

Evaluering av metoder for badebehandling mot lakselus i stormerd.

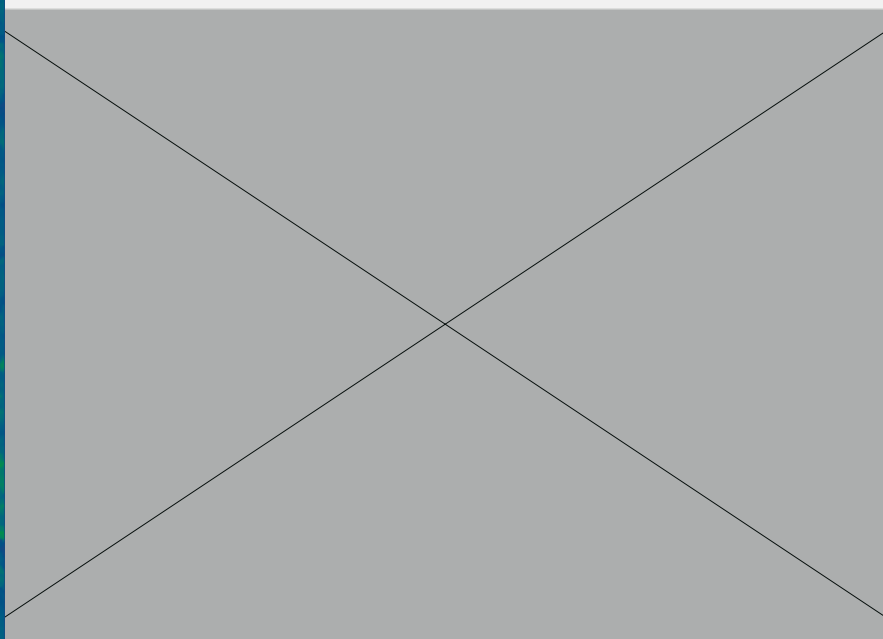
Arve Nilsen

Bjørn Bjøru

Jannicke Vigen

Frode Oppedal

Erik Høy





Veterinærinstituttets rapportserie · 17 - 2010

Tittel

Evaluering av metoder for badebehandling mot lakselus i stormerd.

Publisert av

Veterinærinstituttet · Pb. 8156 Dep. · 0033 Oslo

Form omslag: Graf AS

Foto: Arve Nilsen, Veterinærinstituttet

Bestilling

kommunikasjon@vetinst.no

Faks: + 47 23 21 64 85

Tel: + 47 23 21 64 83

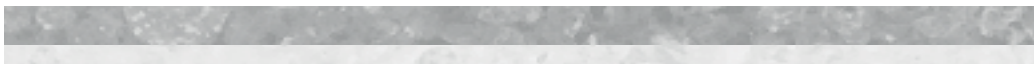
ISSN 1890-3290 elektronisk utgave

Forslag til sitering:

Nilsen A, Bjørn B, Vigen J, Oppedal F, Høy E. Evaluering av metoder for badebehandling mot lakselus i stormerd. Veterinærinstituttets rapportserie 17-2010. Oslo: Veterinærinstituttet; 2010.

© Veterinærinstituttet

Kopiering tillatt når kilde gjengis



Veterinærinstituttets rapportserie

National Veterinary Institute's Report Series

Rapport 17 · 2010

Evaluering av metoder for badebehandling mot lakselus i stormerd.

Forfattere

Arve Nilsen, Veterinærinstituttet

Bjørn Bjøru, Veterinærinstituttet

Jannicke Vigen, Havforskningsinstituttet

Frode Oppedal, Havforskningsinstituttet

Erik Høy, SINTEF

Oppdragsgiver

Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF)

23.09.2010

ISSN 1890-3290 elektronisk utgave



Veterinærinstituttet
National Veterinary Institute

Innhold

1. Sammendrag	6
2. Introduksjon	7
2.1. Bakgrunn	7
2.2. Evaluering av badebehandling mot lakselus - Formål	7
2.2.1. Studie 1 – badebehandling med skjørt	7
2.2.2. Studie 2 – badebehandling med hel presenning	7
2.3. Organisering og finansiering	8
2.3.1. Studie 1	8
2.3.2. Studie 2	8
3. Materiale og metoder	8
3.1. Opplysninger om forsøkslokalitetene	8
3.1.1. Studie 1	8
3.1.2. Studie 2	8
3.2. Måling av legemiddeldose	9
3.2.1. Bruk av bademiddel og sporstoff	9
3.2.2. Studie 1	9
3.2.3. Prøvetaking	9
3.2.4. Analyseresultat av vannprøvene	10
3.2.5. Metodens sikkerhet	10
3.3. Lusetellinger	11
3.4. Dokumentasjon av merdmiljø og fiskeatferd ved behandling med skjørt	11
3.4.1. Studie 1	11
3.4.2. Studie 2	13
3.4.3. Analyser og statistikk for studie 1 og 2.	13
4. Resultater og diskusjon	14
4.1. Måling av legemiddeldose (Studie 1)	14
4.2. Lusetellinger	16
4.3. Dokumentasjon av merdmiljø og fiskeatferd	17
4.3.1. Generelt om merdmiljø og atferd	17
4.3.2. Studie 1	18
4.3.3. Studie 2	23
5. Oppsummering og vurderinger	27
5.1. Dosering av legemiddel	27
5.1.1. Gjennomføring av forsøket	27
5.1.2. Sammenligning av sporstoffundersøkelser og direktepåvisning av deltametrin	27
5.1.3. Vurdering av spredning og tap av bademiddel ved behandling med skjørt	27
5.1.4. Lukket avskjerming – utfordringer med beregning av behandlingsvolum	28
5.2. Merdmiljø og fiskeatferd	29
5.2.1. Atferd	29
5.2.2. Tilsetning av oksygen	29
5.2.3. Oksygenmåling, hvor og når?	30
5.2.4. Vannstrøm	30
6. Referanser	31
7. Vedlegg	33
Vedlegg 1 – 12: Figurer fra miljøregistreringer, studie 1 (HI)	33
Vedlegg 12 – 19: Figurer fra miljøregistreringer, studie 2 (HI)	33
Vedlegg 20: Bruk av DNA-sekvenser som sporstoff (VI)	33

Vi ønsker å takke:

- o Alle ansatte ved Salmar AS, Lerøy Vest AS og Marine Harvest Norway som deltok under forsøkene med badebehandling mot lus.
- o Asgeir Østvik, Kristian Straume Lie, Trude Bakke Jøssund og Roy Strøm som har bidratt til å planlegge og legge til rette for feltforsøkene
- o PHARMAQ AS som har deltatt med prøvetaking og analyser av deltametrin og mange nyttige diskusjoner underveis

1. Sammendrag

Målsettingen med prosjektet var å beskrive og evaluere merdmiljø, legemiddeldose og fiskeatferd ved badebehandling mot lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) i store merdenheter (157-meters omkrets). Studiet var planlagt å omfatte bruk av både skjørt og heldekkende presenning.

Det ble høsten 2008 gjennomført 2 feltforsøk, ett i Sør-Trøndelag, og ett i Hordaland. Begge ble gjort ved avlusing med 15 meter dype skjørt i sirkelmerder med 157 meters omkrets.

Fiskens atferd og de viktigste miljøparametrene ble registrert. I den første studien ble dosering av bademiddelet evaluert ved bruk av syntetisk framstilte DNA-molekyler som sporstoff, og resultatene ble sammenlignet med direktemålinger av virkestoffet deltametrin. Det ble med begge metoder påvist store variasjoner i legemiddelkonsentrasjon horisontalt i merden og et fall i konsentrasjon med tid og dyp.

Registrering av atferd viste ved studie 1 at det ble en økning i overflateaktivitet etter tilsetning av legemiddel, men samtidig så det ut til at størsteparten av fisken i merden svømte ned under skjørtekant (ned til 15 - 20 meters dyp). Ved studie 2 fant vi at fisken oppholdt seg jevnt fordelt fra 0 til 25 meter før og etter plassering av skjørtene. Ved tilsetning av legemiddel svømte laksen unna behandlingsvolumet og ble stående under kanten av skjørtene (dypere enn 15 meter). Da skjørtene ble fjernet og friskt vann kom inn i øverste del av merden kom plasserte laksen seg mer homogent i vannsøylen igjen.

Registrering av miljøparametre viste store variasjoner i oksygenverder, med enkeltmålinger opp til 250 % metning i studie 1 og ned mot 50 % metning i studie 2. Strømhastigheten både utenfor og inne i merdene var lav ved begge studiene. I studie 1 var strømbildet inne i merden lite strukturert, men med en tendens til et sirkulært strømningsbilde som kan være resultat av fiskens svømmeaktivitet. I studie 2 registrerte vi i den delen av merden fisken sto tettest en klar vannstrøm nedover i senter av merden og oppover i periferien, en type vannutskifting som sannsynligvis skyldes den store fiskebiomassen og dens egenbevegelse på dette dypet.

Studiene viste flere utfordringer ved eksisterende praksis for badebehandling ved bruk av skjørt, og pekte ut følgende områder som spesielt viktige: horisontal skjevfordeling av legemiddel, rask fortykning av legemiddel i tid og dyp, fisken flyktet bort fra legemiddelet dersom den fikk anledning til det og utstyr for oksygentilsetning og oksygenovervåking ga for dårlig mulighet til å korrigere for over- eller undermetning av oksygen i løpet av behandlingen.

Fremtidige studier med fokus på adferd og miljø bør utføres under avlusing i store merder for ytterligere å optimalisere og beskrive fiskevelferden gjennom dette kritiske punktet i produksjonen.

2. Introduksjon

2.1. Bakgrunn

Lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) er et aktuelt og stort problem for både norsk oppdrettsnæring og for vill laksefisk langs norskekysten. Det blir hvert år utført et stort antall badebehandlinger mot lus, pyretroider har fra 2001 til 2008 vært den nesten eneste legemiddelgruppen som har vært brukt til slik behandling (Folkehelseinstituttet, 2008, 2009). Badebehandling kan gjennomføres i merden eller i brønnbåt. Ved badebehandling i merd brukes enten en heldekkende presenning eller skjørt. Ved bruk av presenning får man et helt avlukket vannvolum slik at man unngår lekkasje av legemiddel ut fra merden i behandlingstida. Et skjørt er en eller flere duker av presenning som dras rundt og dekker sidene av merden, mens bunnen forblir åpen. Slik behandling forutsetter at legemiddelet ikke synker raskere i vann enn at det opprettholdes terapeutiske konsentrasjoner i overflaten i lang nok tid til å drepe lakselusa. For å oppnå god effekt må også fisken oppholde seg i det avgrensede volumet i hele behandlingstiden. Gjennom spørreundersøkelser, og feltobservasjoner (Nilsen, Garseth og Norvik, 2008) var det dokumentert en stor variasjon i hvordan slike behandlinger ble gjennomført i praksis, lignende opplysninger hadde også kommet inn til prosjektgruppa gjennom uformelle henvendelser fra helsetjenester og oppdrettere.

I en studie av merdmiljø og fiskeatferd ved bruk av skjørt og badeavlusing utført ved Havforskningsinstituttet (Vigen, 2008) så man at ved bruk av skjørt uten oksygentilsetning skjedde det en rask og tydelig reduksjon i oksygenverdiene i hele vannsøylen. Tilsetning av legemiddel førte til kraftig økning i svømmeaktivitet og respirasjonsfrekvens. Tilsetning av legemiddel så også ut til å ha innflytelse på fiskens vertikalplassering, ved tilsetning av pyretroider så det ut til at fisken aktivt svømte bort fra vann med høyest legemiddelkonsentrasjon, selv om det ved bruk av oksygentilsetning var normale oksygenverdier i hele vannsøylen.

En studie har vist store forskjeller i dose og distribusjon av legemiddel ved badebehandling med bruk av skjørt og hel presenning (Bjørn m fl., 2004). Ved forsøk på 90 meter store merder ble det ved bruk av skjørt påvist større variasjon i legemiddeldose både horisontalt og med tid og dyp, samtidig som det så ut til at virkestoff lekket ut fra behandlingsenheten i løpet av behandlingstida.

Vi mente derfor at det var et åpenbart behov for mer kunnskap om hva som skjer under badebehandling i store oppdrettsmerder, både med hensyn på legemiddeldosering, vannkvalitet og fiskeatferd.

2.2. Evaluering av badebehandling mot lakselus - Formål

Formålet med prosjektet var å dokumentere viktige parametere ved gjennomføring av badebehandling mot lakselus i oppdrettsmerder med 157 meters omkrets. Studiene skulle utføres i kommersielle anlegg og skulle omfatte både bruk av skjørt og av hel presenning

2.2.1. Studie 1 - badebehandling med skjørt

Målsetting: dokumentere fiskeatferd, strømningsbilde, merdmiljø og konsentrasjon av legemiddel ved behandling av stormerd med skjørt. Delprosjektet skulle også sammenligne konsentrasjonsmålinger der en direkte påviste deltametrin (ALPHA MAX ®) med konsentrasjonsmålinger der det ble benyttet en DNA-tracer.

2.2.2. Studie 2 - badebehandling med hel presenning

Målsetting: dokumentere strømningsbilde, merdmiljø og konsentrasjon av legemiddel ved behandling av stormerd med hel presenning (lukket enhet). Her skulle legemiddelkonsentrasjonen måles indirekte ved hjelp av DNA-tracer. Dette ville også kunne brukes til å beregne faktisk volum av presenningen under behandling til sammenligning med det teoretiske volumet som ble lagt til grunn ved dosering av legemiddelet. I tillegg skulle det gjøres visuelle registreringer av fiskens atferd under avlusingen.

Da det ble bestemt å bytte ut studie 2 med en ny studie av badebehandling med skjørt (se 2.3 Organisering og finansiering) ble det ikke valgt å gjenta forsøket med DNA-tracer, mens

atferdsregistreringene i forsøk 2 ble utvidet til også å omfatte registrering av fiskens vertikalplassering ved bruk av ekkolodd.

2.3. Organisering og finansiering

Prosjektet ble gjennomført med økonomisk støtte fra Fiskeri og havbruksnæringens forskningsfond (FHF), og var et samarbeid mellom Veterinærinstituttet, Havforskningsinstituttet og SINTEF.

Feltforsøkene ble planlagt og gjennomført i nært samarbeid med SalMar AS, Lerøy Vest og Marine Harvest Norway AS.

PHARMAQ AS har også vært samarbeidspartner i begge de gjennomførte feltforsøkene. De tok ut vannprøver til direkte undersøkelse for virkestoffet deltametrin (ALPHA MAX®), tallene fra studie 1 er i denne rapporten sammenlignet med resultatene fra VI sine sporstoffundersøkelser.

2.3.1. Studie 1

Sør-Trøndelag, august 2008. Forsøket var planlagt som samarbeid mellom anlegg, helsetjeneste og PHARMAQ med kartlegging av legemiddeldose ved bruk av direktemåling av konsentrasjon av deltametrin. Veterinærinstituttet, SINTEF og HI ble med på forsøket og utførte følgende undersøkelser; dosemåling ved bruk av DNA-tracer, registrering av strøm, oksygen, salinitet, temperatur og fiskens atferd.

2.3.2. Studie 2

Marine Harvest Norway hadde i samarbeid med Rantex AS utviklet en prototype hel presenning til bruk på store merder. Denne skulle brukes til forsøk med DNA-sporstoff slik at vi kunne få mest mulig detaljerte prøveserier for å beskrive spredning av middel inne i presenningen. Dersom det ble oppnådd homogene konsentrasjoner i løpet av behandlingsperioden kunne også metoden benyttes til å beregne det samlede vannvolumet inne i presenningen. Forsøket ble først utsatt på grunn av for dårlig vær, og i stedet ble det valgt å gjøre et nytt studie i Hordaland, november 2008, for å kunne gi en bedre beskrivelse av fiskens atferd og vertikalplassering ved badebehandling med skjørt. Det ble gjort samme type miljø- og atferdsregistreringer som i forsøk 1, men i tillegg ble fiskens vertikalplassering registrert ved bruk av ekkolodd. Det ble ikke målt legemiddeldose ved hjelp av DNA-tracer, men legemiddelprodusenten tok ut vannprøver under behandlingen for direktemåling av deltametrin. Vi gjorde ett forsøk til med behandling i hel presenning, men da ble behandlingen avbrutt i siste sekund på grunn av tekniske problemer. Forsøket med hel presenning gikk derfor ut av prosjektet, etter avtale med oppdragsgiver.

3. Materiale og metoder

3.1. Opplysninger om forsøkslokalitetene

3.1.1. Studie 1

Studien ble utført på et kommersielt anlegg i Sør-Trøndelag i august 2008, i en sirkulær laksemerd. Størrelse: omkrets = 157 m, radius = 25 m, dyp til blylina = 15 m og dyp ned til spissen av dødfiskhåven = 20-25 m. Det var 8 merder på lokaliteten. Forsøksmerden (merd 11) hadde 121 627 fisk à 4 kg som gir en biomasse på 490 tonn og en beregnet tetthet på ca 12,5 kg/m³. Studiet ble gjennomført som en del av ordinær avlusning på anlegget.

3.1.2. Studie 2

Studie 2 ble utført på et kommersielt anlegg i Hordaland i november 2008, i en sirkulær laksemerd. Størrelse: omkrets = 157 m, radius = 25 m, dyp til blylina = 30 m og dyp ned til spissen av dødfiskhåven = 48 m. Det var to merder med fisk på lokaliteten. Forsøksmerden (sydlig merd) hadde 196 000 fisk à 5,1 kg (biomasse = 999,6 tonn, tetthet = 15 kg m³). Studiet ble gjennomført som en del av ordinær avlusning på anlegget.

3.2. Måling av legemiddeldose

3.2.1. Bruk av bademiddel og sporstoff

I dette prosjektet ble det brukt pyretroidet deltametrin (ALPHA MAX ®) til avlusing av fisk. Dette bademiddelet skal brukes i lukket enhet og tilsettes ved bruk i merd i konsentrasjon som tilsvarer 2 ppb deltametrin ved jevn fordeling ned til 4 meters dyp. (PHARMAQ, 2008) Ved bruk av skjørt har det vært vanlig å kompensere for lekkasje av virkestoff ved å øke dosen til 3 eller 4 ppb deltametrin, og å øke behandlingstiden fra 30 til 40 minutter (Bernt Martinsen, pers.med). Anbefalt prosedyre for badebehandling ved bruk av skjørt (SLK 2000) har vært å å line opp nota til minimum 2 meter over kanten av skjørtet.

Til studie 1 benyttet vi syntetisk framstilte DNA-molekyler som sporstoff. Oppsett og anvendelse av denne traceren er gjort etter samme prinsipper som ved VESOs forsøk i 2004 (Bjørn m fl., 2004). DNA-molekylene har en unik kode som vil fungere som molekulære merkelapper i behandlingsvolumet. Metoden har et stort anvendelsesområde, blant annet ved studier av fortykning og spredning av vann i bevegelse (Sabir m fl. 1999 og 2000). Syntetiske DNA-molekyler inneholder ikke genetisk informasjon og har ingen påvirkning på miljø eller på levende organismer. Syntetisk framstilt umodifisert DNA er godkjent av Mattilsynet for tilsetning i drikkevann. Deteksjonsgrensen er svært lav og molekulære konsentrasjoner er tilstrekkelig for sikker identifisering av sporstoffet. Sporstoffet er enkelt å håndtere og kan tilsettes uten spesiell kompetanse.

Pyretroider, som deltametrin, er hydrofobe og spres ikke lett i vann. Bademiddelet er derfor tilsatt dispergeringsmiddel for at virkestoffene skal spre seg best mulig. Løsningen spres raskt ved at bademiddelet deles i svært små dråper med pyretroider inni (mikroemulsjon). Dråpene løses ut når de treffer en fettløselig overflate (fiskehud). Syntetisk DNA er hydrofilt og sprer seg hurtig i vann. Det forutsettes at sporstoff og virkestoff fordeles tilnærmet likt under behandlingen. Forskjeller i spredningsegenskaper hos sporstoff og bademiddel kan påvirke resultatene. Imidlertid vil spredningen av sporstoff skje på samme måte ved alle gjennomføringer slik at forskjeller i spredning som skyldes ulik avskjerming forventes å kunne påvises.

