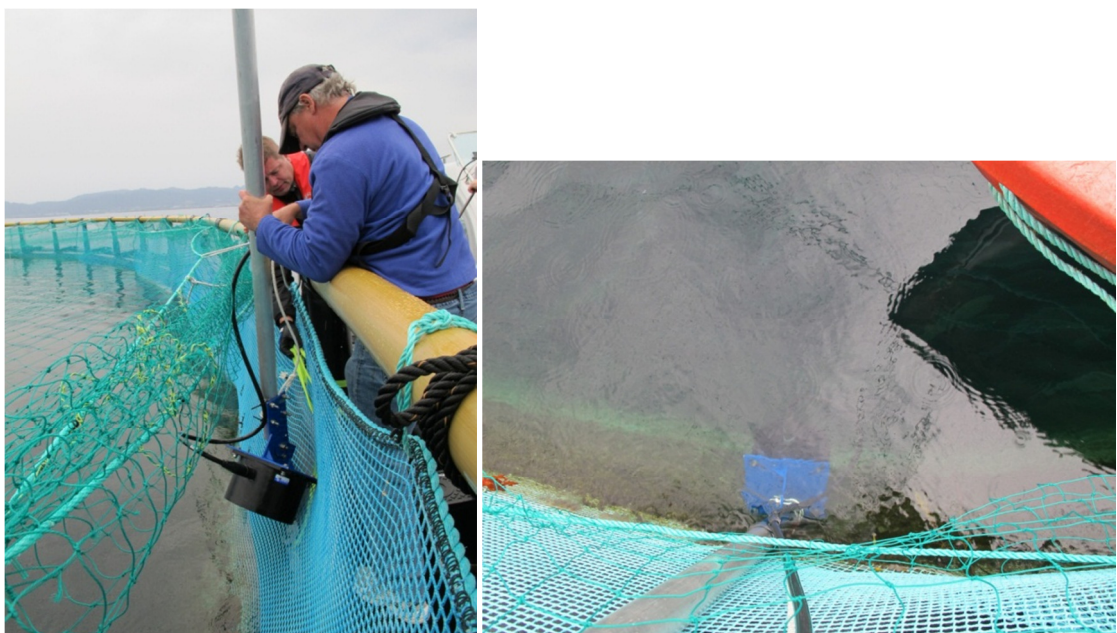
plassering på overflaten å foretrekke. Ulike aspekt ble av den grunn forsøkt for å sammenligne disse (Figur 2.1).



Figur 2.1 Viser de ulike plasseringene av svingeren i merd som ble forsøkt under uttestingen. (Hentet fra BioSonics oppsummeringsrapport, se vedlegg).

Svinger plassert på kanten av ringen:

Ved tre til fire merder ved hver av lokalitetene ble en svinger festet til merdkanten som vist i Bilde 2.1, og som anvist i Figur 2.1 (1). Svingeren ble vinklet skrått nedover for blant annet å kunne vurdere hvordan dette aspektet kan fungere i denne sammenhengen. Varigheten av datainnhenting var ca 0,5 timer i de ulike merdene, men svingeren ble ved flere anledninger stående over natten for å også dekke døgnvariasjoner.



Bilde 2.1 Svingeren montert til rør (aluminium), plassert på innsiden av noten og festet til ring.

Svinger plassert på midtring:

Tilsvarende montering som på sidene av ringen ble også gjort på midtringen (Bilde 2.2 og som anvist i Figur 2.1 (2)). Avhengig av ringens diameter, plasserte dette svingeren i en varierende distanse fra merdens senter. Dette åpnet for datainnsamling fra en vertikal orientert svinger som gir et dorsalt aspekt.



Bilde 2.2 Svingeren festet til midtring.

“Flytende svinger”:

Laks i merd opptrer ofte i stim avhengig av blant annet fiskestørrelse, føring, lys og strømforhold. Heller ikke under stimadferd er fordelingen av fisk tilfeldig, selv om de fleste individene svømmer i en stor sirkel rundt midten av noten (Fernö et al., 1995; Oppedal et al., 2011a). Dette medfører at svingerens plassering i merd er avgjørende for hvilken andel av individene i noten den “ser”. For å få en indikasjon på hvordan biomassen var fordelt i merdene ble det ved to anledninger gjennomført transektmålinger inne i merdene. Den første ved lokaliteten Furneset ved Vestnes. Her ble svingeren plassert om bord i en liten pram som ble dratt fram og tilbake fra senter av noten og inn til notkanten. I den andre uttestingen ble svingeren (123 kHz) festet til en livbøye og dratt fram og tilbake fra merdens midtring og inn til notkanten (Bilde 2.3). Fordelingen av fisk i merdene synes å være i tråd med tidligere beskrivelser (Oppedal et al., 2011a), uten at vi gikk nærmere inn på dette i denne omgang.



Bilde 2.3 Svingeren ble montert på en livbøye slik at den fløt.

Svinger plassert nede i merd (ventralt aspekt):

Tidligere studier har vist at den beste sammenhengen mellom TS-verdier og fiskens lengde oppnås ved et ventralt aspekt (Knudsen et al., 2004) som anvist i Figur 2.1 (4). I utgangspunktet er det ikke ønskelig med en nedsenket svinger av praktiske årsaker. Forsøk ble allikevel gjennomført for å kunne sammenligne de ulike aspektene. Ved Lerøy Hydrotech's lokalitet ved Halså ble svingeren montert i en ramme og senket ned til ca. 15 meters dyp i merden (Bilde 2.4). Plasseringen ble verifisert ved bruk av anleggets eget not-kamera.



Bilde 2.4 Svingeren ble montert “opp ned” i en ramme som så ble senket til ca 15 m dyp i merden.

2.1.1 Kort om prinsipper for utregning

Rapporten har ikke som mål å gi en inngående metodebeskrivelse av benyttede algoritmer og statistiske metoder som ligger bak de hydroakustiske utregningene. Nedenfor følger imidlertid en kort og forenklet forklaring av prinsippene for utregningene.

Antall: For å beregne antall individer telles enkelttekkoene som mottas fra hver fisk som passerer gjennom svingerens “stråle”. For å få best mulig anslag på antall ønsker en at “strålen” fra svingeren dekker en representativ og helst konstant andel av individene i merden. Dette tallet kalibreres/ganges opp med det totale antallet individer/arealet av merden for å gi en indeks på samlet antall individer i merden.

Størrelse: For å gå fra antall til størrelsesfordeling av individene, benyttes signalstyrken i de registrerte ekkoene fra enkeltindividene. Dette baseres på en forutsetning om en kjent sammenheng mellom fiskens størrelse og dens evne til å reflektere lyd. Videre benyttes ulike filtre for å velge ut hvilke ekko som skal inngå i analysen.

Biomasse: Denne kan beregnes som en funksjon av antall individer og deres størrelse, men i hydroakustisk sammenheng benyttes ofte en konvertering av de samlede reflekterte ekkoene til biomassen, gjerne i kombinasjon med en kjent

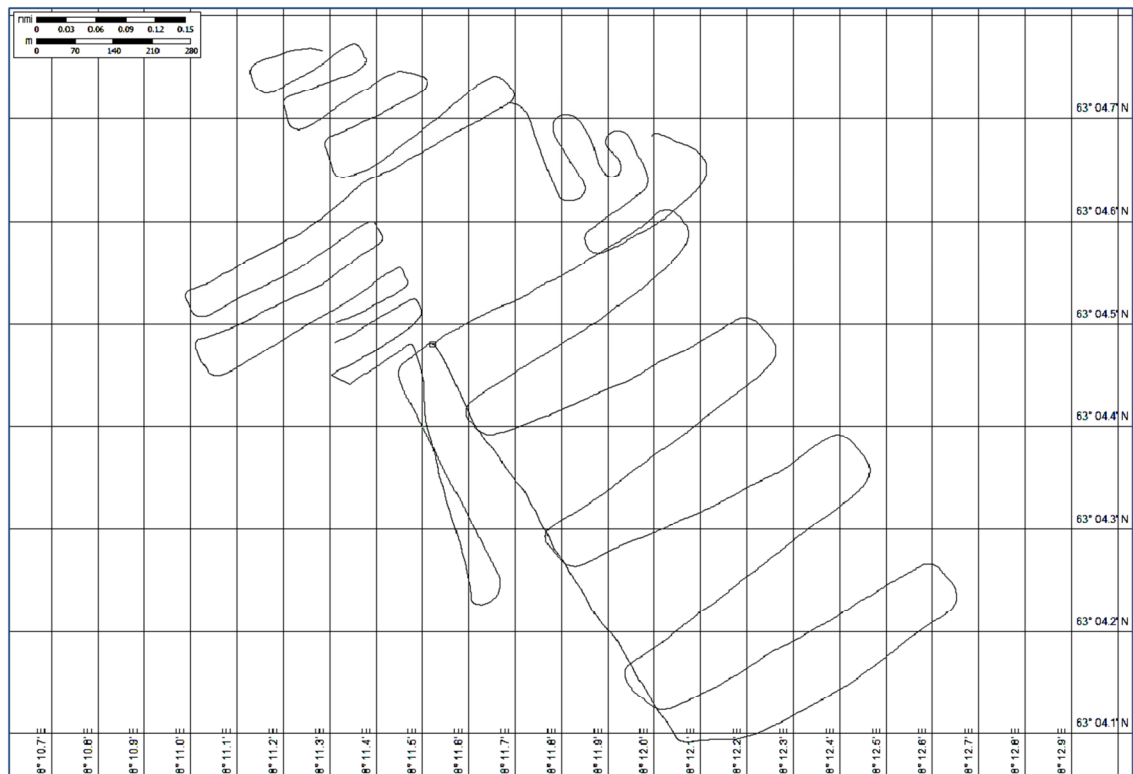
størrelsesfordeling (MacLennan & Simmonds, 1992). Avhengig av hvilken metode og aspekt en velger kreves det en omfattende kalibrering før en når optimale resultater (MacLennan & Simmonds, 1992; Juell & Fosseidengen, 1995; Knudsen et al., 2004).

2.2 Bruk av Hydroakustikk for beskrivelse av miljøforhold på bunnen.

BioSonics har lang erfaring med hydroakustiskovervåking av sedimenter og endringer i bunnforhold. Denne problemstillingen er i høyestegrad relevant i oppdrettssammenheng og den er naturlig å inkludere her. Som en innledende undersøkelse ble det kjørt transekter rundt to lokaliteter for å beskrive eventuell bunnsedimentering under anleggene (Bilde 2.5, Figur 2.2).



Bilde 2.5 Svinger festet til siden av båt for sediment-undersøkelser i Halsafjorden.



Figur 2.2 Dekningen av området rundt Lerøy Hydrotechs lokalitet i Halsafjorden. Transektene fordelt i ulike retninger ut fra lokaliteten.

BioSonics har utviklet en egen programvare for å behandle slike data, Visual Bottom Typer (VBT), i ulike versjoner. Gjennom bruk av ulike algoritmer og statistiske modeller kan programvaren brukes til å beskrive bunnsediment. Avhengig av sedimentets sammensetning vil ekko reflekteres på ulik måte, og dette muliggjør en inndeling av bunnsedimentene i ulike grupper etter hardhet, "konsistens" samt beskrivelse av tykkelse (<http://www.BioSonicsinc.com>).

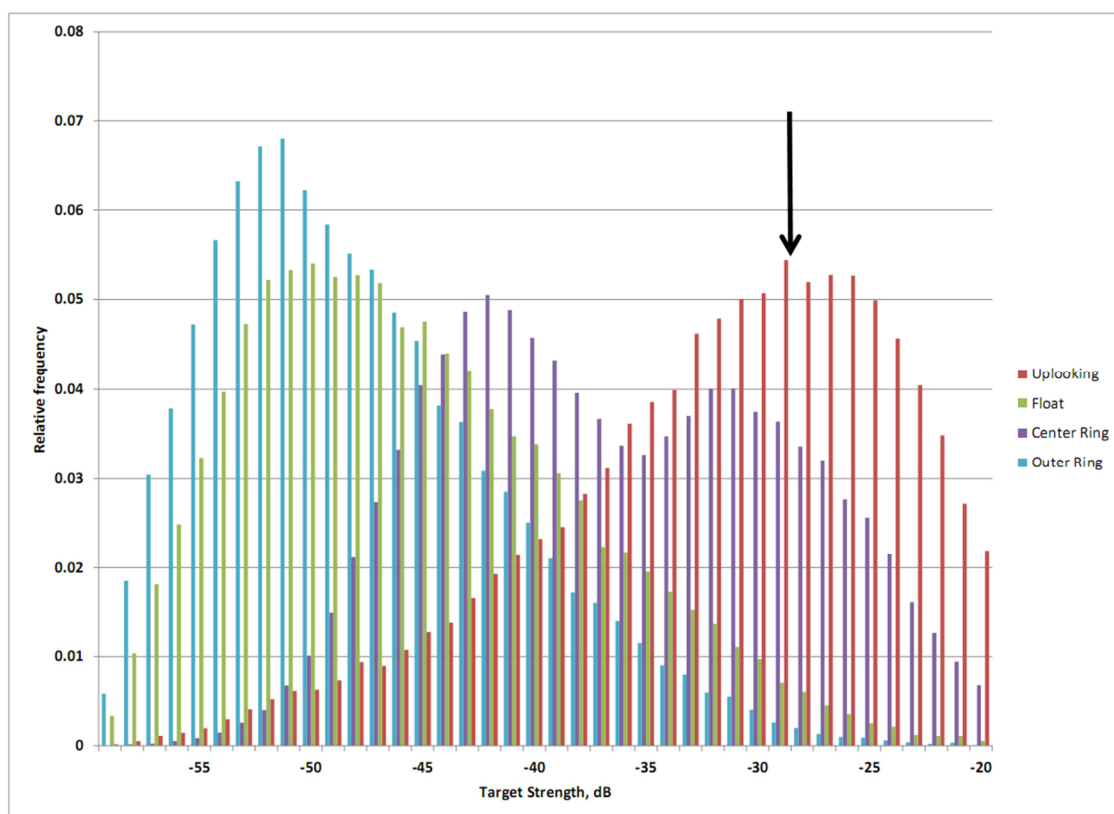
3 RESULTATER

3.1 Plassering av svinger

3.1.1 Aspekt og refleksjon

Målte TS-verdier varierte markant mellom ulike aspekt (retningen som “lydstrålen” treffer fisken på) (Figur 3.1). En sammenligning av avleste TS-verdier viste at den sterkeste refleksjonen ble registrert med svingeren vinklet oppover, plassert nede i merden. Når svingeren var festet til notsidene og vinklet på skrå nedover ga dette den svakeste refleksjonen. Svingeren festet til midtringen ga de nest sterkeste refleksjonen, men her registreres en bimodalfordeling.