3.2.2. Studie 1

I studie 1 ble det brukt 2500 ml ALPHA MAX ®, tilsvarende en dose på 3,18 ppb deltametrin for volumet i de øverste 4 meter (7850 m³), og behandlingstid fra ferdig utdosert legemiddel til fjerning av skjørtene på 40 minutter. Begge studiene ble gjort ved bruk av 15 meter dype skjørt, og uten opplining av nota. Dette var et avvik fra anbefalt prosedyre for badebehandling (SLK, 2000).

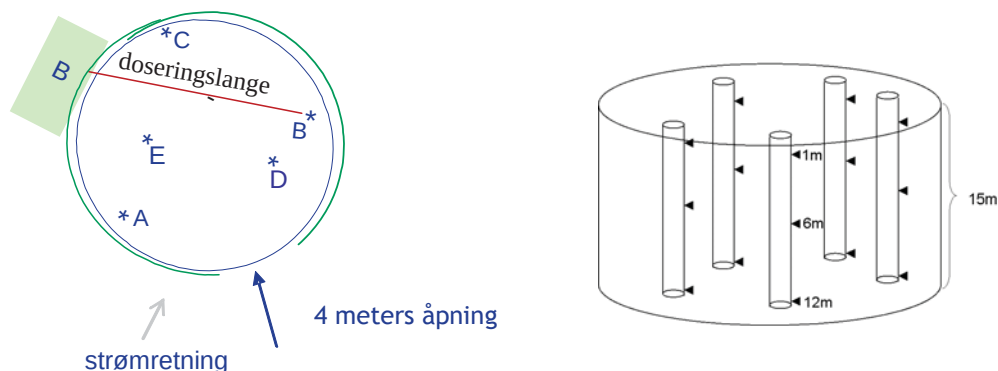
Det ble brukt $1,23 \cdot 10^{18}$ DNA-sekvenser i forsøket. Tilsetning til merden ble gjort ved at sporstoffet ble helt opp i en $\frac{3}{4}$ full flaske bademiddel (ALPHA MAX ®), korken ble skrudd på og flasken ristet godt. Dette ble gjort kort tid før avlusing. Blandingen ble tømt over i ei bølge og blandet med 5 l vann. Etter omrøring i 2 minutter ble det sugd opp 4 ml til kontrollprøve med en steril sprøyte. Deretter ble sporstoffet blandet i utdoseringskaret med ca 450 liter vann og en ny kontrollprøve ble tatt.

Ved tidligere forsøk ble det undersøkt om bademiddelet innvirket på DNA-sporstoffet eller analysemetoden og om sporstoffet sprer seg homogent i nærvær av bademiddelet. Det ble ikke registrert noen problemer i denne forbindelse (Bjørn m fl., 2004).

3.2.3. Prøvetaking

Under behandlingen ble vannprøver tatt 5, 25, 50 og 90 minutter etter tilsetning av bademiddel / sporstoff. Skjørtet var plassert ut før tilsetning av legemiddel begynte, og ble fjernet 40 minutter etter avsluttet utdosering av legemidlet. På grunn av problemer med strøm hekket det ene skjørtet seg fast under utsetting, slik at det ble god overlapping bare på den ene sida, og ei åpning på vel 5 meter på den sida strømmen kom fra (figur 1). Vannprøver ble hentet på 5 prøvestasjoner (a til e) og fra 1, 6 og 12 meters dyp med vannhenter (KPT Naturfag, Kristiansund), utført av personer som var plassert på ringen rundt merden eller i jolle ute i merden. På hver prøvestasjon ble det brukt en vannhenter til hvert dyp, og vannhenterne ble skyllet av i reint sjøvann mellom hvert prøveuttak. Vannprøver fra hvert prøvepunkt ble fortløpende fylt i forhåndsmerkede glass/ampuller. Ampullene ble fylt $\frac{3}{4}$ fulle og lagt i isoporkasse med

tørris blokk. Etter forsøket ble prøvene fraktet tilbake til Trondheim og lagret på frys (-20°C) fram til analysene ble foretatt. Parallele prøver ble samtidig tatt ut til direkte måling av virkestoffet deltametrin.



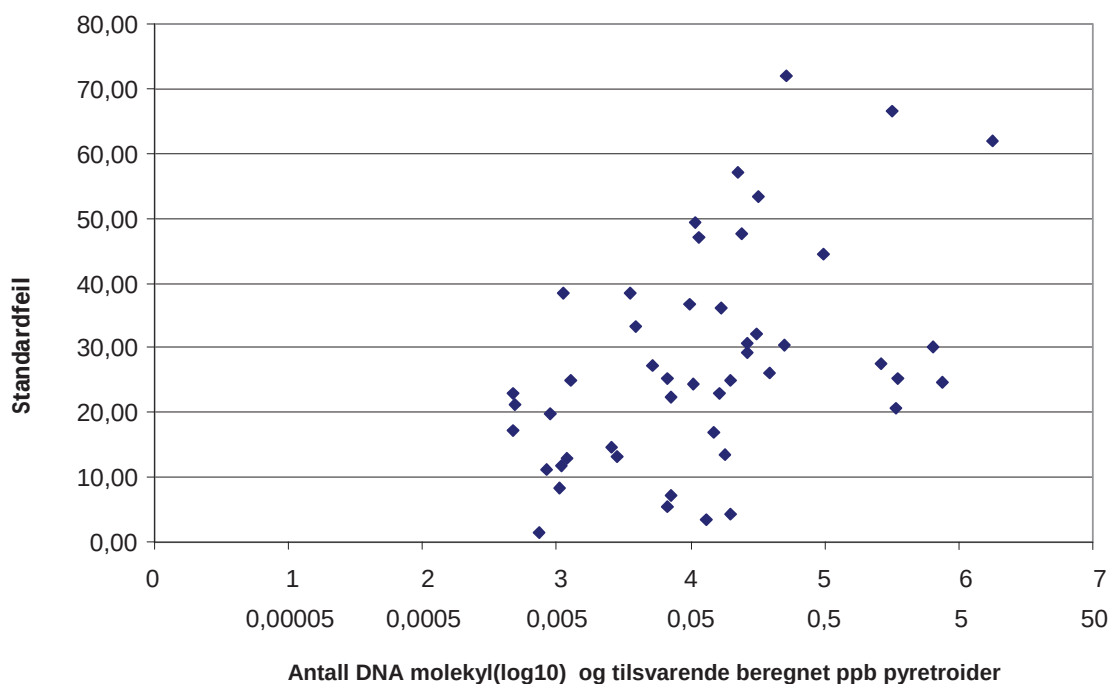
Figur 1. Plassering av prøvepunkt sett ovenfra og fra siden. Totalt avskjermet volum er ned til 15 m dyp. Bademiddel ble tilsatt fra båt (B) gjennom en doseringslange som lå fast på ett sted i merden (rød linje). Vannprøver ble tatt ut på 15 prøvepunkt, fordelt på 5 prøvestasjoner inne i merden (a til e) og 3 dyp (1, 6 og 12 m).

3.2.4. Analyseresultat av vannprøvene

Kvantitative målinger av sporstoff baserer seg på en PCR-analyse der en streng av et DNA-sporstoff oppformerer før telling. Resultatene gjengis som sykliske grenseverdier (Ct-verdier), som videre omregnes til antall DNA-molekyler basert på en standardkurve. Disse resultatene kan man regnes om til pyretroid-enheter. Konsentrasjon av pyretroider beregnes til slutt ut fra hvor mye sporstoffet er fortynnet i innsamlede prøver i forhold til konsentrasjonen i en stamløsning. Det ble analysert tre delprøver fra hver prøve, disse var på 4µl og ble analysert separat. Gjennomsnittet av de tre prøvene ble brukt som mengde DNA i 4µl av en bestemt prøve. Siden PCR-metoden er en enzymatisk deteksjonsmetode vil denne være sensitiv overfor forskjellige typer inhibitorer i sjøvann. Forut for analyse av vannprøvene ble prøvene fortynnet med 10 deler sterilt vann for å fortynne stoffer med potensielt hemmende effekt på PCR-analysen.

3.2.5. Metodens sikkerhet

Variasjon i antall DNA-molekyler ved tre uavhengige analyser fra hver vannprøve viser analysemetodens usikkerhet og kan uttrykkes som standardfeil ($SE=SD/(n)^{1/2}$). Høy standardfeil kan skyldes klumping av sporstoff eller unøyaktighet i analysen av sporstoffet. Prøvesvaret forkastes når SE er $\geq$ gjennomsnittsverdien. Er standardfeilen større enn dette må vi anta at konsentrasjonen av virkestoff i bademiddel kan være null eller en nullverdi kan være på størrelse med SE. Standardfeil, i prosent av gjennomsnittet, økte med økende antall DNA sekvenser (Figur 2). De høyeste verdiene var altså mer usikre enn de lave. Gjennomsnittlig prosent standardfeil for alle analysene var 27 %.



Figur 2. Variasjon i tellinger av DNA molekyl for tre delprøver av 60 ulike enkeltprøver, samt tilsvarende beregnede verdier pyretroider (ppb).

Direktemåling av deltametrin

Direktemåling av virkestoffet deltametrin ble utført for PHARMAQ AS ved et eksternt akkreditert laboratorium ved hjelp av en gasskromatografi - massespektrometri / massespektrometri (GC-MS/MS)kromatografi metode (Fridell m fl., 2009). Tallene fra disse målingene er tatt med til sammenligning i diskusjonsdelen.

3.3. Lusetellinger

Ved studie 1 ble det telt lus rett før og ei uke etter behandling. Uttak av fisk ble gjort ved bruk av en stor håv som heises opp med båtens kran mens det føres for å få opp fisken (såkalt "storhåv"). Fisken ble bedøvd med benzocain (Benzoac[®]) og lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) bestemt i kategoriene fastsittende (chalimus), bevegelige (preadulte hunnlus, preadulte hannlus og adulte hannlus) og kjønnsmodne hunnlus. Skottelus (*Caligus elongatus*) ble også registrert.

3.4. Dokumentasjon av merdmiljø og fiskeatferd ved behandling med skjørt

3.4.1. Studie 1

Utenfor merden ble vannstrøm målt ved hjelp av 2 stk profilerende strømmålere (Aquadopp 600 kHz, Nortek as, www.nortek.no) for å dokumentere bakgrunnsnivå av vannstrøm. Målerne var festet til anleggets fortløyningsblåser i forventet oppstrøms og nedstrøms posisjon fra merden. Vannstrømmen ble logget i 2 m intervaller fra 0 - 30 m dyp. Dybdeprofiler av oksygen, saltholdighet og temperatur ble målt ved hjelp av en STD (SAIV SD204, SAIV as, www.saivas.no). Hver sonde ble sammenkoblet med en vannstrøm punktmåler (Vector, Nortek, www.nortek.no) og ble plassert i 5 horisontale punkt på tvers av merden langs en diagonal med lik avstand; i merdsenter, 8 og 16 meter fra senter i hver retning (Figur 4). Simultane 2-minutters målinger ble gjort i alle horisontale punkt på grunt (1-3 m), midt (6-8 m) og dypt (11-13 m) vann både før, under, og etter lusebehandlingen. Målerne ble flyttet mellom vertikale punkt innen 1 minutt og hvert enkelt dyp ble dermed målt omtrent hvert 10. minutt.

Atferden ble observert ved hjelp av undervannskamera nede i merden og videokamera og direkte observasjon i overflaten. På undervannskamera ble svømmehastigheten, ventilasjonsfrekvens og generell stimstruktur observert. Svømmehastighet ble målt på enkeltfisk og omregnet til fiskelengde per sekund fra tiden fisken brukte på å svømme en fiskelengde (fra nesetipp til haletipp). Ventilasjonsfrekvens ble definert som antall gjellebevegelser (gapinger) per sekund. Dette ble gjort hvert 10 minutt på 3 ulike dyp

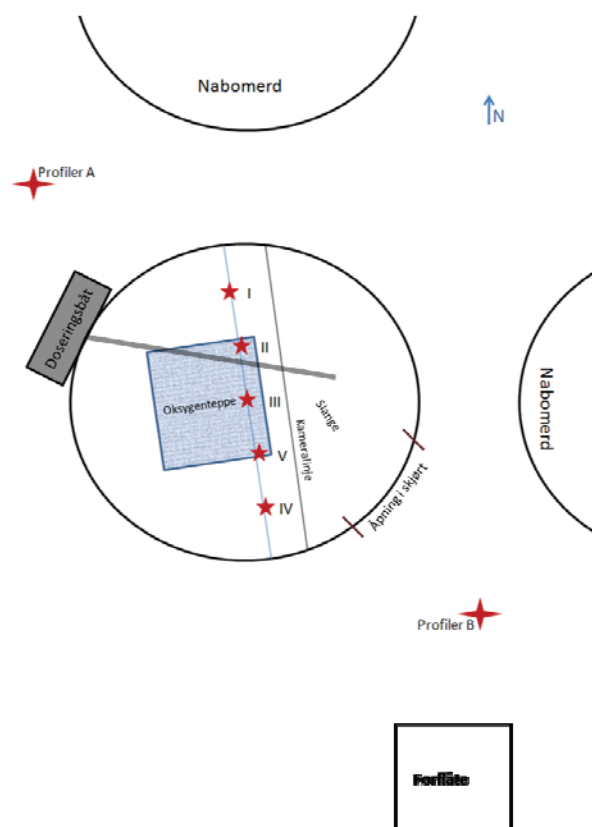
(grunt, midt, og dypt). Overflateaktivitet (hopp/rull) ble registrert hvert 10 minutt, samt logging av spesielle hendelser.

Oksygen ble tilsatt gjennom et "oksygenteppe" inne i merden (NetOx; 15 x 15 m, 3 m mellom hver utdoseringsslange levert av Storvik Aqua AS: www.storvik.no). Kapasiteten av oksygentilsetting med dette utstyret er oppgitt av leverandør til å være 18-40 kg t⁻¹ avhengig av trykk og optimal bruk.

Skjørtet besto av to stk presenninger (85 m lange og 15 m dype) og i den ene skjøten/ overlappen (se Figur 4) var ikke skjørtet helt lukket igjen. Åpningen var ca 5 m på overflaten og større åpning ble observert nedover i vannsøylen tilsynelatende på grunn av at presenningen hadde brettet seg.



Figur 3. Studie 1. Geografisk plassering av anlegget med dybdeprofil. Rød sirkel er forsøksmerden som ble brukt i dette studiet.



Figur 4. Studie 1. Skisse over oppsettet av studiet med plassering av måleinstrumenter (røde stjerner), kameralinje, doseringsbåt m/utdoseringsslange og åpningen i skjørtet.

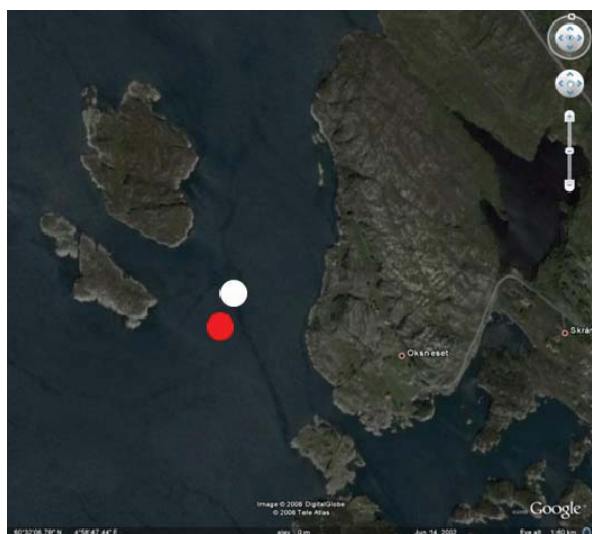
3.4.2. Studie 2

Designet var i hovedsak som ved studie 1, men uten målinger utenfor merden. Dybdeprofiler av oksygen, saltholdighet og temperatur ble målt ved hjelp av 3 stk STDsonder, men totalt 5 stk strømmålere ble benyttet. Den horisontale målelinjen gikk fra vest til øst. Simultane målinger ble gjort i alle horisontale punkt med 2 minutters måleperiode på henholdsvis grunt (4-5 m), midt (13-14 m), dypt (18-19 m) og ekstra dypt (27-28 m) vann.

Metodene for atferdsobservasjoner var de samme som for studie 1 med tillegg av ekkolodd. Det var vanskelig å observere ventilasjonsfrekvens så dette ble ikke gjort. Svømmehastigheten ble observert på 4 ulike dyp (grunt, midt, dypt, og ekstra dypt). Vertikaldistribusjon av fisken (tetthet på ulike dyp) ble målt ved hjelp av 2 stk ekkolodd (Bjordal m fl., 1993). Ett ekkolodd var plassert i merdsenter i overflaten og målte nedover i vannsøylen, mens det andre var plassert på 31 m dyp og målte oppover i vannsøylen. Basert på ekkostyrken på begge loddene ble dataene satt sammen til å dekke hele merdvolumet. Data fra overflate lodd ble benyttet >20 m, fra nedsenket lodd <15 m og med overlapp mellom loddene på 15-20 m dyp.

Skjørtet bestod av to presenninger (90 m lange, 15 m dype). Basert på overflateobservasjon var det i nordlig ende ca 2 m overlapp i skjøten og i sørlig ende ca 8 m overlapp. Nota ble ikke linet opp, men fisken ble fôret opp etter på forhånd å ha blitt sultet i 2 døgn. Utføringen startet 7 minutter før utdoseringen av lusemiddelet startet.

Oksygentilsetting ble gjennomført med 2 brett (2 m x 1 m) a 6 stk diffusorer (MBD 1200, Point 4 Systems Inc, Canada; www.pointfour.com) plassert på 8 m dyp ca 10 m fra hverandre like sør av målelinje. Kapasiteten på hver diffusor er oppgitt til 2-4 kg t⁻¹ og total kapasitet på 12 stk er kalkulert til 24-48 kg t⁻¹.



Figur 5. Studie 2. Geografisk plassering av anlegget. Rød sirkel er forsøksmerden som ble brukt i dette studiet. Dybder fra 90 til 130 m. Vannstrømmen gikk hovedsakelig i nord til nordøstlig retning.

3.4.3. Analyser og statistikk for studie 1 og 2.

Samtlige data er presentert på tid (minutt) i forhold til tid 0 som er tidspunktet hvor tilsetting av legemiddel til merden var ferdig. Selve utdosering av legemiddel ble gjort over en periode på 5 til 10 minutter.

Temperatur, saltholdighet og oksygen utenfor anlegget ved studie 1 vises som rådata fra profil tatt ved senking av instrument. Miljødata inne i merden er beregnet som gjennomsnitt over 2 minutters tidsintervall hvor samtlige instrument hang i ro på samme dyp ved samme tidspunkt med ca 10 minutters mellomrom.

Vannstrøm utenfor merdene (kun studie 1) er gjennomsnitt over 5 minutter i 2 m dybdeintervall. Filtrering av data fra vannstrømmålere inne i merden ble basert på følgende kriterier: signal til støy ratio (SNR > 7),

korrelasjon > 70 og endring i instrumentretning < 10°. Godkjente data utgjorde > 20% av målte verdier og ble benyttet til beregning av gjennomsnitt per dyp per 2 minutters måletidspunkt. Svømmehastighet er beregnet som gjennomsnitt per dyp og periode og overflateaktivitet som gjennomsnitt innen periode. Gjellefrekvens er ikke vist, da mye av fisken ramventilerte (åpen munn og vannstrøm over gjellene som følge av svømming) og dermed ikke hadde gjellebevegelse. Data fra ekkolodd ble integrert over 5 minutters intervall. Relativ fordeling med dyp ble beregnet og observert fisketetthet i kg m⁻³ beregnet per halvmeters dyp og 5 minutters periode. Konturplott ble deretter laget ved hjelp av programvaren Surfer (Golden software, Colorado, U.S.A, www.goldensoftware.com) hvor interpolasjon ble foretatt med Kriegering metode. For mer detaljert beskrivelse av metode, se blant annet Bjordal m fl. (1993), Oppedal m fl. (2007).