Resultatene fra svingeren plassert i den flytende ringen var vesentlig svakere enn fra monteringen på siden av midtringen, uten at det synes å være en tydelig årsakssammenheng til dette.



Figur 3.1 Frekvensfordeling av TS-verdier registrert ved ulike aspekt i merd. Pilen indikerer ventet TS-verdi fra fisk med en vekt på 2,5 kg (-29,8 dB), som var antatt snittvekt i merden. (Hentet fra BioSonics egen oppsummeringsrapport.)

Fordelene med en svinger plassert nær overflaten anses som så store at en ønsker å gå videre i den retning. Variasjonen i reflekterte ekko var avhengig av svingerens plassering, og krever videre analyser før en oppnår en optimalisert anslag for samlet biomasse og størrelsesfordeling av individene.

3.1.2 Antall:

Plasseringen av svingeren påvirker signalstyrken som reflekteres fra det enkelte individ. Og det er denne signalstyrken som brukes til å anslå fiskens størrelse og samlet biomasse.

Resultatene fra det skråstilte aspektet, med svingeren montert på siden av notkanten ble benyttet for å gi et første anslag over antall individer i merdene. Her er det antallet ekko og ikke styrken som er avgjørende. Som vist over (Figur 3.1) gir aspektet en underestimert av fiskestørrelsen, og en kan ikke utelukke at dette kan påvirke resultatene her. De innledende beregningene av antall fisk i merdene anses som lovende (Tabell 3.1), men resultatene angir på dette stadiet ikke tilstrekkelig informasjon om hvilken presisjon og nøyaktighet en kan vente av metoden.

Tabell 3.1 Hydroakustisk overslag over antall fisk i noen av merdene, et innledende estimat. (Etter BioSonics oppsummeringsrapport, se vedlegg.)

Aquaculture Provided Estimate	Acoustic Estimate	% Difference
65000	68825	106%
117000	100431	86%
125000	102001	82%
127000	66693	53%

3.2 Bruk av Hydroakustikk for beskrivelse av miljøforhold på bunnen.

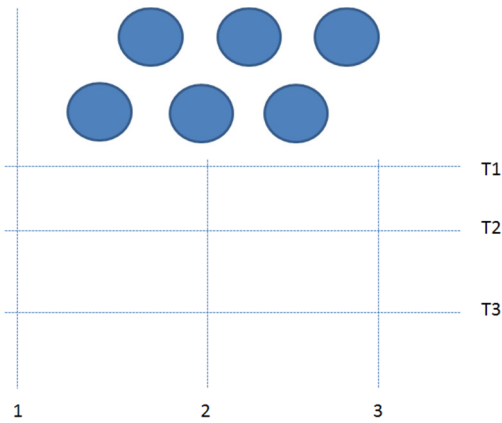
Både metode og programvare er velprøvd og resultatene gir informasjon om ulike typer sedimenter en finner langs transektene, med tanke på hardhet og tykkelse.

Ved bruk av eksisterende programvare kombinert med et fast transektmønster og GPS informasjon kan endringer i bunnforholdene lett følges over tid. Et eksempel på hvordan resultatene kan anskueliggjøres er gitt i Figur 3.2. Her er harde og bløtere bunnpartier vist langs en del av transektene ved Lerøys lokalitet ved Halså, med ulike fargekoder, hhv. rødt og grønt.

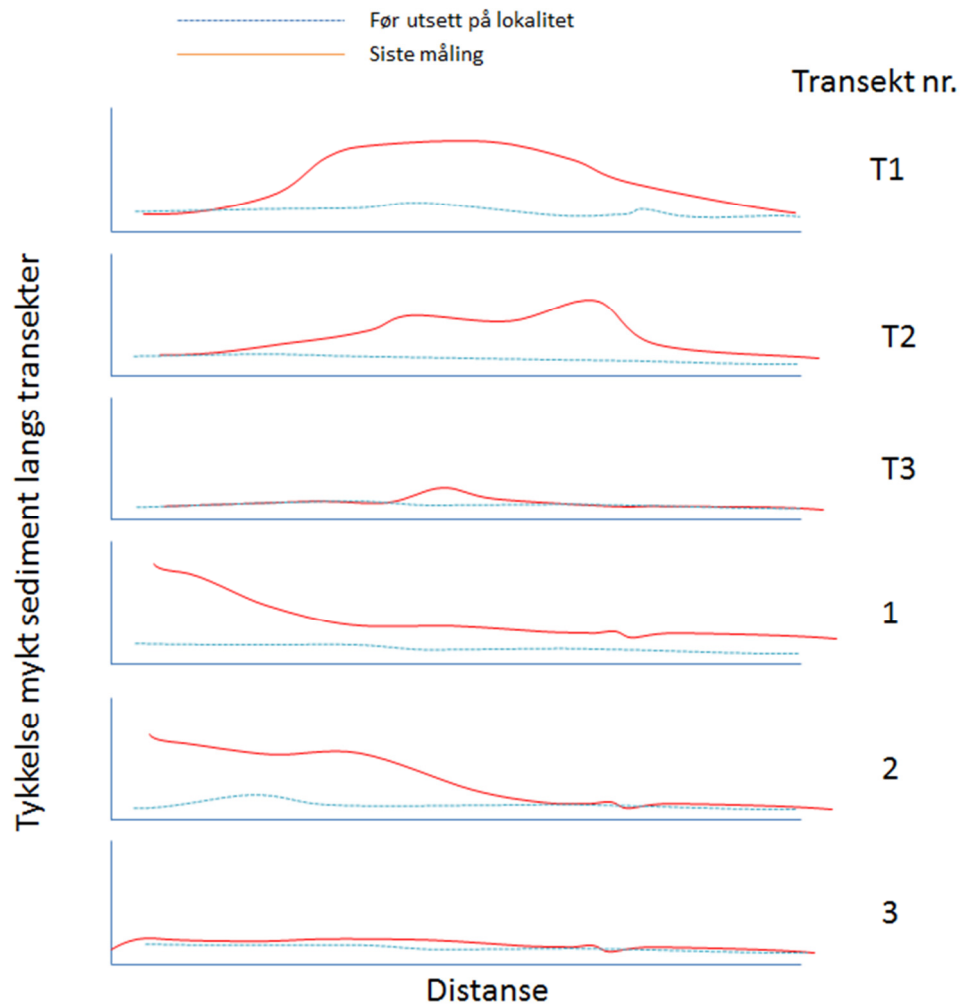


Figur 3.2 Viser “sedimentdata” langs noen transekter. Kurslinjen er delt opp i mindre partier og klassifisert i harde (rød) og bløtere (grønn) områder. Dette er så overført til et Google Earth bilde (hentet fra BioSonics oppsummeringsrapport, vedlagt).