4. Resultater og diskusjon

4.1. Måling av legemiddeldose (Studie 1)

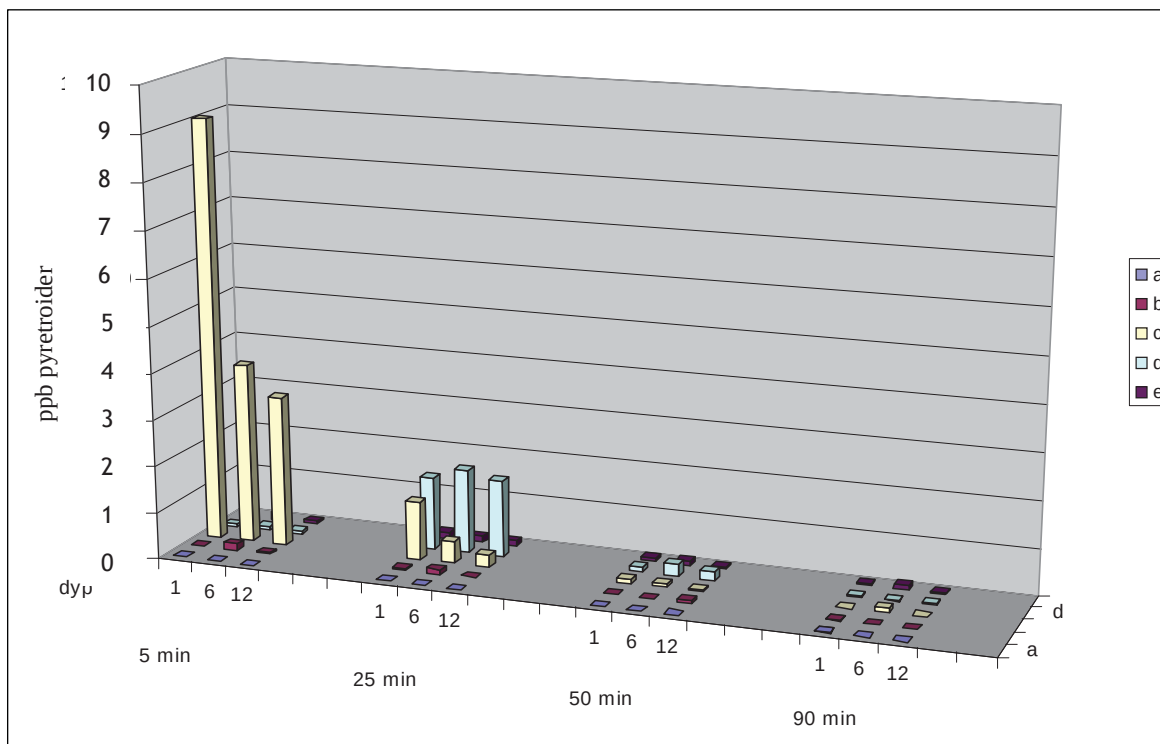
Det ble avskjermet et sylindrisk volum med 157 meters omkrets ned til 15 meter, noe som gir et samlet behandlingsvolum på 29 437 m³. Det ble dosert 2500 ml ALHPA MAX®, med en styrke på 10 mg/ml. For de øverste 4 meterne av behandlingsvolumet innenfor skjørtet blir det et volum på 7850 m³ og en utgangsdose av deltametrin på 3,18 ppb. (3,18 tusendels gram pr. kubikkmeter vann). Resultater fra målingene av sporstoff, omregnet til ppb deltametrin og korrigert ut fra kalibrering mot kontrollprøvene er gjengitt i Tabell 1 og Figur 6. Tidspunkt fra utdosering til prøvetaking hadde som forventet stor betydning, det var også store forskjeller mellom de 5 prøvestasjonene og det var reduksjon i dose med økende dyp i merden.

De to første uttakene ble gjort 5 og 25 minutter etter utdosering, men fortsatt med skjørtene på plass. De to siste uttakene, 50 og 90 minutter etter utdosering, ble gjort henholdsvis 10 og 50 minutter etter at man begynte å fjerne skjørtene, slik at det igjen ble fri gjennomstrømming av vann inne i merden. De høyeste verdiene med inntil 9 ppb ble påvist etter 5 minutter på prøvestasjon c. Etter 25 minutter var verdiene på prøvestasjon c redusert til 0,2 - 1,2 ppb, og verdiene 50 og 90 minutter etter dosering ble målt til ≤ 0,1 ppm. På prøvestasjon d var det lave konsentrasjoner (under 0,1 ppm) registrert 5 minutter etter utdosering, men dette økte til verdier fra 1,5 til 1,7 ppm 20 minutter seinere. Også her skjedde det en kraftig reduksjon i dose etter fjerning av skjørtene. En lignende tendens ble registrert også på prøvestasjon e, men med langt lavere doser. På prøvestasjon a var verdiene svært lave gjennom hele prøveperioden. For alle 5 stasjonene var verdiene ≤ 0,26 ppb 50 minutter etter utdosering og ≤ 0,1 ppb 90 minutter etter utdosering (50 minutter etter fjerning av skjørtene).

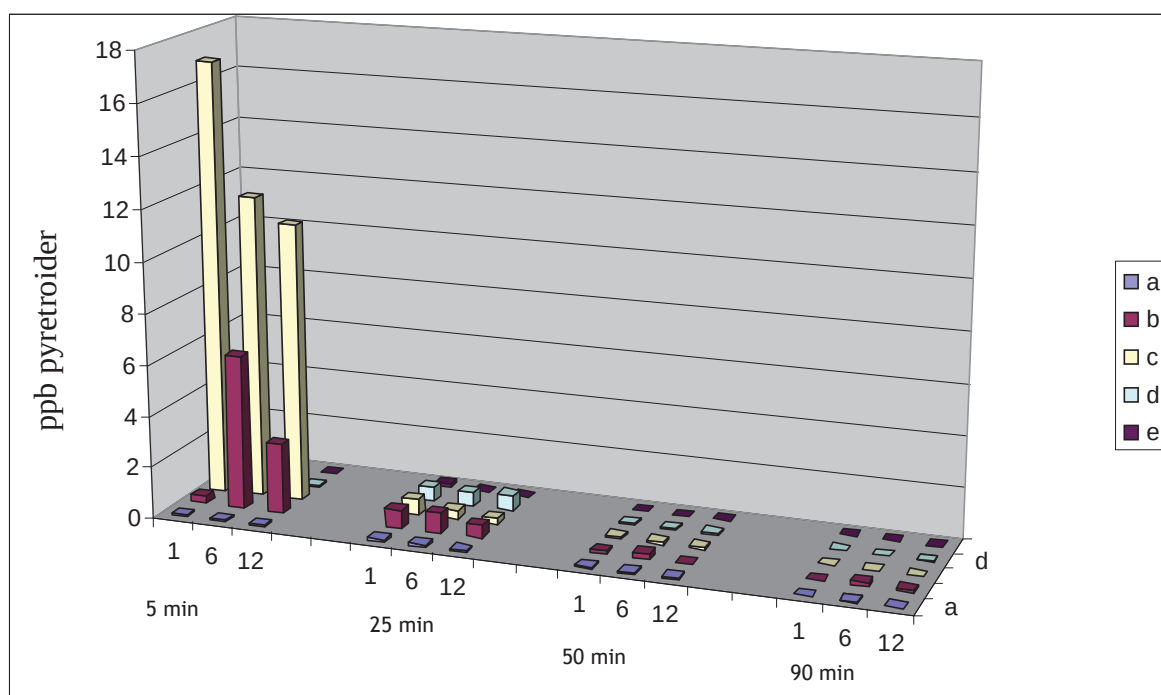
Det var store forskjeller mellom de 5 prøvestasjonene, men i snitt for alle prøvene som ble tatt i behandlingsperioden (mens skjørtene var på plass, 5 og 25 minutter etter utdosering) skjedde det en reduksjon av konsentrasjon fra 1 til 6 meter og en ytterligere reduksjon ned til 12 m. For prøvestasjon c, som hadde de høyeste målte konsentrasjonene, var verdiene høyest nært overflata. Etter 5 minutter var det høye ppb-verdier fra 1 meter og helt ned til 12 meters dyp. For b, d og e ble de høyeste verdiene funnet på 6 meter. For a, som hele tiden hadde svært lave registrerte konsentrasjoner, var det ingen forskjell mellom de ulike dypene. Etter fjerning av skjørtet var verdiene lave i alle dyp og på alle prøvestasjoner.

Det ble påvist store forskjeller mellom de 5 ulike prøvestasjonene. Kun to av disse, stasjon c og d, hadde høye verdier. For prøvestasjon c var høyeste registrerte dose 9,07 ppb, for prøvestasjon d 1,80 ppb. Den høyeste konsentrasjonen av deltametrin som ble registrert på prøvestasjonene a, b og e var 0,156 ppb.

I studie 1 var det uttak av vannprøver til direktemåling av deltametrin, et arbeid som ble gjort av PHARMAQ, i samarbeid med Havbrukstjenesten AS og SalMar AS. PHARMAQs egne målinger er gjengitt i Norsk Fiskeoppdrett (Fridell m fl., 2009) men tas også med her for sammenligning med resultatet fra sporstoffundersøkelsene. (Figur 7)



Figur 6. Beregning av legemiddeldose ved badebehandling med skjørt. Målt mengde sporstoff er omregnet til ppb deltametrin. Verdien i hvert prøvepunkt 5, 25, 50 og 90 minutter etter utdosering av virkestoff / sporstoff der "a-e" representerer de 5 ulike prøvestasjonene. Tallene på x-aksen viser innsamlingsdyp, 1,6,12 meter.



Figur 7. Direktemåling av virkestoffet deltametrin ved badebehandling med skjørt (Tall fra PHARMAQ AS). Verdien i hvert prøvepunkt 5, 25, 50 og 90 minutter etter utdosering av virkestoff der "a-e" representerer de 5 ulike prøvestasjonene. Tallene på x-aksen viser innsamlingsdyp, 1,6 og 12 meter.

Direktemåling av pyretrorider viste også en tydelig skjevfordeling i merden og reduksjon i konsentrasjon med økende tid og dyp. Doseverdiene ved prøveuttak etter 5 minutter var ca 3 ganger høyere ved direktepåvisning, mens verdiene i resten av prøvetaksperioden var forholdsvis like resultatene fra

analysene av sporstoff. Ved direktepåvisning ble de nest høyeste verdiene påvist på stasjon b, mens ved bruk av sporstoff ble det funnet på stasjon d.

Tabell 1. Beregning av legemiddeldose ved badebehandling med skjørt. Målt mengde sporstoff er omregnet til ppb deltametrin. Verdien i hvert prøvepunkt 5, 25, 50 og 90 minutter etter utdosering av virkestoff / sporstoff. "a-e" representerer de 5 ulike prøvestasjonene, ved hvert tidspunkt ble det tatt ut prøver på 1, 6 og 12 meters dyp.

Dyp	Tid (min) etter utdosering	a	b	c	d	e
1	5	0,005	0,005	9,070	0,055	0,035
6	5	0,003	0,156	3,857	0,083	0,156
12	5	0,002	0,036	3,232	0,066	0,054
1	25	0,000	0,020	1,251	1,564	0,132
6	25	0,005	0,101	0,490	1,805	0,131
12	25	0,004	0,026	0,255	1,668	0,114
1	50	0,002	0,004	0,091	0,120	0,075
6	50	0,000	0,006	0,085	0,263	0,100
12	50	0,004	0,057	0,049	0,195	0,057
1	90	0,017	0,006	0,000	0,032	0,033
6	90	0,001	0,002	0,104	0,013	0,096
12	90	0,004	0,006	0,019	0,040	0,012

4.2. Lusetellinger

Tabell 2. Forsøk med badebehandling mot lakselus, Sør-Trøndelag august 2008. Telling av lus på fisk før og etter behandling, lusetall angitt som gjennomsnitt av lus pr fisk.

	Antall fisk	Fastsittende lakselus	Bevegelige lakselus	Kjønnsmodne hunnlus	Sum lakselus	Skottelus
13.august (før behandling)	20	1	4,45	2,5	7,95	0,9
20.august (etter behandling)	22	0	0,55	0,86	1,41	0,09
Reduksjon i %		100%	88%	76%	82%	

Den oppnådde reduksjonen av antall bevegelige og kjønnsmodne lakselus ble vurdert som for dårlig, merden ble behandlet med deltametrin på nytt kort tid seinere og med et bedre resultat. (Asgeir Østvik, pers.med.)

4.3. Dokumentasjon av merdmiljø og fiskeatferd

4.3.1. Generelt om merdmiljø og atferd

Merdmiljøet er et komplekst system der miljøparameterne fluktuerer over tid og rom (Johansson m fl., 2006; Johansson m fl., 2007; Stien m fl., 2009). Temperatur varierer hovedsakelig med sesong og saltholdighet med geografisk plassering og mengde ferskvannstilrenning. Oksygennivå varierer i tillegg på daglig basis koblet mot vannstrøm og gjerne i forbindelse med tidevannssyklus, ved endret ferskvannstilrenning og ved vinddrevet oppstuving av vannmasser eller fralandsvind som kan gi oppstigende vannmasser. Samtlige nevnte parametere varierer ofte med dyp. Laksens oksygenforbruk kan dobles etter store måltid og biomassen plassering i merden og dens oksygenforbruk representerer en stor påvirkning av vannets oksygeninnhold, spesielt ved lave strømhastigheter.

Laks i oppdrettsmerd velger svømmedyp og tetthet basert på en rekke faktorer: temperatur, oksygennivå, saltholdighet, vannstrøm, lys, fôringsregime, appetitt, kjemikalier m.m. (Juell m fl., 1994; Juell, 1995; Oppedal m fl., 2001; 2007; 2009; Johansson m fl., 2006; 2007; 2009; Dempster m fl., 2008; 2009; Korsøen m fl., 2009). Ved å ta hensyn til fiskens preferanser og naturlige tilpasninger, kan vi sikre at vårt mest produserte husdyr har en akseptabel dyrevelferd. Summen av laksens egne behov og vannmiljø bestemmer hvilket dyp og tetthet laksen svømmer på i merdene. Laksen gjør kontinuerlig sammensatte avveier mellom indre faktorer som for eksempel sult og det ytre miljøet. Ett eksempel er at laksen om dagen svømmer i det varmeste vannet tilgjengelig såfremt det ikke overstiger ca 18 °C. Under fôring går den likevel mot overflaten selv om vannet der er kaldere. På natten svømmer den rundt undervannslys eller trekker mot overflaten, men dette kan igjen overstyres av lave oksygennivå eller kraftige gradienter i temperatur. Til tider ser vi todeling i merdene hvor noen individer velger optimal temperatur, mens andre velger dypt med lys. Studier med merket fisk har vist at enkeltindivider har ulik atferd, og at denne varierer mellom uker (Johansson m fl., 2009). Typisk for oppdrettslaks er at de danner en stimlignende struktur i merdene og svømmer med hastigheter på 0,2 til 1,9 fiskelengder per sekund (e.g. Dempster m fl., 2009). I skumringen reduseres aktiviteten, og om natten svømmer den sjeldent over 0,4 fiskelengder per sekund (e.g. Korsøen m fl., 2009). Ved å gi laksen lys om natten, svømmer den som om det var dag hele døgnet (e.g. Oppedal m fl., 2001). Fiskens bevegelse og biomasse påvirker vannstrømmen i merden. Det finnes ingen detaljert beskrivelse, men det er antydning at ved lave strømhastigheter setter fisken opp en egenbevegelse på vannet i merden (Chacon-Torres, 1988).

Oksygen er en nøkkelfaktor og påvirker fiskens velferd og utvikling (e.g. Kindschi and Koby, 1994; Van Raaij m fl., 1996; Ellis m fl., 2002). Det har blitt utført mange forsøk med fisk i kar og konstant oksygen av ulikt nivå men få målinger er publisert for å beskrive kompleksiteten av oksygen inne i merder (Johansson m fl., 2006; 2007; Stien m fl., 2009). Oksygennivået i merdene fluktuerer. Nivå av oksygen i vannet er påvirket av lys og algeproduksjon samt innmiksing fra overflate. Vind og bølger er viktig for miksing av oksygen og sammen med løseligheten vil dette bestemme hvor mye oksygen som vil være tilgjengelig. Løseligheten synker med økende temperatur og saltholdighet. Fisken er avhengig av oksygen som den forbruker i energiproduksjon som igjen går til fordøyelse, aktivitet og vekst. Bortfall av energi fra den aerobe metabolismen som følge av hypoksi vil føre til nedregulering av energikrevende prosesser som fødeopptak, vekst, immunfunksjon (e.g. review av Wu, 2002). Både lave og høye verdier kan være stressende for fisken. Akutt hypoksi har vist seg å føre til en rekke negative effekter på fisk (Cerezo and Garcia, 2004; Mette Remen, pers.komm.).

Vanntransport er den viktigste faktoren for oksygentilførsel til merdens vannmasser og fisken.

Vannstrømmen er viktig for utskifting av vannmassene; tilfører nytt, friskt, oksygenrikt vann til systemet samtidig som det fjerner avfallsstoffer. Inne i merden er det sannsynlig at fisken setter opp sin egen vannstrøm gjennom sin svømming men dette er ikke målt og vist i detalj. Normalt svømmer laksen i ring i merden hvor den bruker en kraft innover mot senter. Dette skaper en motkraft ut av merden som i teorien vil skyve vann ut av merden. Dette vannet må i så fall bli dratt opp fra undersiden av stimen eller ned fra oversiden. Men, under avlusing med bruk av skjørt er det antydning mer kaotisk svømming (Vigen, 2008) og dermed vil dette mønsteret sannsynligvis endres.

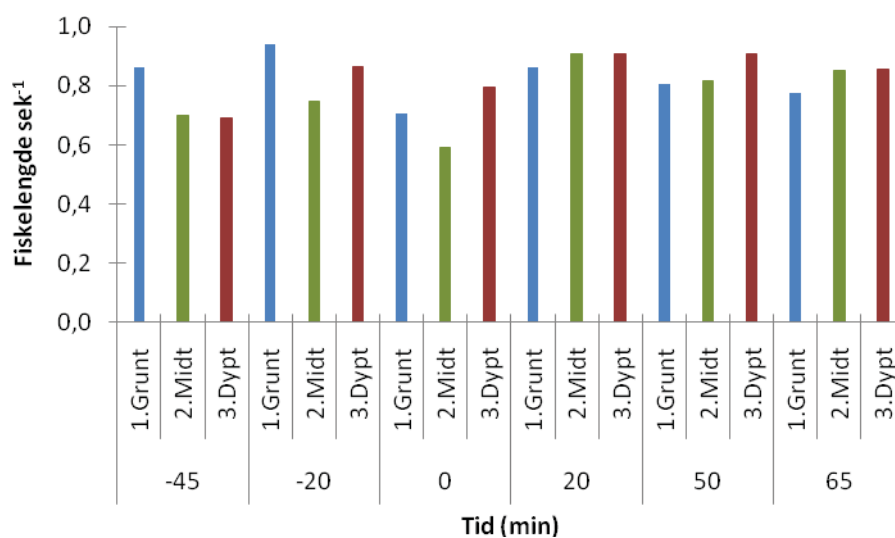
4.3.2. Studie 1

4.3.2.1. Atferd

Under observasjon dagen før avlusning sto fisken på 0-12 m dyp og svømte rundt i sirkel med en gjennomsnittssvømmehastighet på 0,9 fiskelengder s^{-1} (Vedlegg 1). Det ble ikke notert gjellefrekvens fordi fisken brukte ram-ventilering. Ram-ventilering er når fisken svømmer med åpen munn så vann strømmer over gjellene som en funksjon av svømmehastighet.

Svømmedyp og -hastighet

På dagen da avlusningen ble gjort svømte fisken i motsols retning med en gjennomsnittlig svømmehastighet på 0,8 fiskelengder s^{-1} (Figur 8), og igjen var det bare ram-ventilering som ble observert. Etter at skjørtet ble satt på plass ble det færre og færre fisk nær overflaten. Under behandlingen var flesteparten av fisken (uvitenskaplig anslått til ca 80 %) lokalisert mellom 15-20 m, altså under selve skjørtet. Det var vanskelig å finne fisk til å observere svømmehastighet grunt og til dels midt i merden. Fiskene som ble observert var pga dette muligens ikke helt representative. Det ble også brukt kun et kamera i en horisontal posisjon, så en oversikt over hele merden var umulig å oppnå.