Figur 3.3 og 3.4 er eksempel på en alternativ presentasjonsform hvor tykkelsen av det bløteste sediment typen, som antas å stamme fra anlegget, vises langs de ulike transektene rundt anlegget. Presentasjonen viser tenkt situasjon hvor mengden sedimenter har økt sammenlignet med situasjonen før første utsett. En slik presentasjonsform vil gjøre det enklere å se endringer over tid, og på hvilken måte disse eventuelt opptrer.



Figur 3.3 Eksempel på plassering av noen av transektene ved en tenkt lokalitet. 1-3 og T1 – T3 indikerer transekt nummer.



Figur 3.4 Eksempel på mulig presentasjonsform med tanke på mengden bløtt sediment registrert langs ulike transekter i Figur 3.3. Tallene er fiktive og gjenspeiler ikke faktiske målinger.

4 DISKUSJON

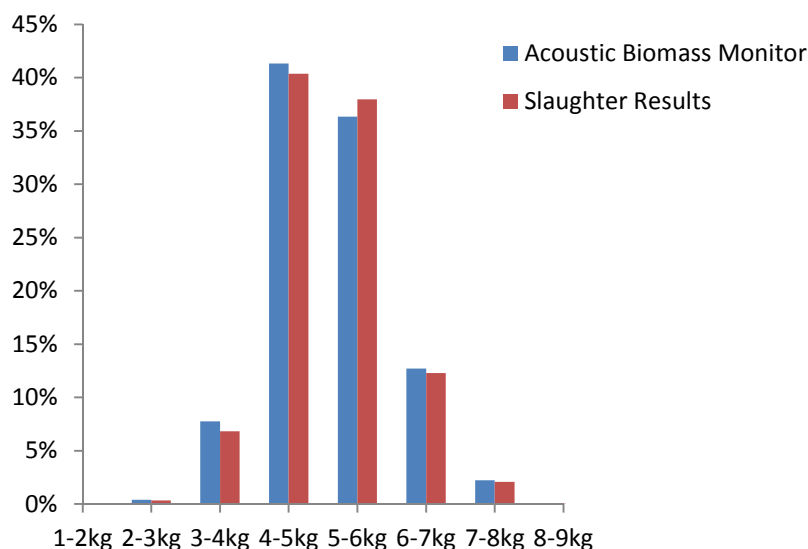
Tidligere studier har funnet en serie med utfordringer knyttet til beregning av størrelsesfordeling og biomasse av laks i merd. Som nevnt ovenfor er disse blant annet rettet mot aspekt, relasjon mellom TS og fiskelengde, skjerming, og naturlig endring av fiskens adferd i merden (Fernö et al. 1995; Juell & Fosseidengen, 1995; Knudsen et al. 2004; Oppedal et al., 2011a). Det å finne en vei rundt disse utfordringene er nødvendig for å komme i mål med et hydroakustisk redskap til beregning av størrelsesfordeling og biomasse.

Variasjonen i reflekterte ekko var nært knyttet til svingerens plassering og aspekt. Innledende resultater indikerer, i tråd med tidligere studier, at ventralt aspekt trolig er det mest velegnede for beskrivelse av størrelse og biomasseanslag (Knudsen et al., 2004). En nedsenket svinger ansees imidlertid som svært upraktisk. Etter de innledende analysene er signalene fra BioSonics at de langt på vei tror dette lar seg løse med en flytende svinger som dekker et dorsalt aspekt. Det er imidlertid per i dag ikke mulig å si noe nærmere om hvilken nøyaktighet og presisjon en slik metode vil kunne oppnå. Det videre arbeidet omhandler ytterligere innsamling av data, blant annet fra nøter med kjent biomasse og størrelse sammensetning i forbindelse med slakting. De første testene indikerer muligheten for nære sammenhenger mellom anslått størrelsesfordeling bestemt med svingeren sammenlignet med slakterapporter fra merden i etterkant (Figur 4.1). Hvis dette viser seg å være representativt for det endelige produktet kan det se ut til at en er kommet langt med tanke på muligheten for en løpende kontroll over størrelsesfordelingen i merdene.

Beregning av antall individer i en merd var ventet å kunne gi en indeks over mengden fisk. Gitt at svingerens "lydstråle" dekker den samme andelen av individene i merden over tid, burde dette kunne fungere godt til å varsle eventuelle endringer i antall individer. Hvorvidt en slik plassering er mulig er fremdeles noe usikkert, men en kan anta at fordelingen i merden er lik til tilnærmet samme tid hver dag. Implisitt i dette ligger muligheten for at sammenligninger som foretas på tilsvarende tidspunkt fra dag til dag, er ventet å kunne være sammenlignbare. Utfordringen her er som for biomasse med tilpasninger av algoritme og modeller.

I løpet av forsøksperioden ble det ikke fattet en endelig bestemmelse for hvor svingeren burde plasseres. Som beskrevet tidligere er det lite fisk midt i merden og nært noten i situasjoner hvor fisken stimer og svømmer rundt og rundt (Oppedal et al.,

2011a). En plassering av en flytende svinger, som gir et dorsalt aspekt, er av den grunn ventet å ligge et sted mellom senter og ytterkanten av noten.



Figur 4.1 Første indikasjon på presisjon til beregning av størrelsesfordeling. Tallen framkommer fra snittberegninger av 3 estimater i slaktemerd, sammenlignet med verdiene fra slakteriet av denne fiske dagen etter (tall fra GandAqua og slakterapport fra Lerøy Hydrotech). Standard avvik fra de akustiske estimatene varierte fra 0,01% til 0,27% for de ulike vektgruppene.

Sedimentering:

Beskrivelse av bunnsedimenter synes å være et anvendelsesområde hvor utstyr og metode er godt utviklet for direkte bruk i havbrukssammenheng. Her er det i første rekke erfaringer fra praktisk bruk en trenger for å se hvordan metoden best kan komme til nytte. Bruk vil også vise nytteverdien av denne informasjonen i ulike sammenhenger. Det er grunn til å anta at oppdretterne vil gjøre seg nytte av informasjonen denne typen utstyr kan gi om situasjonen, både med tanke på generelle oppfølging av lokalitetene, men også i tilknytning til etablering av nye lokaliteter.

Kombinasjonen av hydroakustikk og grabbprøver for verifisering av ulike substrater er ventet å kunne gi en bedre og rimeligere rutinemessig beskrivelse av bunnforholdene i framtiden. Presentasjonsformene som kan benyttes er mange og en mer detaljert metode som tydeligere beskriver tykkelsen på ulike deler av sedimentene og deres innhold er å foretrekke. Per i dag ventes nøyaktigheten, med den riggingen som ble benyttet i denne studien, å ligge på anslagsvis $\pm 2\text{cm}$. Avhengig av hvordan dette skal benyttes og hvilke krav en eventuelt stiller til informasjonen kan metoden tilpasses for å optimalisere nøyaktigheten i avlesningene.

5 KONKLUSJON

Ideen om å bruke hydroakustikk for beskrivelse av hva som befinner seg i en laksemerd er på ingen måter ny, og som resultatene fra denne utprøvingen viser har den opplagt potensial. Utfordringen er å finne gode løsninger på problemene som tidligere er beskrevet i denne sammenheng, og verifisere metodens presisjon og nøyaktighet.

De innledende utprøvingene som er beskrevet i denne rapporten er oppløftende med tanke på muligheten for å komme fram til en løsning. Så langt er ikke en optimal plassering av svingeren beskrevet. Videre arbeid tar sikte på å konstruere en flytende bøye som svingeren vil monteres i, og pr i dag ventes et produkt å være klart i løpet av høsten 2011.

Hydroakustikk kan fungere godt som en indeks over antall individer som befinner seg i en merd. Metoden kan på den måten ha potensial som en løpende biomasseindeks som kan gi varsel om eventuelle endringer i mengde fisk. På den måten kan for eksempel unaturlige endringer i atferd eller rømning varsles på et tidlig stadium. Det gjenstår å utvikle og tilpasse detaljene i en slik metode, og først gjennom direkte bruk vil en få en detaljert beskrivelse av hvordan utstyret presterer i ulike sammenhenger.

Indikasjonen så langt tyder på at detaljerte beskrivelser av størrelsesfordelingen i en merd kan gjøres tilgjengelig. En antar at en nærmere beskrivelse av presisjon og nøyaktighet vil foreligge etter at produktet blir tatt i bruk. Indikasjonene tyder på at en er kommet langt i å kunne beskrive størrelsesfordelingen til laks i merd.

Utstyr til bruk av hydroakustisk beskrivelse av bunnsedimenter fungerer som et tradisjonelt ekkolodd, og det finnes ferdigutviklet utstyr og programvare lett tilgjengelig. For nærmere å bestemme hvilket nøyaktighetsnivå som er nødvendig kreves mer erfaringer med bruk av slikt utstyr i oppdrettssammenheng. Økt erfaringsgrunnlag er også her den beste måten å anskueliggjøre bruksområdene. Det antas at i kombinasjon med grabbprøver, har hydroakustikk potensial til å være en bedre metode for oppfølging av bunnsedimenter i tilknytning til akvakulturanlegg enn dagens praksis.

6 REFERANSER

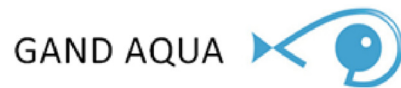
- Acker, T., Burczynski, J., Hedgepeth, J. & A. Ebrahim. 2002. Digital scanning sonar for fish feeding monitoring in aquaculture. www.BioSonicsinc.com/doc_library/docs/AFTS.pdf 5pp.
- Bessesen, T. 2011. Norge – Verdensledende på laks. Oppdatert 17 March 2011. <http://laksefakta.no/nokkelinfo.html>
- Conti, S. G., Roux, P., Fauvel, C., Maurer, B. D., and D. A. Demer. 2006. Acoustical monitoring of fish density, behavior, and growth rate in a tank. *Aquaculture*, 251; 314-323.
- Fernö, A., Huse, I., Juell, J-E and Å. Bjordal. 1995. Vertical distribution of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in net pens: trade-off between surface light avoidance and food attraction. *Aquaculture*, 132; 285-296.
- Foote, K. G. 1985. Rather-high-frequency sound scattering by swim-bladdered fish. *J. Acoust. Soc. Am.* 76, 688-699.
- Juell, J-E. 1995. The behaviour of Atlantic salmon in relation to efficient cage-rearing. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 5, no. 3, 320-335.
- Juell, J-E & J. E. Fosseidengen. 1995. Akustisk mengdemåling av oppdrettslaks. *Fisken og Havet*, nr 21 – 1995. 33 s.
- Knudsen F.R., J.E. Fosseidengen, F. Oppedal, Ø. Karlsen, E. Ona. 2004. Hydroacoustic monitoring of fish in sea cages: target strength (TS) measurements on Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Fisheries Research*, 69; 205-209.
- Lilja, M., T. J. Marjomäki, R. Riikonen, J. Jurvelius. 2000. Side-aspect target strength of Atlantic salmon (*Salmo salar*), brown trout (*Salmo trutta*), whitefish (*Coregonus lavaretus*) and pike (*Esox lucius*). *Aquat. Living Resour.* 13, 355-360.
- MacLennan, D. N. & E. J. Simmonds. 1992. *Fisheries Acoustics*. Chapman and Hall, London, 325 s.
- Oppedal, F., Dempster, T. & L. H. Stien. 2011a. Environmental drivers of Atlantic salmon behaviour in sea-cages: A review. *Aquaculture* 311, 1-18.
- Oppedal, F., Vågesth, T., Dempster, T., Juell, J-E. & D. Johansson. 2011b. Fluctuating sea-cage environments modify the effects of stocking densities on production

and welfare parameters of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Aquaculture. 315, 361-368.

www.BioSonicsinc.com : BioSonics Inc. Hjemmeside.

www.seafood.no : Nettsiden til Eksportutvalget for fisk.

7 VEDLEGG



Acoustic Biomass Monitor for Aquaculture Net Pens: Determining Fish Size and Number from Acoustic Data

Introduction

Accurately assessing fish size is critical to the calculation of fish biomass in aquaculture net pens. Hydroacoustic technology provides a potential tool for obtaining accurate estimates of fish size and fish number that can be used by the aquaculture industry to efficiently operate and manage their operations. In June of 2011, BioSonics and Gand Aqua teamed together to begin the early phase development of an Acoustic Biomass Monitor for the aquaculture industry.

Hydroacoustics uses sound energy to enumerate and size fish in aquatic habitats. Scientific studies have demonstrated that fish abundance and size can be estimated by accurately measuring the intensity of the sound reflected from the fish in the water column. The concept is simple, a greater number of fish reflect more sound energy relative to fewer fish and a larger fish reflects more sound energy (termed target strength) than a smaller fish. The technology has been utilized in scientific research throughout the world to monitor and assess fish populations in both marine and freshwater environments.

Fish Size

The target strength (measured in decibels, dB) of an individual fish will be proportional to its size.

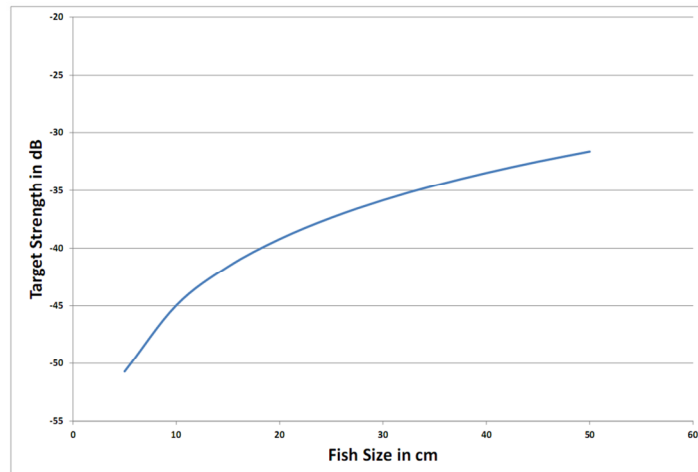
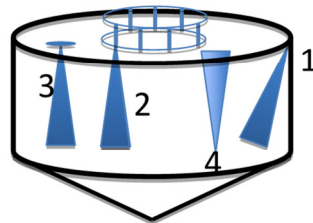


Figure 1. Mathematical relationship between acoustic target strength (TS) and fish length.