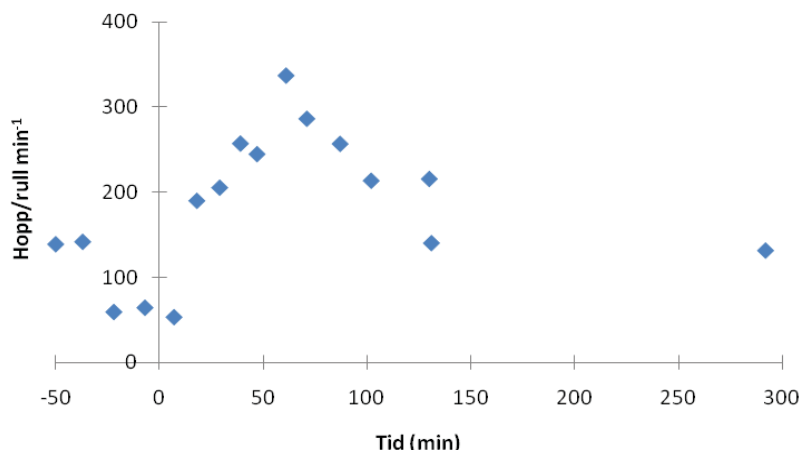
Figur 8. Svømmehastighet (fiskelengde s^{-1}) over tid, på grunt (1-3 m), midt (6-8 m) og dypt (11-13 m) vann. Tid 0 indikerer tidspunkt da legemiddel var ferdig tilsatt.

Basert på observasjoner av de få enkeltfisk som var innenfor behandlingsvolumet (volum avgrenset av skjørt) ble det ikke registrert endringer i svømmeaktivitet (Figur 8). Motstridende observasjoner, økt svømmehastighet, er gjort hos fisk som holdes i behandlingsvolumet under avlusingsperioden (Vigen, 2008). Årsaken kan være sammensatt av lite eksponering til legemiddel og/ eller normale oksygenforhold under det nåværende forsøk sammenlignet med Vigen (2008). Samtidig er det meget sannsynlig at fisken som ble observert ikke er representativ ettersom det kan være fisk som kun har en kort ekskursjon opp i behandlingsvolumet (= observasjonsvolum). Observasjoner under 12 m ble ikke foretatt ettersom det var forventet at fisken skulle fordele seg innen behandlingsvolumet.

I dette studiet ble 20-40% høyere svømmehastighet observert (0.8 fiskelengde sek^{-1}) i forhold til hva som tidligere er målt i kontrollgrupper som hadde en svømmehastighet på 0.5-0.6 fiskelengde sek^{-1} (Dempster m fl., 2008; 2009; Vigen, 2008; Korsøen m fl., 2009). Hastighetene er derimot i samsvar med tidlige observasjoner av Atlantisk laks i merder av kommersiell størrelse (e.g. Juell, 1995) eller hos fisk som er nedsenket og dermed frarøvet fra overflate og fylling av svømmeblære med potensielt økt behov for løft gjennom økt svømming (Dempster m fl., 2008; 2009; Korsøen m fl., 2009). Den økte svømmehastigheten kan muligens forklares ut i fra i) at fisken brukte ram-ventilering for å få oksygen i dette studiet, mens fisken brukte gjellebevegelse for å få oksygen i studiet av Vigen (2008), ii) fisken kan ha hatt behov for større oppdrift jamfør forsøk med nedsenket fisk, iii) anlegget ligger på en relativ strømsterk lokalitet og fisken er tilpasset dette gjennom rutinemessig høyere svømmehastighet.

Overflateaktivitet

Vi så en økning i overflateaktivitet en stund etter at lusmiddel ble tilsatt (Figur 9). Lignende observasjon ble gjort tidligere (Vigen, 2008) og oppdrettere rapporterer også at dette er vanlig å observere.



Figur 9. Overflateaktivitet (hopp/rull min⁻¹) over tid. Tid 0 angir tidspunkt da legemiddel ble tilsatt.

Årsakene til økt overflateaktivitet er ikke beskrevet i detalj. I forsøkene til Vigen (2008) ble det ikke observert endring i overflateaktivitet som følge av skjørt og hypoksi. Dette indikerer at det ikke er hypoksi, men avlusingsmiddelet i seg selv som fører til atferdsresponsen. Det har også vært spekulert i at det er endring i lusens atferd, f.eks gjennom økt bevegelse og "kløe" på fisken, som gir økt overflateaktivitet. Dette er imidlertid en usannsynlig forklaring ettersom økt overflateaktivitet ble observert under avlusing der ingen fisk på forhånd var infisert av lus (Vigen, 2008). En tidligere beskrevet observasjon er økt overflateaktivitet ved høy grad av infisering (Furevik m fl., 1993) og lavere aktivitet etter at avlusing var foretatt. Det ble her diskutert at høy overflateaktivitet skyldtes irritasjon fra lusen og indikert at reduksjon av aktivitet skyldtes fjerning av lus eller en direkte effekt av legemiddel Neguvon som ble benyttet. .

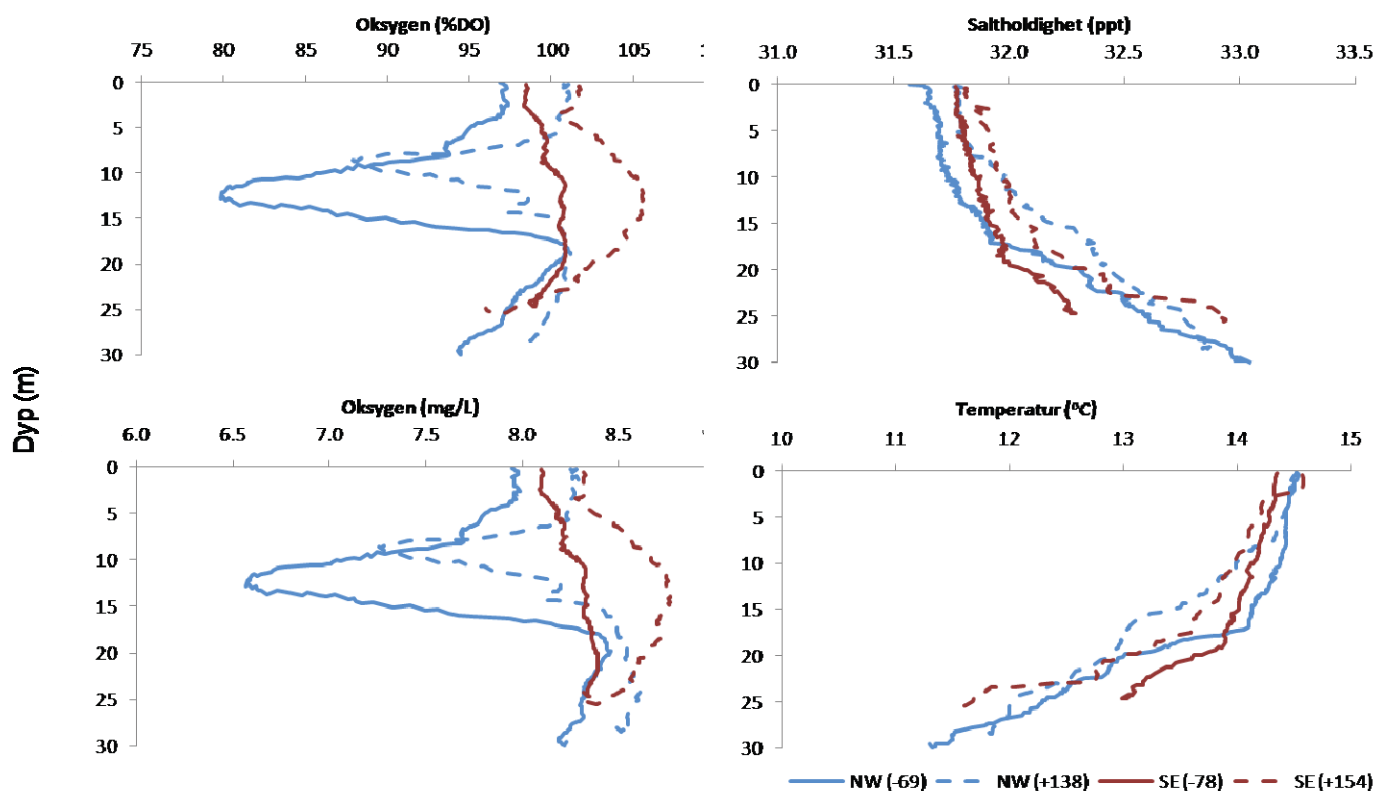
4.3.2.2. Miljømålinger

Oksygen utenfor anlegget

Oksygennivået sørøst av anlegget var 98-105 % som tilsvarer 8.2-8.8 mg L⁻¹ (Figur 10). Det så ut som om oksygenverdiene økte litt over tid (stiplet kurve høyere enn heltrukken), både nordvest og sørøst for anlegget. Nordvest av anlegget var oksygennivået lavere enn sørøst og dette stemte overens med at punktet lå i nedstrøms retning fra anlegget. De laveste oksygenverdier fant vi på ca 12-13 m (78 %, 6.5 mg L⁻¹) før behandling og på 10 m (87 %, 7.3 mg L⁻¹) etter behandling av merd 11. Høyere verdier etter behandling sammenlignet med før kan sees i sammenheng med en økende strømhastighet gjennom observasjonsperioden og dermed mer oksygen tilgjengelig. Det antas at betydelig lavere konsentrasjoner av oksygen har funnet sted inne i anlegget ettersom punktene som er målt ligger ca 150 m unna den ytterste merden (merd nr. 14) og en innblanding av de omkringliggende vannmasser må antas å ha vært stor.

Temperatur og saltholdighet utenfor anlegget

Saltholdigheten steg fra ca 31.7 i overflaten til bortimot 32 på 17-19 m hvor den steg raskt til 33 på de neste 10 meterne (Figur 10). Dette var en typisk kystlokalitet med en noe lavere saltholdighet i overflaten som sannsynligvis skyldes en kombinasjon av den norske kyststrømmen og generell ferskvannsavrenning fra land. Temperaturen fulgte profilen til saltholdigheten men med motsatt fortegn. Det var varmest i overflaten (14.4 °C), temperaturen sank noe med dyp, men holdt seg relativt stabilt ned til 17-20 m hvorefter den sank raskt med 3 °C på 25-30 m (Figur 10). Totalt sett virket det som om det var to ulike vannkvaliteter på lokaliteten med et skille på 17-20 m dyp. Dette samsvarte med strømmålingene utenfor lokaliteten som viste to distinkt forskjellige hovedstrømretninger (nordvest til nordøstlig strømretning på merdenes dyp (vedlegg 4-7) og sørlig strøm under merdene (vedlegg 4)).



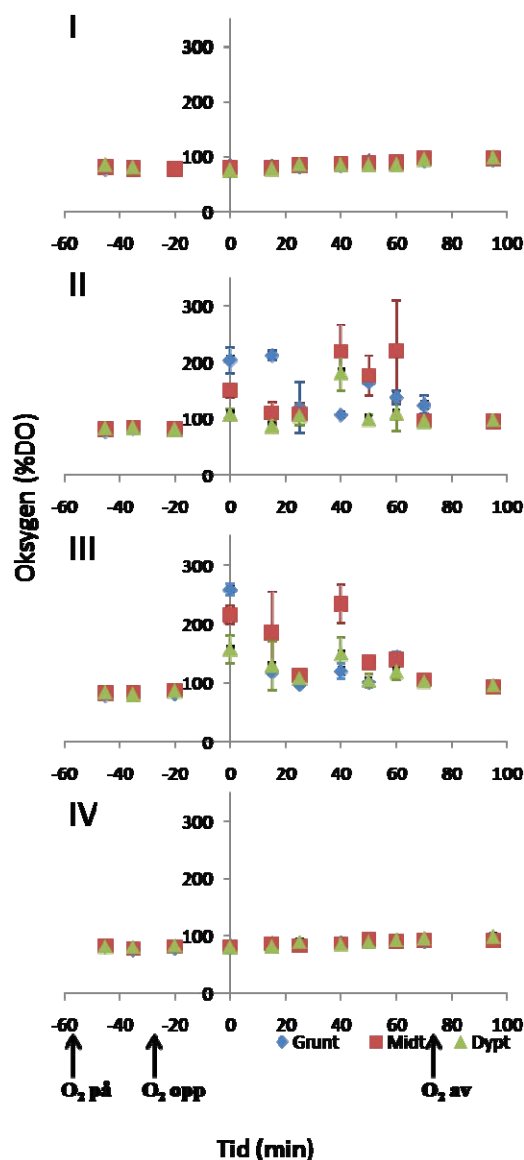
Figur 10. Miljømålinger (oksygen (metning og konsentrasjon), saltholdighet, temperatur) fra to referansepunkt plassert ca 150 m utenfor anlegget mot NW og SE, før (heltrukken linje) og etter (stiplet linje) badebehandling. Legemiddelet var ferdig tilsatt ved tid 0, og tall i parentes indikerer antall minutter enten før (-) eller etter (+) legemiddelet ble tilsatt.

Oksygen inne i merden

Oksygeninnholdet i vannet fra 0-12 m dyp inne i merden (Figur 11) lå på noe lavere nivå (75-85%) i forhold til innstrømmende vann fra sør (0-12 m, 98-107% målt i sørøst). Oksygenering var allerede satt på under målingene inne i merden. Oksygenverdiene var stabile i posisjon I og IV som er lokalisert nærmest merdkanten med verdier mellom 80 og 100 %, og mest variabel i posisjon II og III som var lokalisert i nærheten av oksygenteppe med verdier opp i 250 %. Dette viser at i visse områder inne i merden kan fisken bli utsatt for hyperoksi over en periode på 60 min.

Hyperoksi kan være en stressfaktor for fisken. Tidligere forsøk har vist at tilsetning av oksygen over 100 % metning kan være skadelig for fisken og aktiverer HPI aksene (Ritola et al, 2002). I et studie av Espmark og Bæverfjord (2009) ble det vist at fisk som ble eksponert for langtids hyperoksi på 150 % og 175 % metning vokste signifikant dårligere enn kontroll gruppen (100 % metning) og svekket sykdomsmotstand ble beskrevet etter kronisk hyperoksi (Fridell m fl., 2007). Akutt dødelighet er dokumentert på 280% (Lygren m fl., (2000), 5-8 °C, ferskvann) ved en ukes eksponering. Brauner m fl. (2000) fikk dødelighet ved 96 timers eksponering for ca 300 % metning (10°C, ferskvann). Referanser på akutt hyperoksi over få timer i sjøvann er ikke funnet. Det er imidlertid forventet at en umiddelbar stressrespons (se referanser over) vil finne sted og muligens unngikkelse på samme måte som unngikkelse av hypoksi er indikert hos laks (Johansson m fl., 2007).

For posisjon II og III fant vi generelt lavere hyperoksidverdier i den dypeste delen av vannsøylen. Dette kan være fordi målingene ble gjort under oksygenteppe, eller fordi det var der flest fisk oppholdt seg og forbrukte oksygenet, eller en kombinasjon.

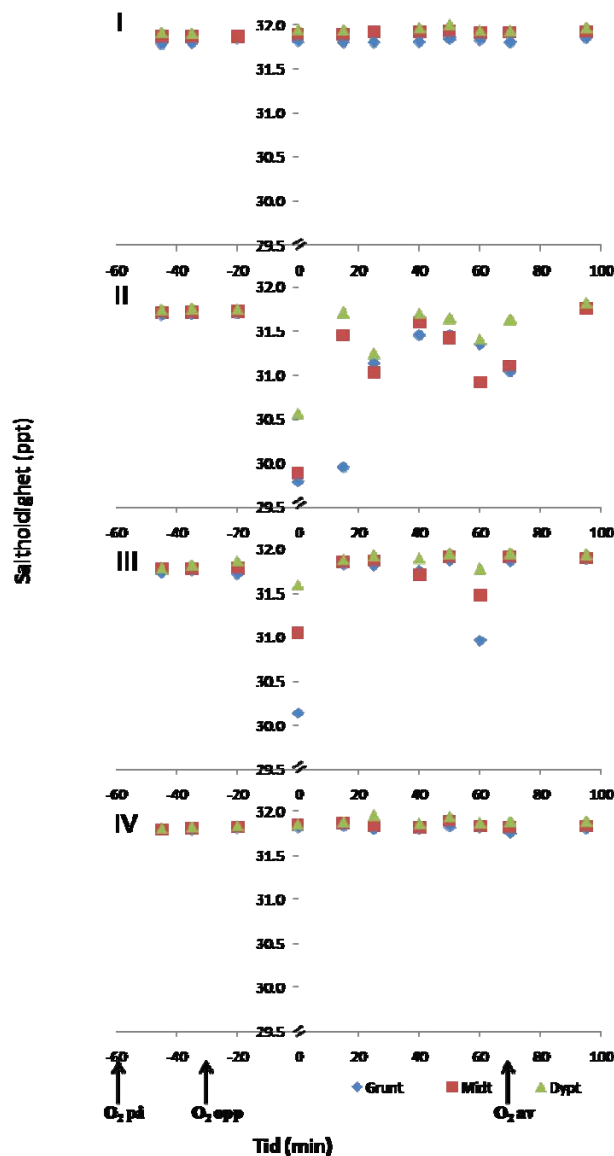


Figur 11. Oksygenverdier i % DO målt i de forskjellige posisjonene (I,II,III, og IV) inne i merden over tid. Sorte piler indikerer når oksygenteppe ble slått på, justert opp og av. Tid 0 er når legemiddelet var ferdig tilsatt. Grunt = 1-3 m, midt = 6-8 m, dypt = 11-13 m.

Det var også en økning i oksygen over tid utenfor oksygenteppe (Figur 11; Vedlegg 2). Dette indikerer at bruken av oksygenteppe påvirket oksygenivået i hele merden. Muligens kunne oksygenteppe vært fordelt på et større område slik at hyperoksi kan unngås og/ eller vært plassert dypere i merden så man får bedre spredning etter hvert som mikroboblene med oksygen flyter oppover i vannsøyla. Men likevel vil det viktigste være å plassere oksygenteppe i forhold til hvor fisken er. Oksygenivået i merden ville sannsynligvis være radikalt forandret dersom biomassen svømte i dypet hvor oksygentilsetning foregikk.

Saltholdighet inne i merden

Saltholdigheten var relativt stabil gjennom hele forsøket og i samsvar med verdier utenfor anlegget, men noe skjedde i de horisontale posisjonene innenfor oksygenteppe (Figur 12). Det så ut til at det var en sammenheng mellom mer variabelt og lavere saltholdighet ved oksygenteppe, dvs. rundt senter av merden, mens det var stabilt langs kanten av merden. Det var også mer variabelt over oksygenteppe enn under. Disse målingene kan indikere at det fantes en vertikal utskifting av vannmassene forårsaket av tilsetning av "boblende" oksygen. Dersom dette er tilfelle bør tilsetning av oksygen vurderes som en metode for å fordele og "røre om" vannmassene under avlusning. Dette vil i så fall kunne være med på å fordele og gi jevnt nivå av avlusingsmiddel i merden samtidig som oksygen tilføres.



Figur 12. Saltholdighet (ppt) målt i de ulike posisjonene inne i merden over tid. Sorte piler indikerer når oksygenteppe ble slått på, justert opp og av. Tid 0 er når legemiddelet var ferdig tilsatt. Grunt = 1-3 m, midt = 6-8 m, dypt = 11-13 m.

Temperatur inne i merden

Temperaturen holdt seg relativt stabilt gjennom hele perioden (Vedlegg 3) med største forskjell mellom måleposisjon og tid på 0,4 °C. De små variasjonene som sees i temperatur er sannsynligvis ikke tilstrekkelig til å vise om trenden som sees i saltholdighet også vises i temperatur. Den vertikale profilen fulgte referansepunktene med varmest vann nær overflaten og kaldere med dyp.

Vannstrøm like utenfor merden

Vannstrømmen var lav ($<0.03 \text{ m s}^{-1}$), men økende ($<0.12 \text{ m s}^{-1}$) gjennom observasjonsperioden (Vedlegg 4). Dette kan forklare hvorfor det var mer oksygen i vannmassene utenfor merden etter at studiet var ferdig enn det var før start. Generelt var det høyere hastighet dypt (10-12 m) enn grunt utenfor merden (Vedlegg 4-7). Vannstrømmens retning sørøst av merden var mindre variabel i retning enn vannstrømmen i nordvest av merden dersom man vurderer konturplottet i Vedlegg 4, men innen de spesifikke tidspunktene hvor sammenligning med målinger inne i merden kan gjøres (Vedlegg 5-7) var ikke bildet like klart.