One of the objectives of the June 2011 field trial was to determine the most beneficial placement of the hydroacoustic sensor. Previous research has shown that the best place for accurate estimation of fish size was at the bottom, looking up into the fish. However, discussions with aquaculture operators strongly indicated that the deployment at the bottom of the net pens was impractical. We therefore focused our work on various surface mounted options.



- Deployment Location:
- 1) Outer Ring
 - 2) Center Ring
 - 3) Float
 - 4) Uplooking

Figure 2. Schematic representation of sensor deployment location in aquaculture net pens during the June 2011 field trials.

Acoustic data collected at the various locations was analyzed for fish size information (target strength) and was compared to the estimate of fish size provided by aquaculture personnel.

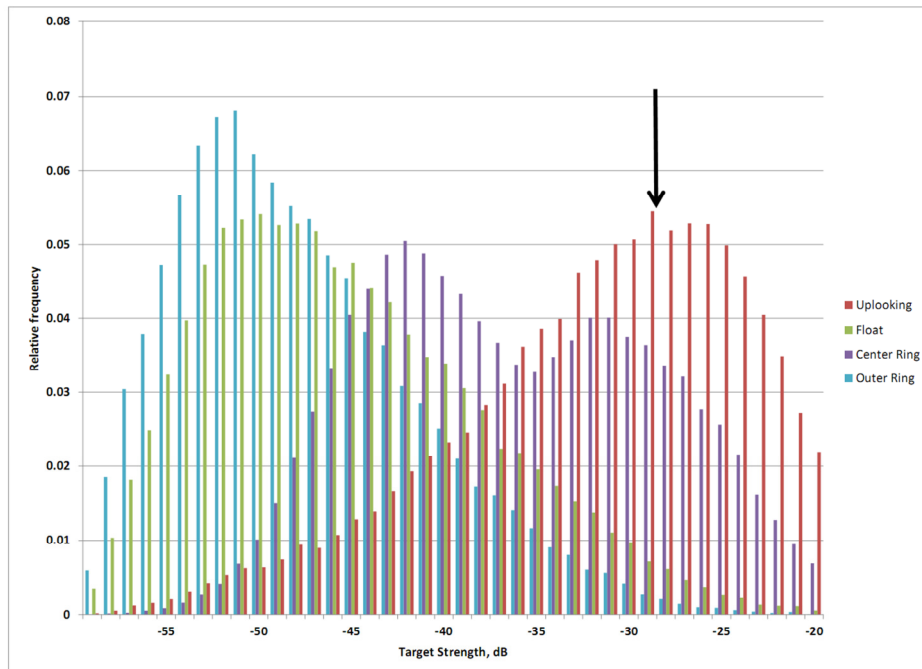


Figure 3. Relative frequency of target strength measurements collected in June 2011. The vertical arrow points to the target strength value representing the fish size estimate reported by aquaculture personnel.

Measured target strength varied greatly depending on the orientation and location of the sensor. Based on input from aquaculture personnel, the fish in the net pen were 2.5 kg at the time of data collection, corresponding to a target strength of -29.8 dB, as indicated by the arrow in Figure 3. Placing the sensor on the outer ring underestimated fish size (lower, more negative target strength).

This result is likely explained by the fact that the acoustic energy was striking the sides of the fish, which is a poorer reflective surface relative to the dorsal or ventral sides of a fish. A similar underestimate was obtained from the float mounted sensor; this was unexpected and needs to be further investigated.

Both the center ring and uplooking transducer orientations showed a peak in target strength frequency close to the 2.5 kg estimate. The sensor mounted on the center ring resulted in a bimodal size distribution. It is suspected that the second peak is a result of the acoustic beam striking the side of the fish, rather than a smaller size class of fish.

The number of fish within a net pen was estimated by utilizing the analysis technique echo integration. This methodology is improved when accurate measures of individual fish target strength are known. In this preliminary phase of development, “true” measures of fish size are unknown, only estimates are available and therefore individual target strengths are unknown. The analysis proceeded using a more generic methodology used when fish size is unknown or varies.

Fish Number

For estimates of fish number, only side mounted data was available. As indicated above, this does not produce accurate estimates of size and is biased low. Even using the substandard data, acoustic estimates of fish counts are within an average of 80% of the values reported by aquaculture personnel.

Aquaculture Provided Estimate	Acoustic Estimate	% Difference
65000	68825	106%
117000	100431	86%
125000	102001	82%
127000	66693	53%

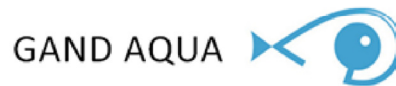
Table 1. Acoustic estimates of fish counts in aquaculture net pens relative to the values reported by aquaculture personnel.

To fully develop an accurate model to estimate biomass using hydroacoustics, the true biomass must be known so that modelers can have a target to judge the efficacy of the model and make modifications to improve accuracy. To reach this goal we will monitor a net pen during the slaughter operations. After the slaughter operation is complete, the true number of fish and their sizes will be accurately known and the model can be further developed.

Contact Information

Tim Acker
 President and CEO
 BioSonics, Inc.
tacker@biosonicsinc.com

Anders Honningsø
 Technical Manager
 Gand Aqua AS
anders@gandaqua.com



Methods for Bottom Substrate Analysis and Classification in the Vicinity of Open Net Pens

Introduction

BioSonics Inc. was approached by Gand Aqua to investigate methods of measuring both biomass of and sediment deposition around Atlantic salmon (*Salmo salar*) open net pen farms in Norway. This report discusses the acoustic data collection methods used and the data analysis techniques and considerations for bottom substrate analysis.

Methods

Data Collection

The data for the bottom substrate analysis was collected with a BioSonics DT-X scientific echosounder using a 123 kHz split beam digital transducer with an integrated orientation (heading, pitch, and roll (HPR) sensor. The HPR sensor measures the orientation of the transducer in space for all three axes. This is important for bottom substrate analysis as the angle at which the acoustic beam intercepts the bottom has an effect on the shape of the echo envelope and the consequent classification.

A Garmin 17x DGPS was also connected to the DT-X to provide WAAS corrected GPS fixes accurate to within $\pm 3\text{m}$. Accurate positional information is important for two reasons: 1) for creating high quality maps of the different bottom substrate types and 2) for the repeatability of the data collection transects to ensure precise monitoring boundaries.

It was decided that due to the tidal currents, most of the material that would settle out (uneaten food, organic waste, etc.) would fall outside of the immediate area of the net pens, so the transects were driven from approximately 20m from the net pens to the net pen anchor buoys (~250m away) at both the Villa and Leroy sites - see Figure 1 for the cruise track from the Leroy site.

Data Analysis

BioSonics' own Visual Bottom Typer (VBT) software (versions 1.12 and 2.0) was used to process the hydroacoustic data for differences in bottom composition. These differences denote the boundaries between hard, soft, rough, and smooth bottom types. The boundaries between the different types of bottom substrate are what would be mapped to show the extent and growth of the deposited material from the net pens.

Information about bottom type (particularly its density and texture) and bottom sediments is embedded in the echo signal. The software's first processing step is to separate the portion of echo signal that corresponds to the bottom from the rest of the echo using bottom tracking and filtering algorithms. Information encoded in echo signal about bottom and its sediments can then be extracted.

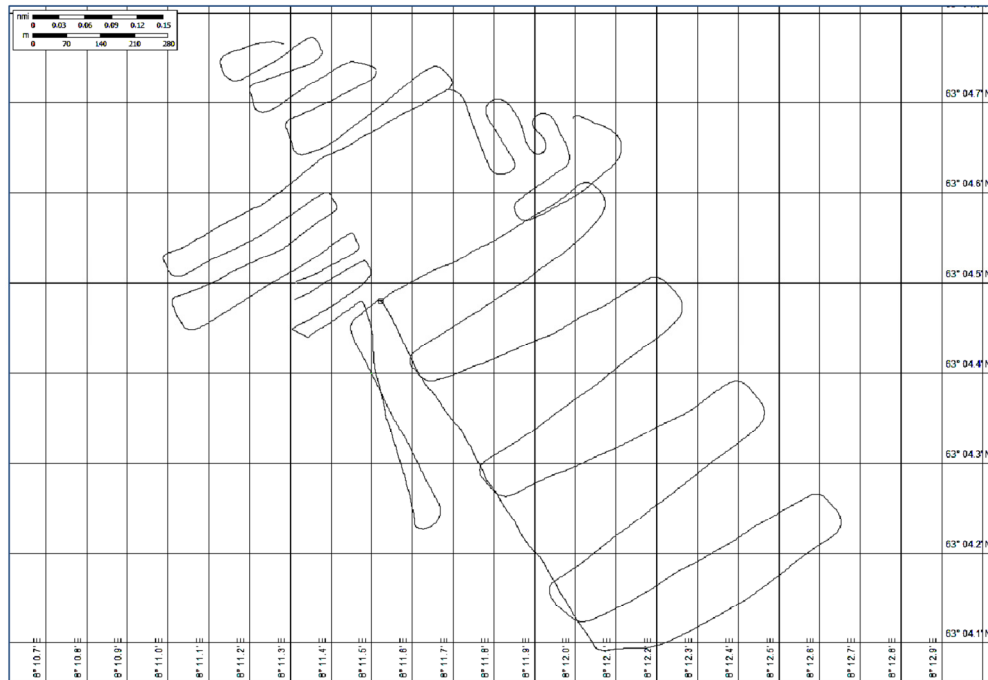


Figure 1. Cruise track from Leroy net pen site.

Once the information encoded in the bottom signal has been extracted, it can then be run through several classification algorithms. One algorithm used for this project is called the Fractal Dimension (FD) method.

In the VBT software, the Fractal Dimension is a measure of the irregularity of an echo envelope obtained from the bottom. The echo is displayed in coordinates E1/FD (second part of first bottom energy versus Fractal Dimension). Echo signal parameters are displayed in x/y coordinates and bottom echoes are analyzed by clustering data that corresponds to different bottom categories. Clusters and cluster borders are computed for acoustic data files that are verified with physical observation of bottom type (ground-truthed data). Then acoustic survey data for unknown bottom categories are classified according to the cluster rules; if a data report fits within a specific cluster border, then it is classified as this particular

category (e.g. mud). If the data report does not fall within any of cluster borders, then the bottom is classified as “unknown”. In the VBT 1.12 software package, we classify bottoms using two parameters, but data are taken for more than two echo signal parameters. Below is a screenshot of VBT 1.12 software in action (see Figure 2).

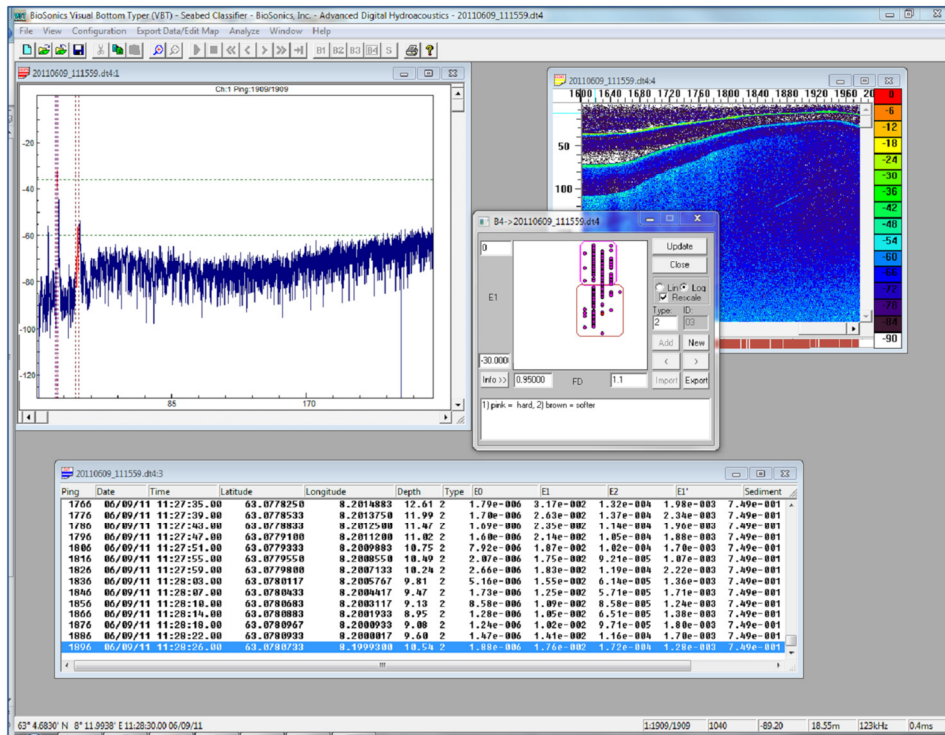


Figure 2. Example of VBT 1.12 processing Leroy data.

VBT 1.12 uses what is known as supervised classification to classify the bottom types – that is it is designed to compare known bottom types to unknown data in order to classify. The other BioSonics software program VBT 2.0 uses the technique known as unsupervised classification. VBT 2.0 uses the statistical signal processing technique of PCA (Principal Component Analysis) to decode the signal and identify the composition of the seabed bottom.

After extraction of 48 echo signal parameters, the PCA module reduces number of significant segmentation parameters. Only uncorrelated Principal Components (PCs) contain useful information and only they are used for classification (only the 6 highest order PCs out of 48 are used for classification/segmentation). The next step is the decision making about number of clusters, or classes, of different bottom substrate types.