Vannstrømmen i øvre vannlag så ut til å komme fra sør, bøyde av før den traff merden (sannsynligvis pga merden) og gikk ut mot siden (mot målepunkt i sørøst). Målepunkt nordvest lå mer på siden, men delvis i bakevjen av merden og det ville derfor vært naturlig med mer turbulens etter at vannet passerte merden og fisken.

Det ble observert en klar lagdeling i vannmassene med dyp. Vannstrømmen viste to distinkt forskjellige hovedstrømretninger (nordvest til nordøstlig strømretning på merdenes dyp (vedlegg 4-7) og sørlig strøm under merdene (vedlegg 4)). Ut i fra disse figurene i tillegg til saltholdighet og temperatur (Figur 10) virker det som om det var to forskjellige vannmasser på lokaliteten. Vedleggene viser også at strømhastigheten økte over tid, og spesielt mot slutten etter at skjørtet var fjernet.

Vannstrøm inne i merden

Det var generelt lave vannhastigheter ($<0.05 \text{ m s}^{-1}$) og vannet så ut til å gå i "alle retninger", uten noen klare trender (Vedlegg 8-12). Totalt sett var vannstrømmen inne i merden betydelig lavere ($<0.05 \text{ m s}^{-1}$) enn utenfor ($<0.1 \text{ m s}^{-1}$). Det kan tyde på en lavere vannstrøm i senter av merden enn resten. Det var en trend mot økende vannstrøm fra grunt til dypt og retningen var mer variabel på grunt i forhold til dypt vann. Det kan antydes en trend til en sirkulær vannstrøm i de nordligste punktene ved tid -20, +15, +40 og +95 minutt, men med unntak. I teorien stemmer dette overens med at fisken svømte sirkulært i merden i motsatt retning (motsols). Det er antatt at når fisken svømmer skaper den en hastighet på vannet motsatt av svømmeretningen og ut av merden. Dette stemmer med vår observasjon i dette forsøket, men vi har ikke grunnlag for å gjøre noen god vurdering av strømbildet i merden fordi det var få fisk tilstede i målevolumet og vannstrømmen kunne være betydelig påvirket av åpningen i skjøten på skjørtet.

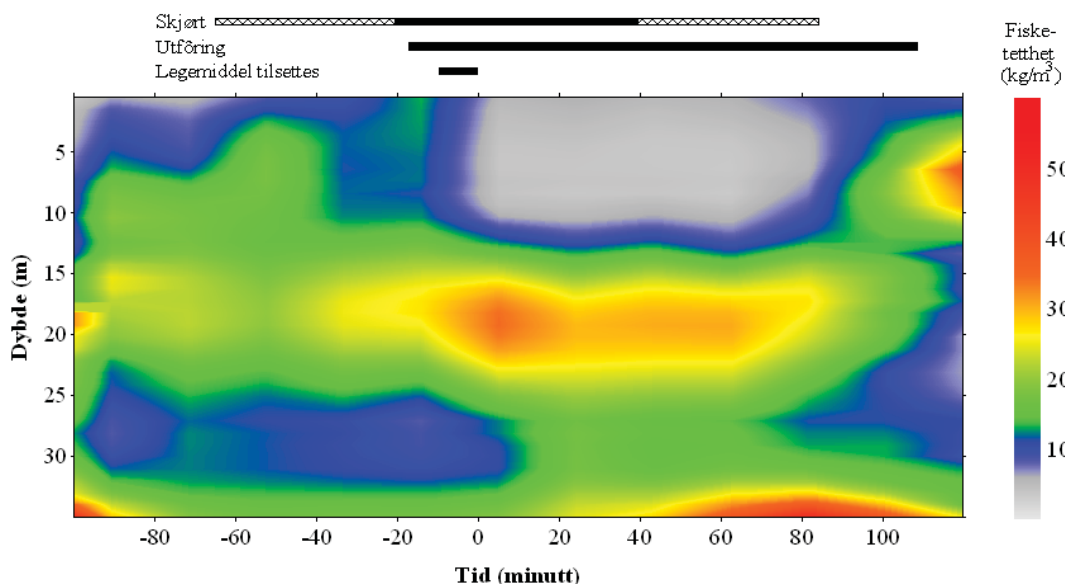
4.3.3. Studie 2

4.3.3.1. Atferd

Svømmedyp og tetthet

Basert på data fra ekkolodd så vi at fisken unngikk behandlingsvolumet som legemiddelet ble fordelt i (Figur 13). Noten var ikke linet opp og laksen valgte da å svømme unna behandlingsvolumet og stå tettere under skjørtekanten. Før tilsetning av legemiddel fordelte laksen seg relativt jevnt nedover i dypet med 0,5-1,5 ganger beregnet tetthet. Halvveis i setting av skjørt trakk noe av fisken unna overflaten, men den kom delvis tilbake når fôring starter etter 2 dagers sulting. Etter endt tilsetning av legemiddel unngikk laksen behandlingsvolumet (0,1-0,3 ganger beregnet tetthet) ved å stå tettere (1,5-2,5 ganger beregnet tetthet) under skjørtekanten på 15 m dyp. Konsentrasjon av legemiddel i området under presenningsskjørtet forventes å være minimal i forhold til innenfor og lusen på denne fisken må forventes å ha vært eksponert for meget lave doser av legemiddel.

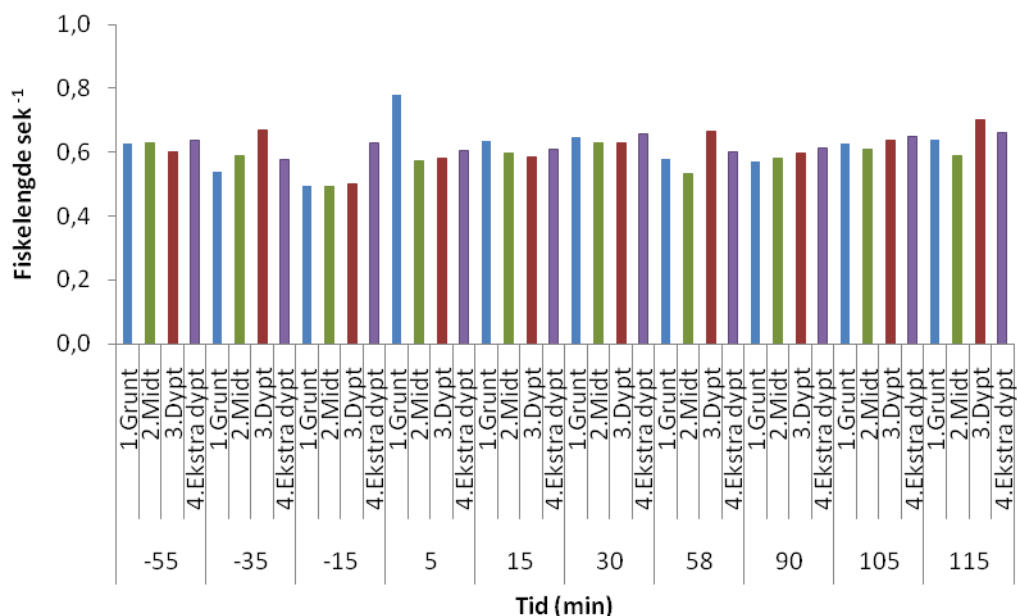
Laksen var sultet i 2 dager og utfôring startet 7 minutter før legemiddel ble tilsatt (tid -17 minutter) og vi kan antyde en liten effekt av at fôring tiltrekker fisken mot overflaten. Når legemiddelet tilsettes (tid -10 til 0 minutter) forsvinner laksen fra volumet avgrenset av presenningsskjørtene og er nesten borte ($1-5 \text{ kg m}^{-3}$) etter at legemiddel er ferdig tilsatt (tid 0 minutt). Mesteparten av fisken står da dypere enn skjørtet på tettheter $20-40 \text{ kg m}^{-3}$. Etter at begge skjørt ble fjernet (tid 80 minutt) utnyttet laksen igjen hele merdvolumet på lignende vis som før legemiddel var tilsatt.



Figur 13. Observert fisketetthet under avlusing i en stor sirkelmerd med omkrets 157 m og 30+18 m dyp not. Den totale biomassen i merden var 999 tonn som gir en kalkulert tetthet på ca 15 kg m⁻³. Presenningsskjørtene (2 stk a 90 m lang og 15 m dyp) er lukket når linjen er heltrukken svart, mens setting og fjerning er indikert med xxxx.

Svømmehastighet

Det ble ikke observert noen endring i svømmeaktivitet (Figur 14). I nåværende studie ble også fisken under behandlingsvolumet observert uten at det var noe påviselig effekt på disse. Motstridende observasjoner, økt svømmehastighet, er gjort hos fisk som holdes i behandlingsvolumet under avlusingsperioden (Vigen, 2008). En mulig årsak kan være sammensatt av lite eksponering til legemiddel under det nåværende forsøk sammenlignet med Vigen (2008) ettersom fisken unngikk behandlingsvolumet (Figur 13). Fisk som ble observert i behandlingsvolumet kan være fisk som kun har en kort ekskursjon opp i behandlingsvolumet og er lite påvirket av legemiddel.

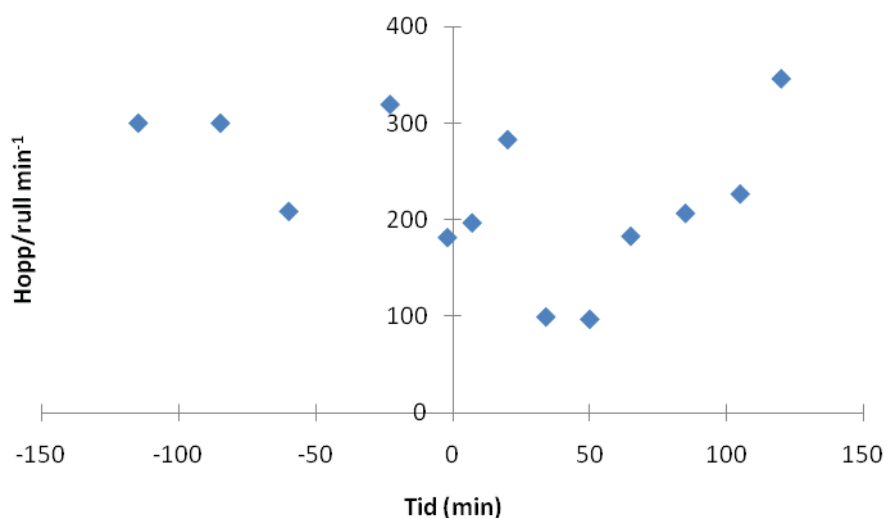


Figur 14. Svømmehastighet (fiskelengde sek⁻¹) over tid, på grunt (4-5 m), midt (13-14 m), dypt (18-19 m) og ekstra dypt (27-28 m) vann. Tid 0 indikerer tidspunkt da legemiddelet var ferdig tilsatt.

Den gjennomsnittlige svømmehastigheten lå mellom 0,5 og 0,6 fiskelengder s^{-1} , noe som er litt lavere enn for studie 1. Dette kan sees i sammenheng med at fisken her hadde en mer aktiv gjellebevegelse enn tilsvarende ram-ventilering som ble observert i studie 1. Data på gjellefrekvens er utelatt ettersom kun få fisk kunne observeres nøyaktig. En liten økning i svømmehastighet kan sees på tid 5 minutter for dyp grunt, og dette kan sannsynligvis forklares av at fôring nettopp hadde startet. Det er vanlig å se en økt svømmeaktivitet i forbindelse med fôring (e.g. Juell, 1995).

Overflateaktivitet

Overflateaktiviteten gav et litt mer rotete bilde enn studie 1 (Figur 15). Utgangsaktiviteten var noe høyere enn ved studie 1 som kan skyldes ca 30 % mer fisk i merden. Aktiviteten var relativt stabil, men med en antydning nedgang mens legemidlet var tilstede. I nåværende studie ble fisken fôret og det gjorde det vanskelig å skille mellom overflateaktivitet og foringsatferd. En del av overflateaktiviteten kan derfor skyldes fôring. Nedgangen i aktivitet kan skyldes at det var få fisk nær overflaten og økning etter at skjørt var fjernet kan sees i kombinasjon med fortsatt fôringsaktivitet (e.g. Juell m fl., 1994; Fernö m fl., 1995). Den fraværende overflateresponsen på legemiddel (som i Vigen (2008) og studie 1) kan være grunnet fravær av fisk i behandlingsvolumet (Figur 13).

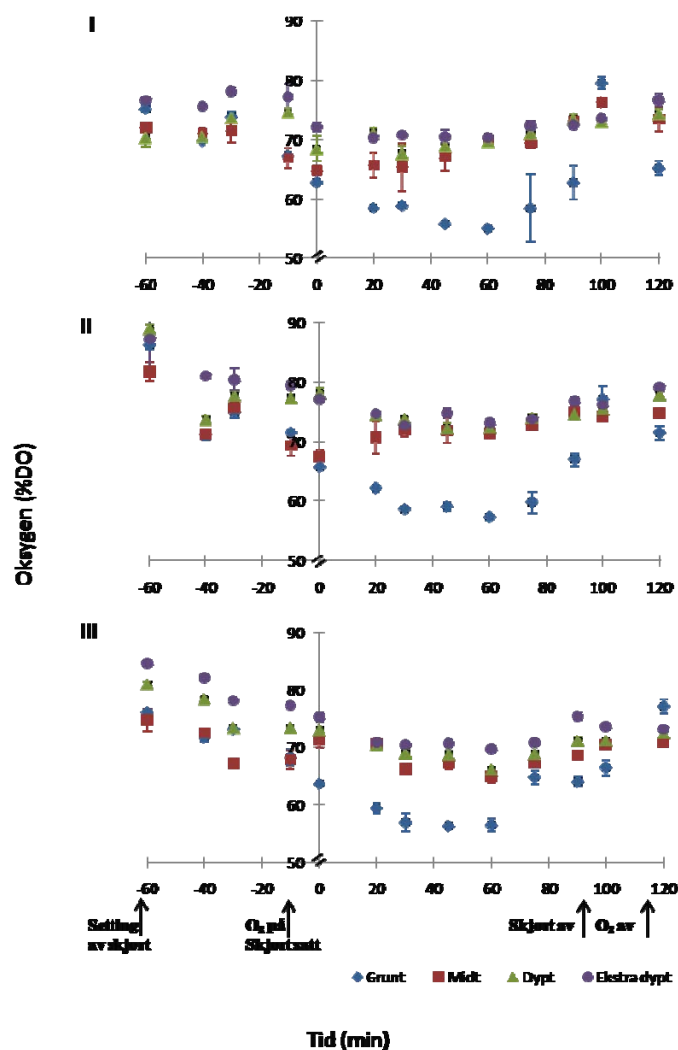


Figur 15. Overflateaktivitet (hopp/rull min⁻¹) over tid. Tid 0 indikerer tidspunkt da legemiddel var ferdig tilsatt.

4.3.3.2. Miljømålinger

Oksygen inne i merden

Oksygenverdiene inne i merden varierte mellom 50-90 % metning gjennom hele forsøksperioden. Laveste oksygenverdier ble målt på 4-5 m, med verdier ned imot 50 % metning (Figur 16), mens høyeste oksygenverdier ble målt i det dypeste av våre målepunkter (27-28 m), med verdier >70 % metning hele tiden. En liten reduksjon i oksygennivå kunne sees i perioden da skjørtet var rundt merden, med laveste verdier (ca 55 % metning) rett før fjerningen av skjørtene begynte (tid 60 minutter). Nedgangen i oksygennivå grunt i merden etter at skjørt var ferdig satt kan skyldes forbruk av oksygen av fisk som var oppe og spiste. Etter dette kan det ikke forventes å ha vært stor utskifting av vann innenfor skjørtet og verdiene for oksygen var stabilt, svakt fallende. Det var ikke mulig å måle det tilsatte oksygenet. Det kan skyldes at målepunktet vårt var for langt unna punkt for tilsetning eller at det var for lite tilsatt oksygen i forhold til forbruk. Normalt vil en merd med 1000 tonn fisk forbruke mer enn 200 kg t^{-1} , mens utstyret som ble benyttet til tilsetning hadde en maksimal kapasitet på 25 % av dette. Ettersom det var få fisk i området kan det være at tilsetning av oksygen er årsaken til at nivået holdt seg noenlunde og ikke sank ytterligere. Ytterligere beregninger kan utføres for å beskrive oksygenforholdene i merden, men da avlusing normalt bør skje med not linet opp og fisk i behandlingsvolumet vil beregninger i dette studie være fiktiv og lite representativ for fremtidig avlusing.



Figur 16. Oksygenverdier i % DO målt i de forskjellige posisjonene (I, II og III) inne i merden over tid. Sorte piler indikerer når skjørt settes, er ferdig satt og fjernes samt når oksygen tilsetning ble slått på og av. Tid 0 er når legemiddelet var ferdig tilsatt. Grunt = 4-5 m, midt = 13-14 m, dypt = 18-19 m, og ekstra dypt = 27-28 m.

Saltholdighet inne i merden

Saltholdigheten holdt seg relativt stabil gjennom hele forsøket (Vedlegg 13). Lavere saltinnhold fant vi i den øverste delen av vannsøylen, med verdier 2 ppt lavere her enn dypere ned (henholdsvis 31 mot 33). Dette indikerer at det var to ulike vannkvaliteter på lokaliteten, med et ferskere vannlag nær overflaten.

Temperatur inne i merden

Temperaturen holdt seg stabil gjennom hele forsøksperioden (Vedlegg 14) og viste samme trend som for saltholdighet, med to ulike vannkvaliteter. Kaldest vann nær overflaten (11 °C), og økende med dyp (ca 12 °C på 27-28 m).

Vannstrøm inne i merden

Det var generelt lave vannhastigheter (stort sett $<0,05 \text{ m s}^{-1}$) og vannet, i likhet med studie 1, så ut til å gå i "alle retninger" uten noen klare trender innenfor behandlingsvolumet (Vedlegg 15-19). På ekstra dypt vann (27-28 m) så det ut til at det var en effekt av fiskens svømming rundt merden ved at det ble satt opp en strøm i motsatt retning, spesielt 20 til 40 minutter etter at legemiddel var tilsatt (Vedlegg 16). Den vertikale vannstrømmen innen behandlingsvolumet var varierende, men under skjørtet med en klar oppadgående retning i posisjon I-IV og nedadgående i posisjon V under avlusing (Vedlegg 19). Denne sammenhengen skyldes sannsynligvis den store fiskebiomassen og dens egenbevegelse på dette dypet. Lignende effekter kan forventes innenfor behandlingsvolumet dersom fisken holdes der.

5. Oppsummering og vurderinger

5.1. Dosering av legemiddel

5.1.1. Gjennomføring av forsøket

Vi har data for registrering av legemiddelkonsentrasjon ved bruk av sporstoff kun fra studie 1. Her har vi også kunnet sammenligne resultater fra undersøkelse av parallelle vannprøver med en nyutviklet metode for direkte påvisning av virkestoffet deltametrin (Fridell, Martinsen og Aleksandersen, 2009). Det planlagte forsøket ved bruk av hel presenning ble avlyst.

Ved både studie 1 og studie 2 ble det brukt 15 meter dype skjørt som gikk helt ned til notas blyline. Det ble ikke gjort noen opplining av nota, og observasjonene av fiskens svømmeatferd og vertikalbevegelse er oppsummert i 5.2 Merdmiljø og fiskeatferd. Manglende opplining er et avvik i forhold til anbefalte retningslinjer for badebehandling med bruk av skjørt (SLK, 2000), men en vanlig praksis i mange oppdrettsanlegg langs kysten (Nilsen, Garseth og Norvik, 2008). Ved studie 1 oppsto det problemer ved utplassering av det andre skjørtet, det hengte seg fast under fortøyningene til ringen, og da det var klart til behandling av merden var det fortsatt en åpning på om lag 5 meter mellom de to skjørtene (se fig. 1 og 4). Vi valgte likevel å gjennomføre badebehandlingen, selv om det var klart at dette ikke ville bli et optimalt gjennomført forsøk. Lusetellingene etter behandlingen viste en reduksjon i antall bevegelige og kjønnsmodne lus på bare 76 til 88 %, og det ble gjennomført en ny behandling av denne merden kort tid etter, da med bedre resultat.

Prøveuttak ved bruk av vannhentere fører til mye arbeid med selve prøveuttaket og gjør det vanskelig å få en prøveserie med hyppige uttak. De lange tidsintervallene mellom prøveuttakene fører til at vi ikke kan gi noe gi noe detaljert bilde av hva som skjedde med legemiddelet i løpet av hele holdetida på 40 minutter.

5.1.2. Sammenligning av sporstoffundersøkelser og direktepåvisning av deltametrin

Den svært skjeve fordelingen (mange lave verdier og noen få svært høye) og få prøvepunkter i et stort merdvolum gjør det vanskelig å gi en sikker beskrivelse av hvordan legemiddelet fordelte seg i hele merdvolumet. Teoretisk beregnede doser ved tilsetning av 2500 ml ALPHA MAX® var for vannsøyla fra 0 til 12 m og for vannsøyla fra 0 til 15 meter henholdsvis 1,06 og 0,85 ppb, ei beregning som forutsetter at virkestoff ikke forsvinner fra behandlingsvolumet før det har fordelt seg. Gjennomsnitt for alle prøveverdiene ved bruk av DNA-tracer etter 5 minutter (målt i vannsøyla fra 1 til 12 meter) var 1,12 ppb. Dersom vi antar at virkestoffet og sporstoffet i liten grad var begynt å lekke ut fra behandlingsenheten så kort tid etter utdosering og at prøvetakingspunktene ga et noenlunde representativt bilde av forholdene i hele merden vil det si at det på dette tidspunktet var et godt samsvar mellom teoretisk beregnet konsentrasjon og målt konsentrasjon av sporstoff.

Ut fra sammenligning av alle prøveresultatene mener vi at analyser av sporstoff og direktepåvisning av deltametrin i hovedsak beskriver den samme dynamikken for spredning og fortynning av legemiddelet i tid og rom. De største konsentrasjonene ble påvist 5 minutter etter utdosering på prøvestasjon c, med høye doser i hele vannsøyla fra 1 til 12 meters dyp. Prøvestasjonene a og e hadde lave verdier ved alle uttak. Ved uttak 50 og 90 minutter etter utdosering var verdiene lave på alle 5 prøvestasjonene. Men det var også forskjeller mellom metodene. For det første ga sporstoffundersøkelsene lavere resultater enn direktepåvisning. Dette gjaldt særlig ved det første prøveuttaket 5 minutter etter utdosering, med høyeste registrerte dose på 8,7 ppb mot 17 ppb ved direktepåvisning. For det andre var det forskjell i doseprofilen ved to av prøvestasjonene. Ved bruk av direktepåvisning var prøvestasjonen med nest høyeste verdier stasjon b, mens ved bruk av sporstoff var dette stasjon d. Dette er imidlertid kun ett forsøk og ei god kalibrering av disse to metodene i felt ville forutsatt flere gjentak, mer detaljerte undersøkelser og en bedre sammenligning av de to metodenes analysesikkerhet ved ulike dosenivåer.

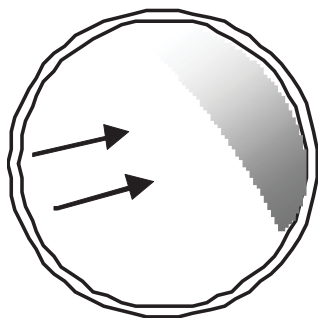
5.1.3. Vurdering av spredning og tap av bademiddel ved behandling med skjørt

Forsøket viste at bademiddel kan spre seg skjevt i merdvolumet, at det kan oppstå store forskjeller i dosering horisontalt og at det skjer en rask fortynning av legemiddel med tid og dyp. Fra 5 til 25 minutter etter utdosering ble mengde legemiddel, vurdert ut fra sporstoffundersøkelsene, redusert med over 50 %. Fra prøvene som ble tatt i behandlingstida (5 og 25 minutter etter utdosering) var det også en reduksjon

på over 50 % i dose fra 1 meters dyp og ned til 12 meter. Tiden mellom de fire samplingene var 20, 25 og 40 minutter, dette er litt grovt til å beskrive forløpet, men den påviste reduksjonen med dyp og tid i behandlingsperioden ligner på tidligere resultater ved måling av legemiddeldose og bruk av skjørt (Bjørn m.fl 2004).

Etter behandling av en merd fjernes skjørtet eller presenningen og legemiddelet skal raskest mulig fjernes ved hjelp av vannstrømmen gjennom nota. Opphopning av legemiddel inne i merden eller på lokaliteten kan føre til fare for overdosering og dermed fiskedød. (Bernt Martinsen, pers.med) Risikoen for dette vil øke ved behandling på lokaliteter med svært lite strøm på behandlingstidspunktet, ved behandling av mange merder på kort tid og ved behandling av merder med så stor begroing av notlinet at det fører til en vesentlig redusert vanngjennomstrømming. Prøvene som ble tatt 10 og 50 minutter etter fjerning av skjørtene viste lave verdier i hele vannsøyla, noe som tyder på at vannutskiftingen ga en rask og god fjerning av legemiddelet fra merden etter avsluttet behandling. Hvor langt legemiddelet ble fraktet med strømmen, og om det førte til eksponering av fisk i nabomerder ble ikke undersøkt.

Ved badebehandling av store merdenheter må det tilsettes betydelige mengder legemiddel. Dersom dette tilsettes fort og med liten fortykning vil man rett etter tilsetning kunne få noen områder i merden med svært høy konsentrasjon og andre med svært lav konsentrasjon av legemiddel. Mangelfullt gjennomført avskjerming slik vi så det i studie 1 kan antagelig også bidra til slik horisontal skjevfordeling.



Figur 17. Dårlig avskjerming av en merd ved badebehandling kan medføre skjevfordeling av legemiddel pga strømninger i merden.

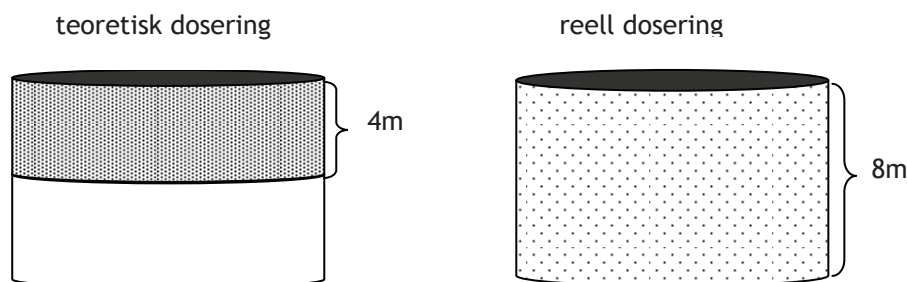
Dosen lakselusa eksponeres for vil avhenge av hvor fisken oppholder seg. Dersom fisken svømmer i ring kan det meste av fisken / lusa bli eksponert for bademiddel, selv med en skjev horisontal fordeling av bademiddel. Men hvis dette sammenholdes med observasjonene av at laksen ser ut til å unngå legemiddelet dersom den får anledning til det kan også skjev fordeling horisontalt føre til at fisk med lus "unnslipper" behandlingen.

Bademiddelet ble i begge forsøkene tilsatt helt i overflata av merden, noe som er vanlig praksis ved slik behandling. Vi har kun egne registreringer fra forsøk 1, der det også trolig var størst påvirkning av vind og strøm i vannoverflata ved utdosering. Forskjellene i registrert dose mellom målestasjonene og endringen i dose i forhold til tid og dyp indikerer at legemiddelet som ble pumpet ut gjennom doseringsslangen ble presset i nordlig retning, og at det etter hvert som middelet sank nedover i vannsøyla også spredte seg noe bedre horisontalt.

5.1.4. Lukket avskjerming - utfordringer med beregning av behandlingsvolum

En lukket avskjerming hindrer tap av bademiddel ut av merden i behandlingsperioden. I følge behandlingsanbefalingene for deltametrin vil det i vannvolumet ned til 4 meter være en konsentrasjon på 2 ppb. Den reelle konsentrasjonen dersom middelet fordeler seg jevnt inne i presenningen vil være vesentlig lavere. Gitt at det avskjermede volumet er 8 meter dypt vil en ha oppnådd en konsentrasjon på halvparten av denne dosen (figur 18). Selv i en lukket presenning har forsøk vist at konsentrasjonen av bademiddel vil variere noe i tid og rom. En stor utfordring ved bruk av lukket presenning er at den

faktiske mengden vann inne i presenningen (behandlingsvolumet) kan variere mye, slik at man ikke vet hvor kraftig man doserer (Bjørn m. fl. 2004, Treasurer m. fl. 2000).



Figur 18. Tilsatt bademiddel vil spre seg i hele i hele det tilgjengelige volum. Mengden vann i det avskjermede volumet avgjør hvor sterkt man doserer.

Studie 2 var ment å gi kunnskap om disse forholdene i en hel presenning for store sirkelmerder, men forsøket måtte dessverre gå ut på grunn av dårlig vær og tekniske problemer. Man kan spekulere i hvordan forholdene inne i presenningen som fiskens egenbevegelse, den opplinede nota og metoden for oksygentilsetning kan påvirke fordelingen til hele volumet. Dette er så vidt vi kjenner til ikke undersøkt.

5.2. Merdmiljø og fiskeatferd

5.2.1. Atferd

Svømmeatferd og overflateobservasjoner gjort under studiene representerer ikke en avlusingsituasjon som er gjennomført i henhold til foreskrevne metode og sammenligninger med andre forsøk (Vigen, 2008) viser avvikende resultat. Basert på observasjonene av fiskens svømmedyp og tetthet kan det se ut til at den praksis som ble undersøkt er utilfredsstillende og en rekke forbedrede behandlingsrutiner kan foreslås. Det viktigste er at nøtene må lines opp under kanten på presenningsskjørtet for å sikre at laksen og dens påsittende lus er innenfor vannvolumet hvor legemiddel tilsettes. Sulting i noen dager og oppfôring av fisken til volumet med legemiddel ser ikke ut til å være en tilstrekkelig metode da kun en liten andel av fisken står i dette området. Flesteparten av laksen i merden så ut til å ha en sterkere unnvikelsestrang mot legemiddelet enn ønske om å spise, selv etter å ha gått i 2 dager uten mat.

5.2.2. Tilsetting av oksygen

I de kommersielle stormerdene som ble undersøkt var resultatet ulikt. Når oksygen ble tilsatt gjennom et stort nettverk av perforerte slanger i et nettverk på 15 m x 15 m i senter av merden og det samtidig var relativt få fisk i dette området målte vi potensielt skadelig høye verdier av oksygen (>250% metning) i ca 1/5 del av området og økende, men normale verdier (80-100% metning) i resten. Det vil være en fordel å benytte en metode for distribuering av oksygen der det tas hensyn til hvor fisken er kombinert med nivå av oksygen. Det er viktig å redusere antall stressfaktorer hos fisken der hyperoksi (høye oksygeninnivå) er en av dem. Observasjoner med kamera viste at kun enkeltfisk svømte i området fra 0 til 12 m og at fisken hovedsakelig svømte dypere enn skjortekanten på 15 m etter at skjørtet var ferdig satt og tilsetting av legemiddel fullført. Således forventes det at meget få fisk opplevde hyperoksi. Dersom fisken tvinges opp i behandlingsvolumet gjennom å line opp notbunnen vil oksygenet som tilsettes bli forbrukt og normale nivå måles dersom det er samsvar mellom tilsatt mengde og fiskens forbruk.

Ved bruk av to mindre rammer med keramiske oksygen diffusorer (12 stk) og observerte tettheter av laks på 1-5 kg m⁻³ var ikke det tilsatte oksygenet målbart. Selv ved disse lave tetthetene ble det målt relativt lave verdier av oksygen (<55% metning; hypoksi) og en betydelig forverring kan forventes dersom man tvinger fisken opp i behandlingsvolumet ved å line opp noten. De høyeste verdiene av oksygen ble målt dypt i merden. Dette kan tolkes som at på tross av den høye biomassen var vannstrømmen tilstrekkelig til å opprettholde et oksygeninnivå på over ca 70% metning. Dypt i merden kan nedgangen i oksygen fra ca 85 % metning til 70 % under avlusing skyldes at tettheten av fisk på dette dypet øker betraktelig eventuelt også kombinert med et økt forbruk som skyldes stresspåvirkning av skjørt, legemiddel og fôrintak.

Det er viktig at oppdretter er kritisk til metoden for tilsetning av oksygen, og at en har kontroll med oksygenforholdene underveis. For høye eller lave oksygennivå i merdene kan gi en rekke negative konsekvenser for fisken.

5.2.3. Oksygenmåling, hvor og når?

I utgangspunktet bør oppdretter måle oksygenforholdene i den verst tenkelige posisjon under avlusing. Dette punktet er per i dag ikke beskrevet i detalj. Ettersom laksen ser ut til å prøve å unngå legemiddel ved å svømme mot overflaten eller notbunn (Vigen, 2008) vil disse områdene være potensielle. Samtidig har vi ingen god beskrivelse på hvilken vannstrøm fisken selv setter opp under avlusing, men hvis den gjør det vil den muligens bidra til at friskt vann kommer inn nedenfra. Således vil oksygenmåling nærmere overflaten være en bedre måleposisjon enn nær bunn. Samtidig må oppdretter vurdere tilsettingspunkt for oksygen slik at oksygennivå bør måles både nært og fjernt fra dette for å se at tilsetning har den ønskede effekt. Oksygenmåling, og tilsetning av oksygen, må starte samtidig med setting av skjørt/ pose og ikke avsluttes før skjørtet/ posen er fjernet.

5.2.4. Vannstrøm

Vannets bevegelser som er målt innenfor behandlingsvolumet i disse to studiene er ikke representative for en effektiv foreskrevet metode for avlusing ettersom fisken ikke er tilstede. Generell diskusjon om vannstrømmen under avlusing er derfor ikke mulig. Imidlertid kan det nevnes at det ser ut til å være et potensial i å benytte tilsetning av oksygen som en metode for å omrøre vannet i merden under avlusing.

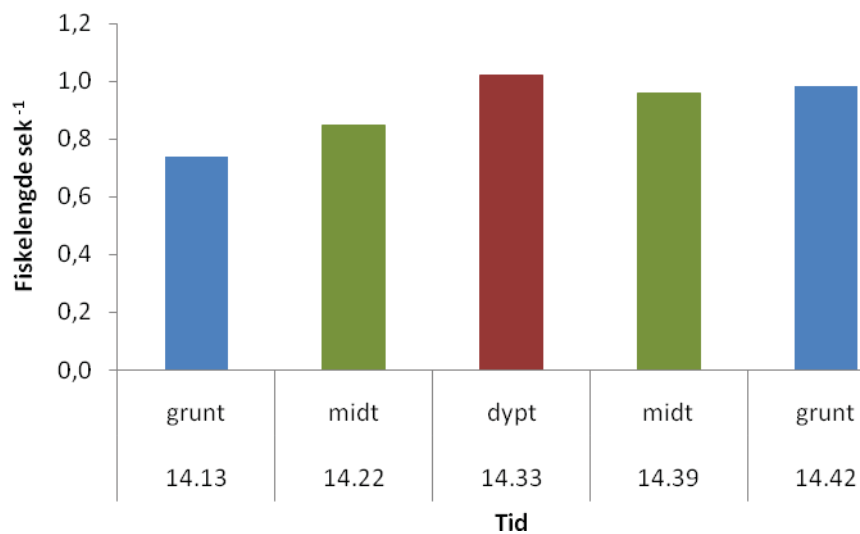
6. Referanser

- Anonymous, 2008, Forbruk av legemidler i norsk fiskeoppdrett i 2001-2007, Folkehelseinstituttet, publisert 14.03.2008, <http://fhi.no>
- Anonymous, 2009, Forbruk av legemidler i norsk fiskeoppdrett i 2001-2008, Folkehelseinstituttet, publisert 09.02.2009, <http://fhi.no>
- Bjordan, Å., Juell, J.E., Lindem, T., Fernö, A., 1993. Hydroacoustic monitoring and feeding control in cage rearing of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). In: Reinertsen, H., Dahle, L.A., Jørgensen, L., Tvinnereim, K. (Eds.), *Fish Farming Technology*. Balkema, Rotterdam, pp. 203-208.
- Bjørn, B., Aunsmo, A., Moen, V., Markussen, T., 2004. Evaluering av behandlingsmetodikk mot lus i oppdrettsanlegg. VESO rapport 1-2004, ISBN 82-91743-15-0
- Brauner, C.J., Seidelin, M., Madsen, S.S., and Jensen, F.B. 2000. Effects of freshwater hyperoxia and hypercapnia and their influences on subsequent seawater transfer in Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 57(10): 2054-2064.
- Cerezo, J., and Garcia, B.G. 2004. The effects of oxygen levels on oxygen consumption, survival and ventilatory frequency of sharpnose sea bream (*Diplodus puntazzo* Gmelin, 1789) at different conditions of temperature and fish weight. *Journal of Applied Ichthyology* 20, 488-492.
- Chacontorres, A., Ross, L.G., and Beveridge, M.C.M. 1988. The effects of fish behaviour on dye dispersion and water exchange in small net cages. *Aquaculture* 73, 283-293.
- Dempster, T., Juell, J-E., Fosseidengen, J.E., Fredheim, A., Lader, P., 2008. Behaviour and growth of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) subjected to short-term submergence in commercial scale sea-cages. *Aquaculture* 276, 103-111.
- Dempster, T., Korsøen, Ø., Folkedal, O., Juell, J-E., Oppedal, F., 2009. Submergence of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in commercial scale sea-cages: A potential short-term solution to poor surface conditions. *Aquaculture* 288, 254-263
- Ellis, T., North, B., Scott, A., Bromage, N., Porter, M., Gadd, D., 2002. The relationships between stocking density and welfare in farmed rainbow trout. *J. Fish Biol.* 61, 493-531.
- Espmark, A.M., and Baeverfjord, G. 2009. Effects of hyperoxia on behavioural and physiological variables in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) parr. *AQUACULT INT* 17(4): 341-353.
- Fernö, A., Huse, I., Juell, J-E., Bjordan, Å., 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.
- Fridell, F., Gadan, K., Sundh, H., Taranger, G.L., Glette, J., Olsen, R.E., Sundell, K., and Evensen, O. 2007. Effect of hyperoxygenation and low water flow on the primary stress response and susceptibility of Atlantic salmon *Salmo salar* L. to experimental challenge with IPN virus. *Aquaculture* 270, 23-35.
- Fridell, F., Martinsen, B., Alexandersen, S., 2009, Avlusing av store merdar - korleis bør den gjennomførast ?, *Norsk Fiskeoppdrett* nr 6a, juni 2009, ISSN 0332-7132, s.81 - 83
- Furevik, D., Bjordan, Å., Huse, I., and Fernö, A. 1993. Surface activity of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in net pens. *Aquaculture* 110, 119-128.
- Horsberg, T.E., 2009, Resistens - et økende problem, *Norsk Fiskeoppdrett* nr 6a, juni 2009, ISSN 0332-7132, s.104 - 105
- Johansson, D., Ruohonen, K., Kiessling, A., Oppedal, F., Stiansen, J-E., Kelly, M., Juell, J-E., 2006. Effect of environmental factors on swimming depth preferences of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and temporal and spatial variations in oxygen levels in sea cages at a fjord site. *Aquaculture* 254, 594-605.
- Johansson, D., Juell, J-E., Oppedal, F., Stiansen, J-E., Ruohonen, K., 2007. The influence of the pycnocline and cage resistance on current flow, oxygen flux and swimming behaviour of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in production cages. *Aquaculture* 265, 271-287.
- Johansson, D., Ruohonen, K., Juell, J-E., Oppedal, F., 2009. Swimming depth and thermal history of individual Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in production cages under different ambient temperature conditions. *Aquaculture* 290, 296-303.
- Juell, J.E., 1995. The behaviour of Atlantic salmon in relation to efficient cage rearing. *Rev. Fish Biol. Fish.* 5, 320-335.
- Juell, J.E., Fernö, A., Furevik, D., Huse, I., 1994. Influence of hunger level and food availability on the the spatial distribution of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in sea cages. *Aquac. Fish. Manage.* 25, 439-451.
- Kindschi, G.A., Koby, R.F., 1994. Performance and oxygen-consumption of Snake river cutthroat trout reared at 4 densities with supplemental oxygen. *Progress. Fish-Cult.* 56, 13-18.