In this step, statistical criteria can be used to determine the number of clusters. The number of clusters can also be entered by the user – this method would be used in a supervised classification scheme similar to that of VBT 1.12 (with ground-truthed data sets). After the decision on the number of clusters is made, the data from the bottom echoes are segmented into different categories using the FCM (Fuzzy Centroid Mean) Algorithm. Finally the results of segmentation can be displayed in the form 3-D scatterplot, can be saved as report, and also projected on survey map showing bathymetry and various bottom sediments categories. Figure 3 below is an example of some Leroy data after being processed with VBT 2.0 – the output has been rendered as a *.KML file and is being displayed in Google Earth. The red dots are classified “harder” and the green dots are areas classified as “softer”.



Figure 3. Google Earth image showing Leroy transect, with green being softer and red being harder substrates.

Below are examples of echograms showing both “softer” and “harder” bottom substrates from the above survey transects. Figure 4 shows the “softer” bottom – the lighter orange color from the bottom echo indicates less energy being returned, while Figure 5 displays the red color of a “harder” bottom echo (more energy returned indicates a harder bottom substrate).

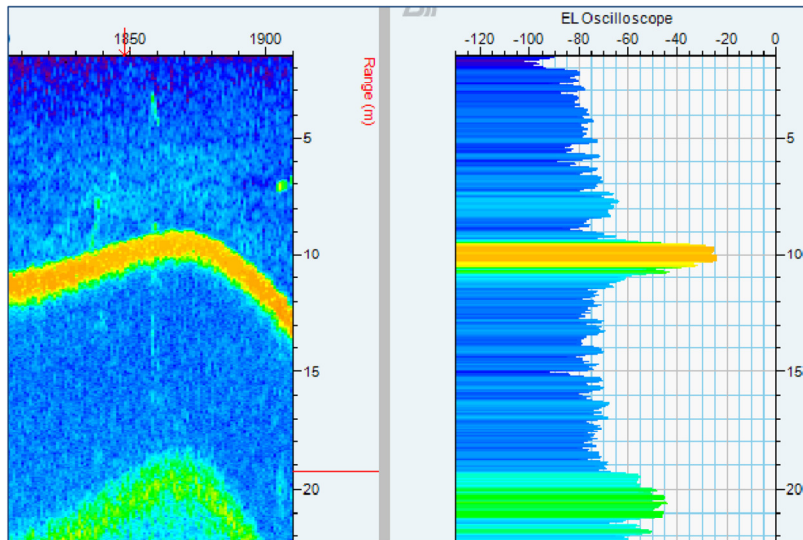


Figure 4. Echogram showing example of softer bottom substrate at Leroy.

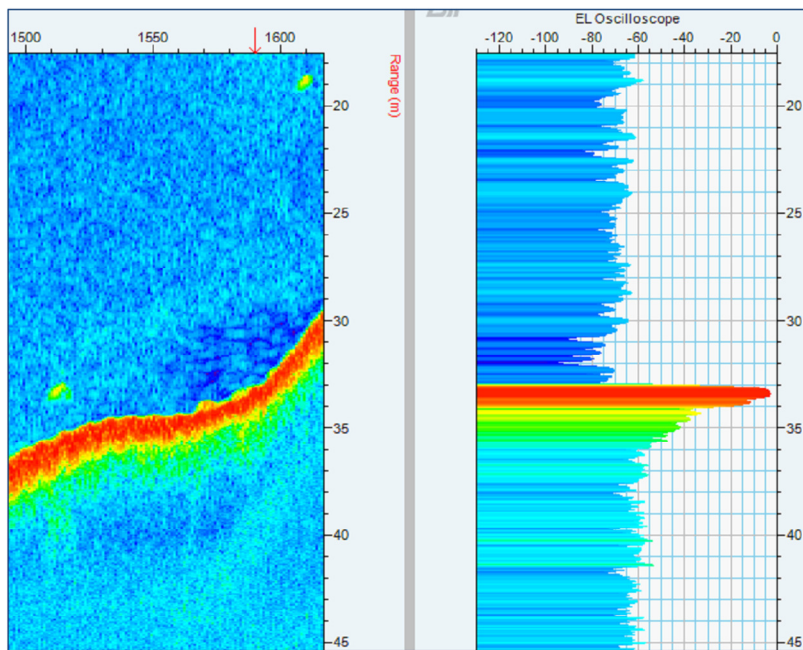


Figure 5. Echogram showing example of harder bottom substrate at Leroy.

Discussion

An important point of any monitoring program is to be able to measure changes in the variables of interest accurately over time. The logical first step for any monitoring program is to establish a baseline from which all future measurements would be compared. For a bottom substrate monitoring program, the ideal would be to have the baseline established starting with just a natural bottom – before any deposition of sediment from net pens is present. The next best baseline would be established just after the net pens have been moved – that is prior to any long term sediment deposition. In either case, the composition of the natural bottom should not only be hydroacoustically classified and mapped, but also have some ground-truthed data collected via some physical sampling method (grabs, core samples, ROV video, etc.). A third type of baseline would be to have the already deposited net pen sediment catalogued both hydroacoustically and physically at the beginning of the monitoring program. This type of baseline establishment scenario may mask subtle, short term changes of sediment deposition due to the difficulty of determining the natural state of the bottom once any significant deposition has occurred.

Baseline data would also be used for transect design. Depending on the bathymetry and current profile (all of which should be known prior to establishing the baseline), the sampling transects would not necessarily have to surround the net pens. Transects may consist pre-determined fixed sampling stations, or run along one or more sides of the net pens. The most important aspect of running transects would be the repeatability of data collection along transects. Modern GPS units are capable of outputting differentially corrected position fixes at high rates. The DT-X allows input of modern GPS units, ensuring the accurate placement of the sampling instrument and high repeatability year after year.

Once a baseline has been established, the time scale at which the subsequent measurement surveys are taken would need to be determined. This may be site dependent or possibly legislated, but a suggested initial rate of quarterly surveys would catch any seasonal changes in both deposition rates and oceanographic variables (current, temperature, etc.).

The hydroacoustic data would be collected with a BioSonics DT-X digital scientific echosounder, an existing Commercial – Off-the-Shelf (COTS) product. The DT-X system meets the requirements of a high resolution, accurate, and calibrated scientific instrument designed to collect precisely the right type of data to be used in a bottom substrate and sediment monitoring program. The data analysis could easily be completed by properly trained Gand Aqua personnel or by BioSonics' technical services staff using VBT (or similar custom software if the needs of the program so dictated).

One area of concern is the extreme bottom slopes that occur around some of the net pen sites. When the hydroacoustic beam intersects a highly sloped bottom, the apparent bottom thickness substantially increases. While VBT does have depth normalization to counteract a similar effect caused by depth, there is currently no post processing technique for excessive bottom angle that VBT can compensate for.



There are a few possible solutions to investigate. One would be to tilt the transducer to the appropriate angle when transecting the highly sloped areas so the hydroacoustic beam is more perpendicular to the bottom. This could be done by manually tilting the transducer or by using an electronic rotator and then running along the slope contour with the transducer aimed appropriately. Another would be to alter transects to cover areas that aren't as sloped.

Contact Information

Tim Acker
President and CEO
BioSonics, Inc.
tacker@biosonicsinc.com

Anders Honningsø
Technical Manager
Gand Aqua AS
anders@gandaqua.com