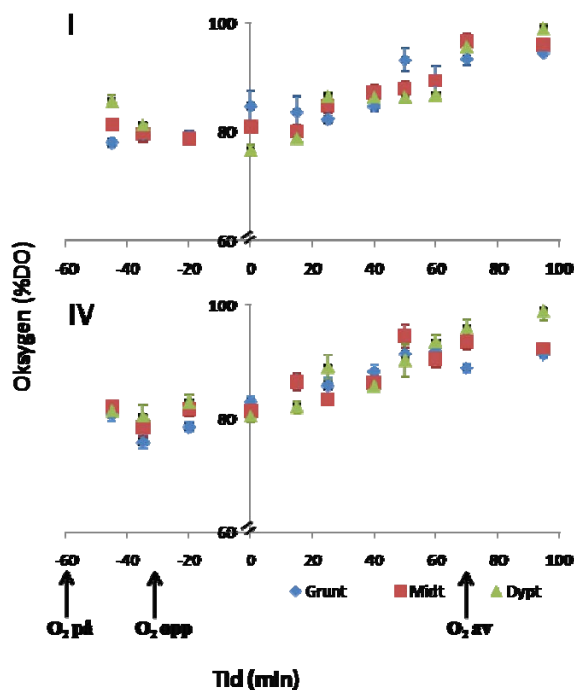
- Korsøen, Ø., Dempster, T., Fjellidal, P.G., Oppedal, F., Kristiansen, T.S., 2009. Long-term culture of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in submerged cages during winter affects behaviour, growth and condition. *Aquaculture* 296, 373-381.
- Lygren, B., Hamre, K., and Waagbø, R. 2000. Effect of induced hyperoxia on the antioxidant status of Atlantic salmon *Salmo salar* L. fed three different levels of dietary vitamin E. *AQUAC RES* 31(4): 401-407.
- Nilsen, A., Brun, E., 2009, Kartlegging av praksis ved behandling mot lakselus, Norsk Fiskeoppdrett nr 6a, juni 2009, ISSN 0332-7132, s.72 - 73
- Nilsen, A., Garseth, Å.H., Norvik, O.C., 2008. Avlusing i stormerd - resultater fra en spørreundersøkelse, Veterinærinstituttets rapportserie 13-2008, ISSN 1890-3290
- Oppedal, F., Juell, J-E., Taranger, G.L., Hansen, T., 2001. Artificial light and season affects vertical distribution and swimming behaviour of post-smolt Atlantic salmon in sea cages. *J. Fish Biol.* 58. 1570-1584.
- Oppedal, F., Juell, J-E., Johansson, D., 2007. Thermo- and photoregulatory swimming behaviour of caged Atlantic salmon: implications for photoperiod management and fish welfare. *Aquaculture* 265, 70-81.
- Oppedal, F., Vigen, J., 2009. Laksen unnviker avlusingsmiddel - dersom den får velge. In: Agnalt, A.-L., Bakketeig, I.E., Haug, T., Knutsen, J.A., Opstad, I., Kyst og Havbruk 2009, Fisken og Havet, særnummer 2-2009, 157-159. In Norwegian.
- Pharmaq AS, 2008, ALHA MAX ® pakningsvedlegg
- Ritola, O., Livingstone, D.R., Peters, L.D., og Lindström-Seppä, P. (2002) Antioxidant processes are affected in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) exposed to ozone and oxygen-supersaturated water. *Aquaculture* 210: 1-19.
- Sabir, I.H., et al, 1999. *Hydrogeology journal* 7: 264-267
- Sabir, I.H., m fl., 2000. Synthetic tracers, examples of their application in water related studies. Tracers and modelling in Hydrogeology. IAHS publ.no.262.2000
- Statens legemiddelkontroll (SLK) pub.2000:2, Terapianbefaling, Behandling mot lakselus i oppdrettsanlegg, ISSN 1502-2692
- Stien L.H., Kristiansen T., Danielsen, T.L., Torgersen, T., Oppedal, F., Fosseidengen, J.E., 2009. Fra utsett til slakt. In: Agnalt, A.-L., Bakketeig, I.E., Haug, T., Knutsen, J.A., Opstad, I., Kyst og Havbruk 2009, Fisken og Havet, særnummer 2-2009, 160-163.
- van Raaij, M.T.M., Pit, D.S.S., Balm, P.H.M., Steffens, A.B., van den Thillart, G., 1996. Behavioral strategy and the physiological stress response in rainbow trout exposed to severe hypoxia. *Horm. Behav.* 30, 85-92.
- Vigen, J., 2008. Oxygen variation within a seacage, Master Thesis. Department of Biology. University of Bergen, Bergen, 73 pp.
- Wu, R.S.S., 2002. Hypoxia: from molecular responses to ecosystem responses. *Marine Poll. Bull.* 45, 35-45.

7. Vedlegg

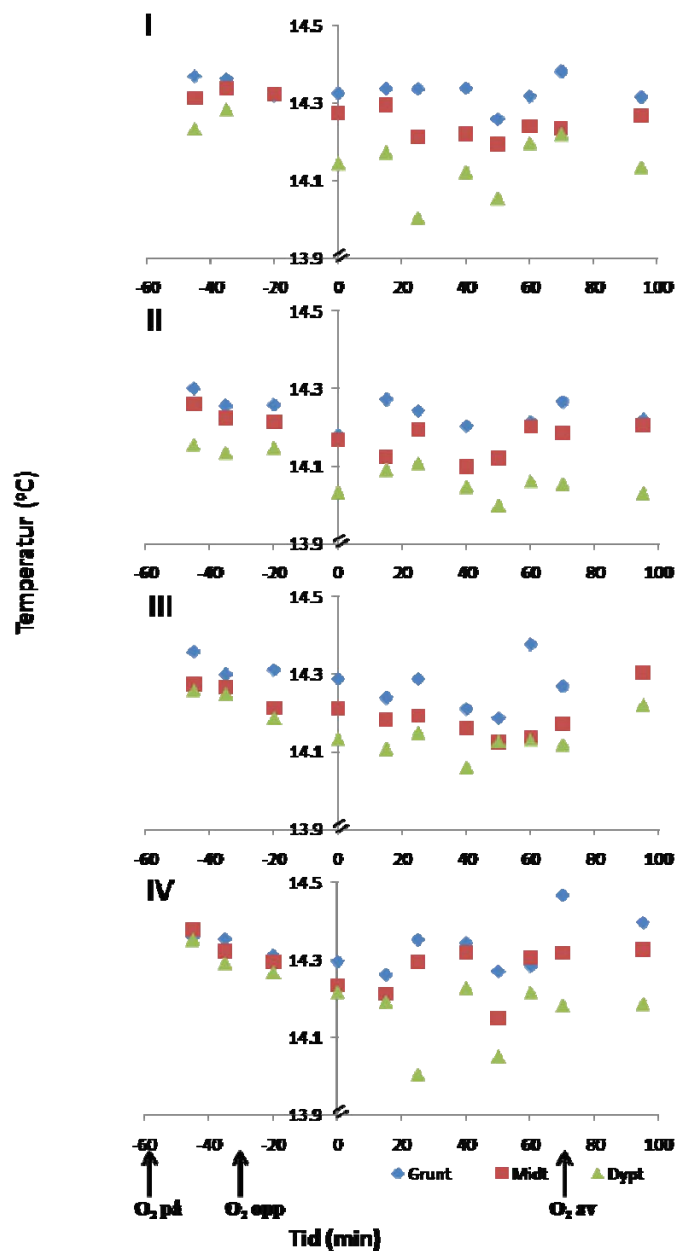
Vedlegg 1 - 12:	Figurer fra miljøregistreringer, studie 1 (HI)
Vedlegg 12 - 19:	Figurer fra miljøregistreringer, studie 2 (HI)
Vedlegg 20:	Bruk av DNA-sekvenser som sporstoff (VI)



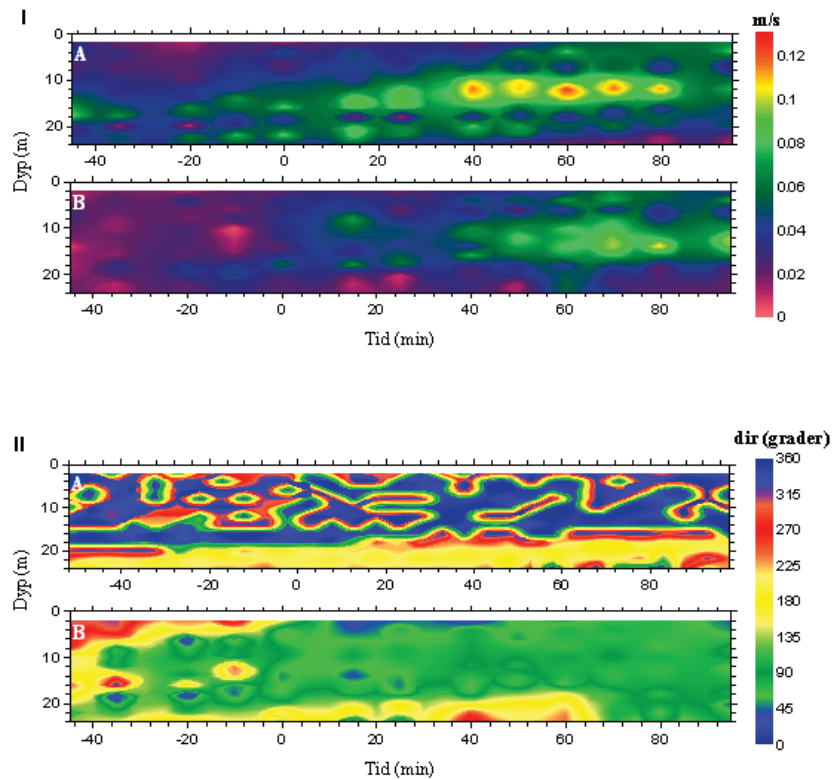
Vedlegg 1. Svømmehastighet (fiskelengde sek⁻¹) over tid dagen før selve avlusingen, på grunt (1-3 m), midt (6-8 m) og dypt (11-13 m). Studie 1



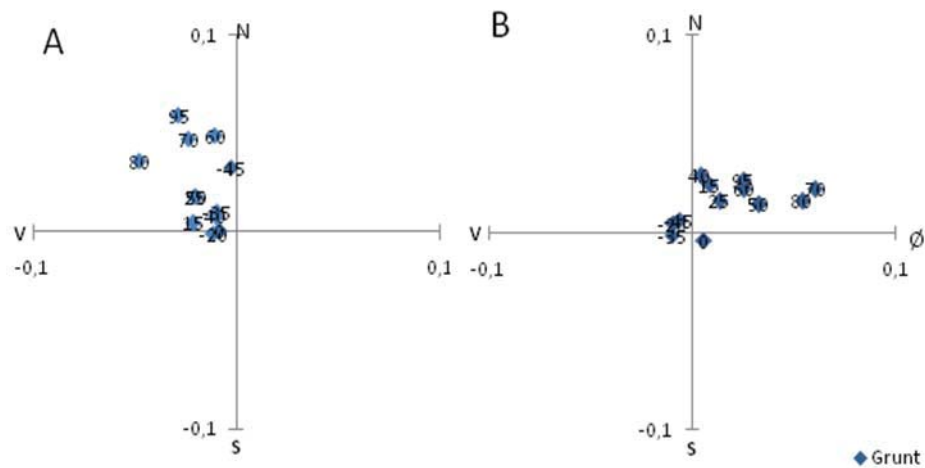
Vedlegg 2. Oksygenverdier i % DO målt i de ulike posisjonene nærmest merdkanten (I og IV) over tid. Mrk. annen vertikal akse enn Figur 15 for å se detaljer. Sorte piler indikerer når oksygenteppe ble slått på og av. Tid 0 er når legemiddelet var ferdig tilsatt. Grunt = 1-3 m, midt = 6-8 m, dypt = 11-13 m. Studie 1



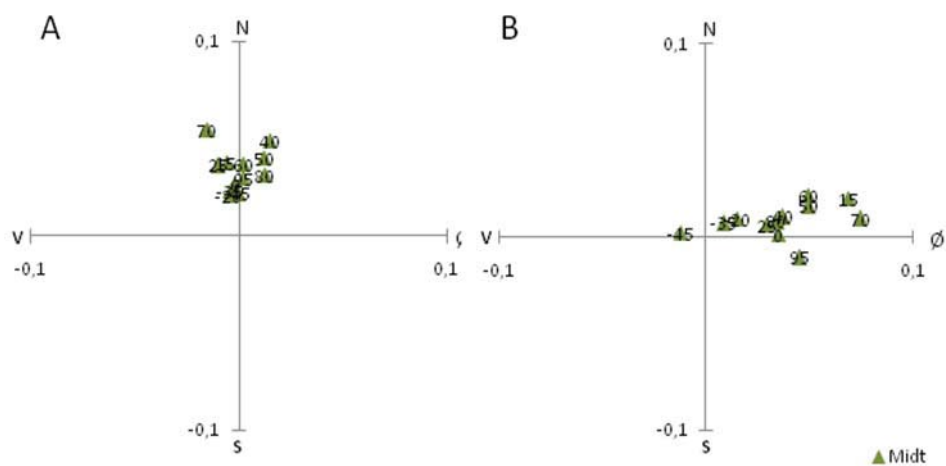
Vedlegg 3. Temperatur (°C) målt i de forskjellige posisjonene inne i merden over tid. Sorte piler indikerer når oksygenteppe ble slått på og av. Tid 0 er når legemiddelet ble tilsatt. Grunt = 1-3 m, midt = 6-8 m, dypt = 11-13 m. Studie 1



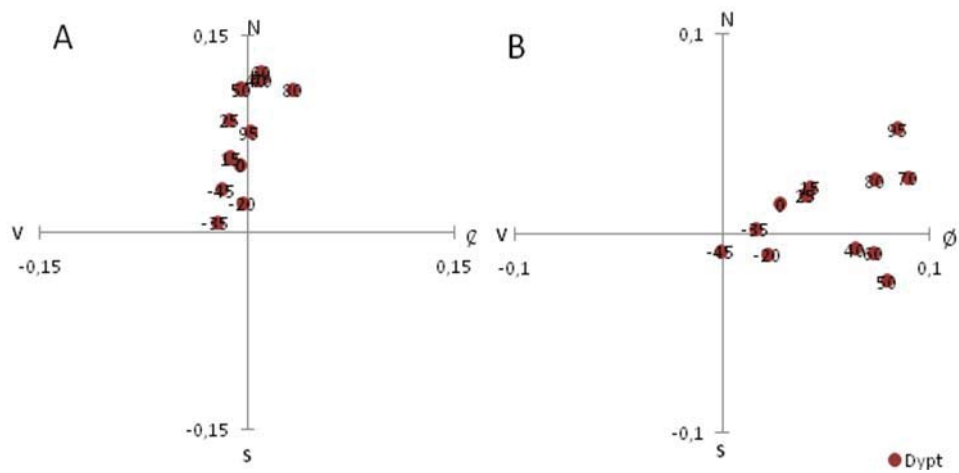
Vedlegg 4. Vannets totale strømhastighet (I) og retning (II) målt utenfor forsøksmerden, nordvest av merden (A) og sørøst av merden (B). Tid 0 er når legemiddelet var ferdig tilsatt. Skjørtet ble fjernet ved tid + 70. Studie 1



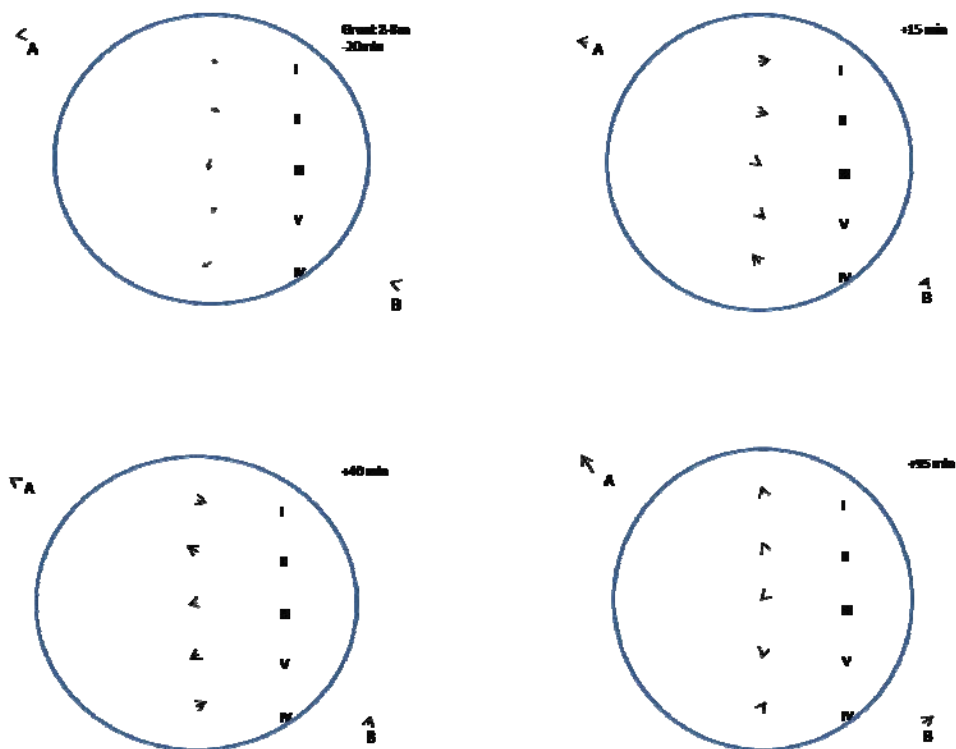
Vedlegg 5. Strømhastighet målt grunt (1-3 m) utenfor forsøksmerden, i nordvest (A) og sørøst (B). Studie 1



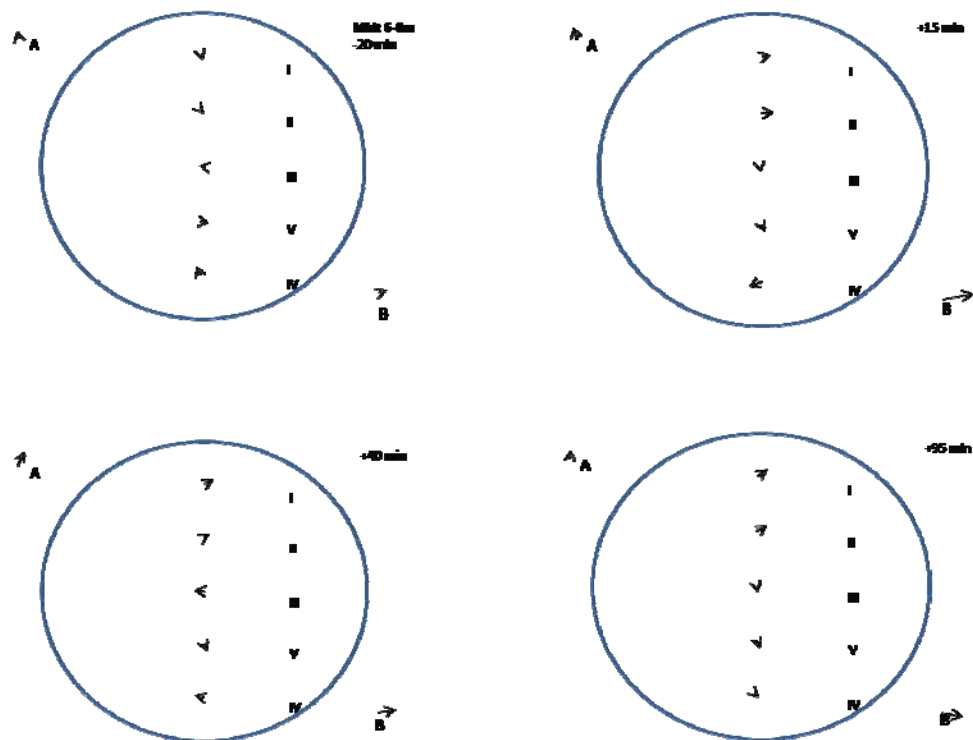
Vedlegg 6. Strømhastighet målt midt (6-8 m) utenfor forsøksmerden, i nordvest (A) og sørøst (B). Studie 1



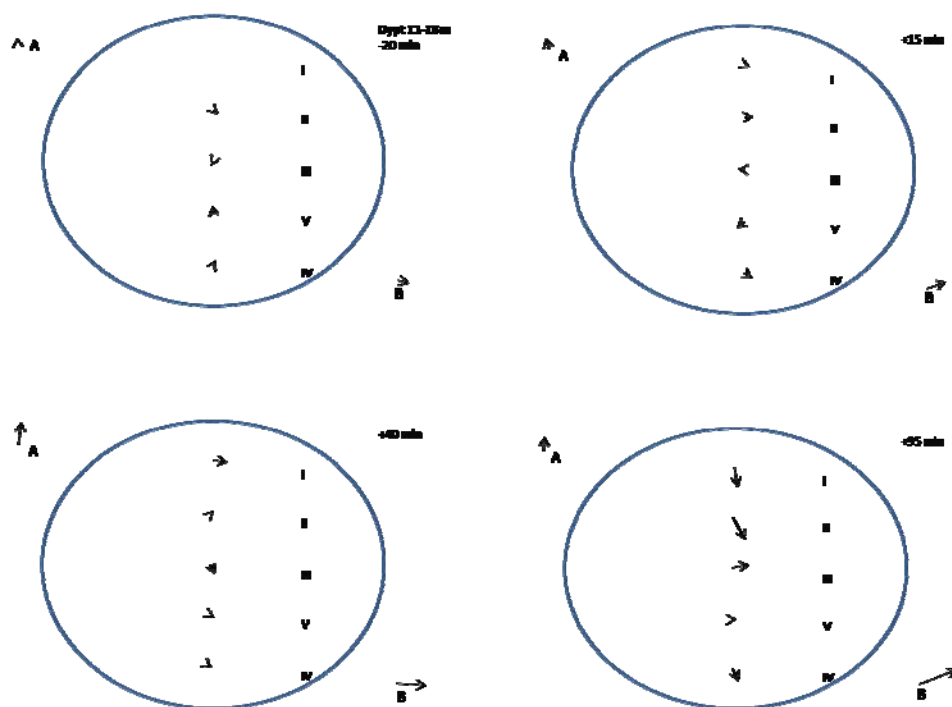
Vedlegg 7. Strømhastighet målt dypt (11-13 m) utenfor forsøksmerden, i nordvest (A) og sørøst (B). Mrk utvidet akse i A sammenlignet med alle andre dyp og posisjoner. Studie 1



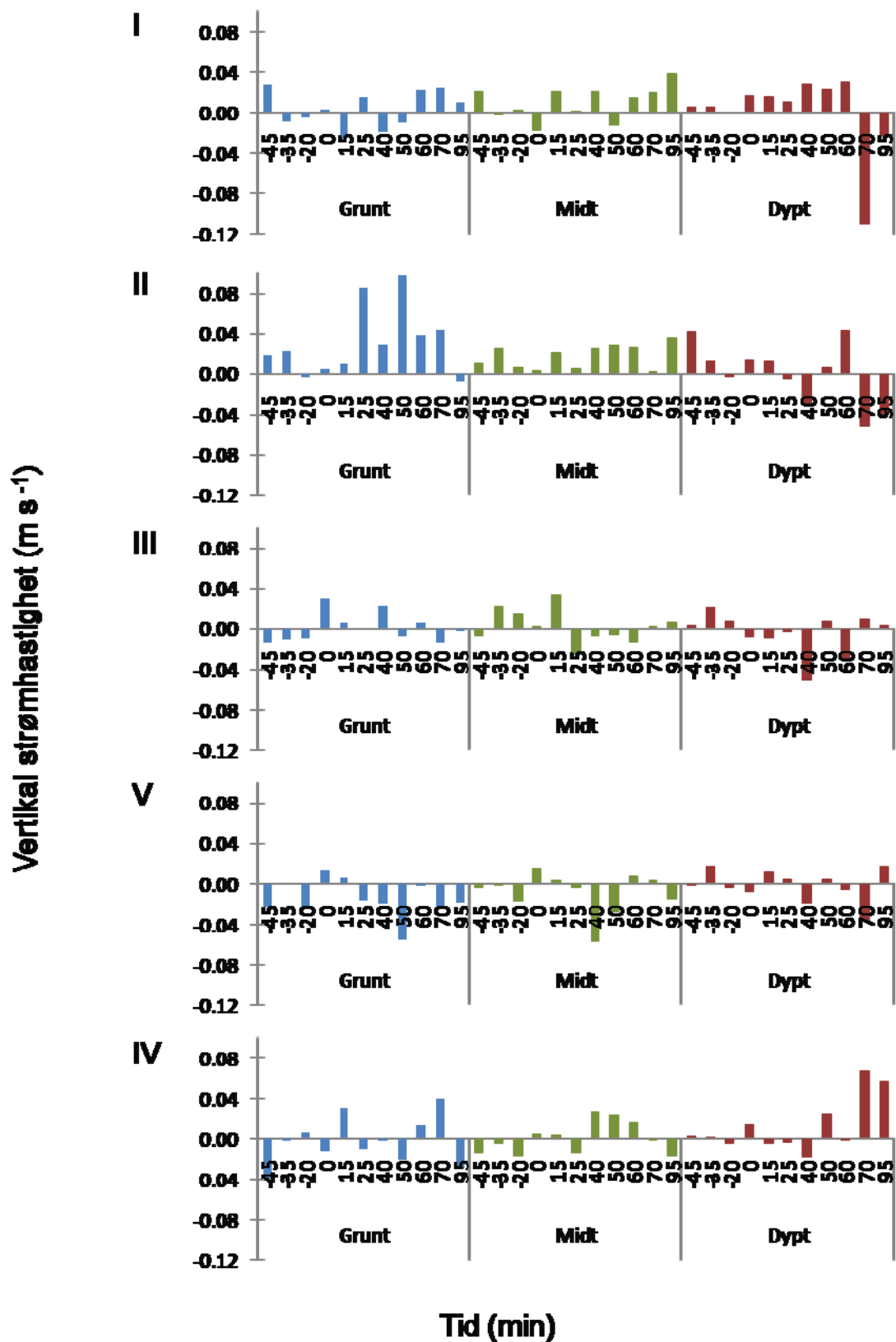
Vedlegg 8. Vannhastighet målt på 2-3 meters dyp i de forskjellige horisontale målepunktene inne i merden (I, II, III, IV, og V), samt i referansepunktene utenfor (A, B) på 4 utvalgte tidspunkt (-20, +15, +40, og +95 min) fra legemiddelet var ferdig tilsatt (tid=0). Pilene angir vannstrømmens retning og lengden på pilen angir vannstrømmens hastighet. Studie 1



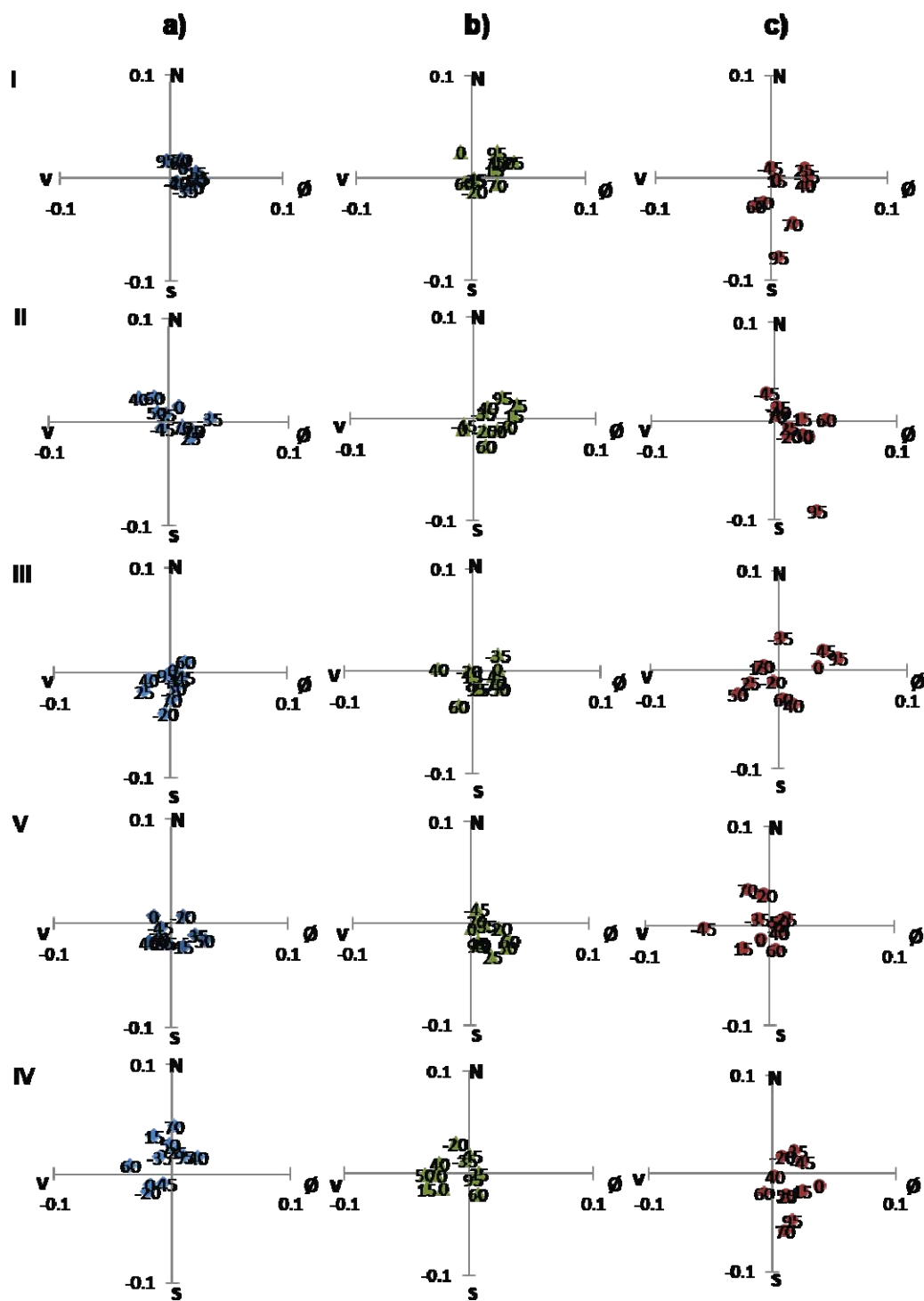
Vedlegg 9. Vannhastighet målt på 6-8 meters dyp i de forskjellige horisontale målepunktene inne i merden (I, II, III, IV, og V), samt i referansepunktene utenfor (A, B) på 4 utvalgte tidspunkt (-20, +15, +40, og +95 min) fra legemiddelet var ferdig tilsatt (tid=0). Pilene angir vannstrømmens retning og lengden på pilen angir vannstrømmens hastighet. Studie 1



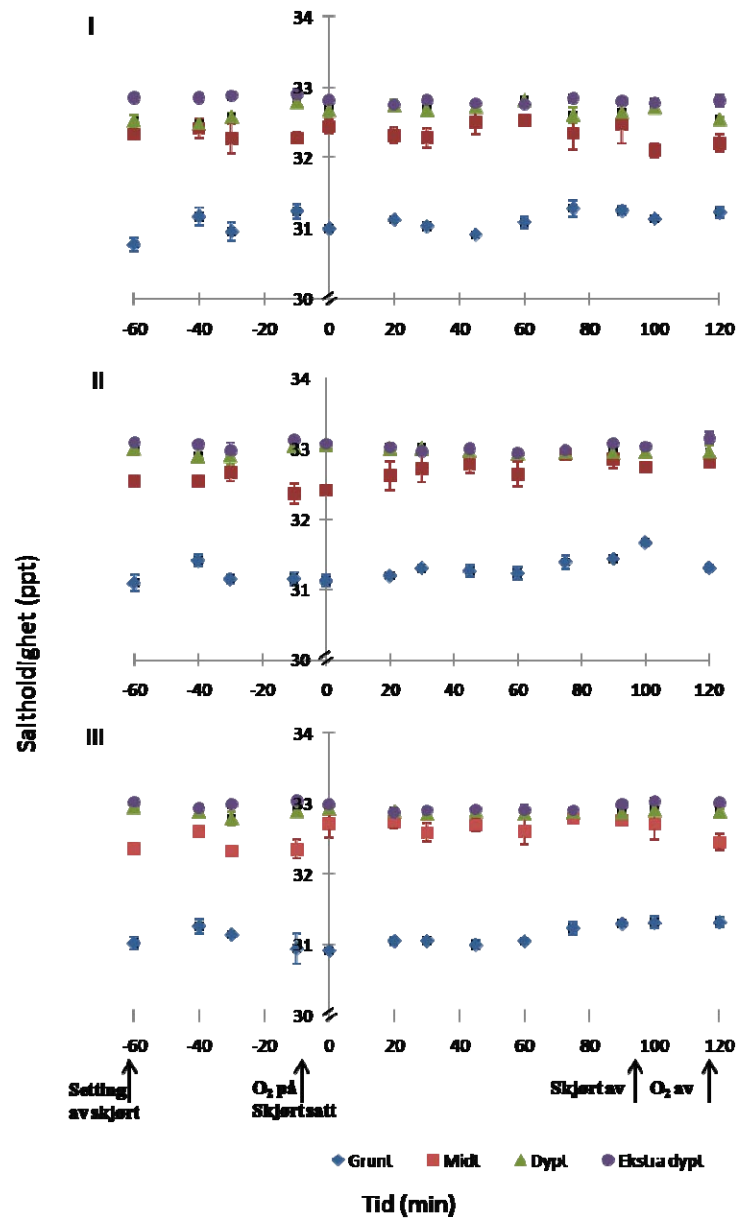
Vedlegg 10. Vannhastighet målt på 11-13 meters dyp i de forskjellige horisontale målepunktene inne i merden (I, II, III, IV, og V), samt i referansepunktene utenfor (A, B) på 4 utvalgte tidspunkt (-20, +15, +40, og +95 min) fra legemiddelet var ferdig tilsatt (tid=0). Pilene angir vannstrømmens retning og lengden på pilen angir vannstrømmens hastighet. Studie 1



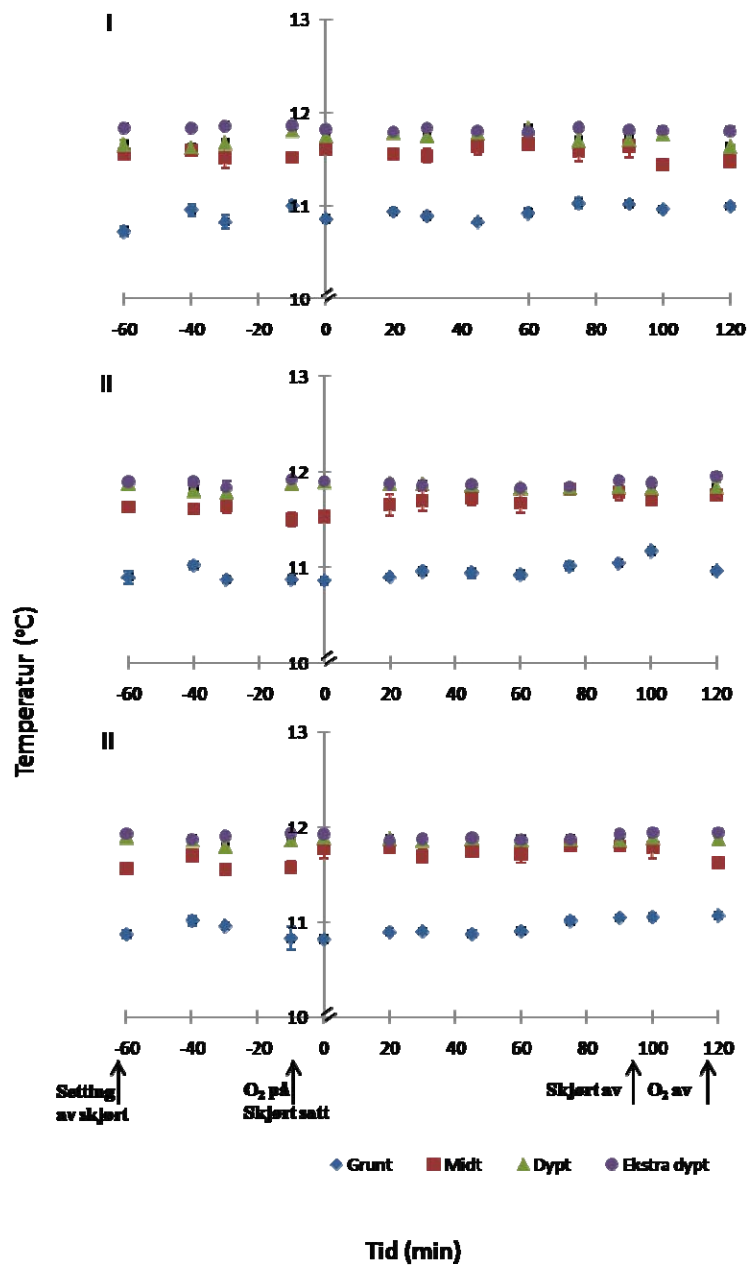
Vedlegg 11. Vertikal strømhastighet (m s⁻¹) for de forskjellige posisjonene inne i merden. Grunt = 1-3 m, Midt = 6-8 m, Dypt = 11-13 m. Tid 0 indikerer tiden da legemiddelet var ferdig tilsatt. Studie 1



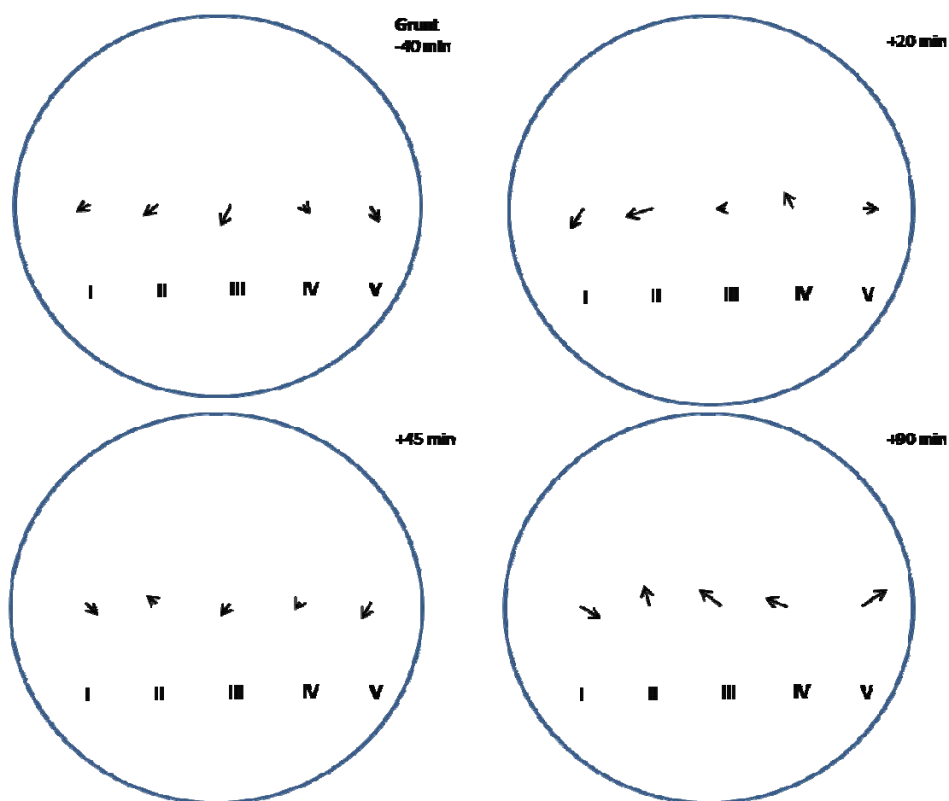
Vedlegg 12. Vannstrømmens hastighet (m s^{-1}) i de forskjellige posisjonene inne i merden på gitte tidspunkt fra legemiddelet ble tilsatt. Målingene ble tatt mellom 1-3 m (a), 6-8 m (b) og 11-13 m (c). Studie 1



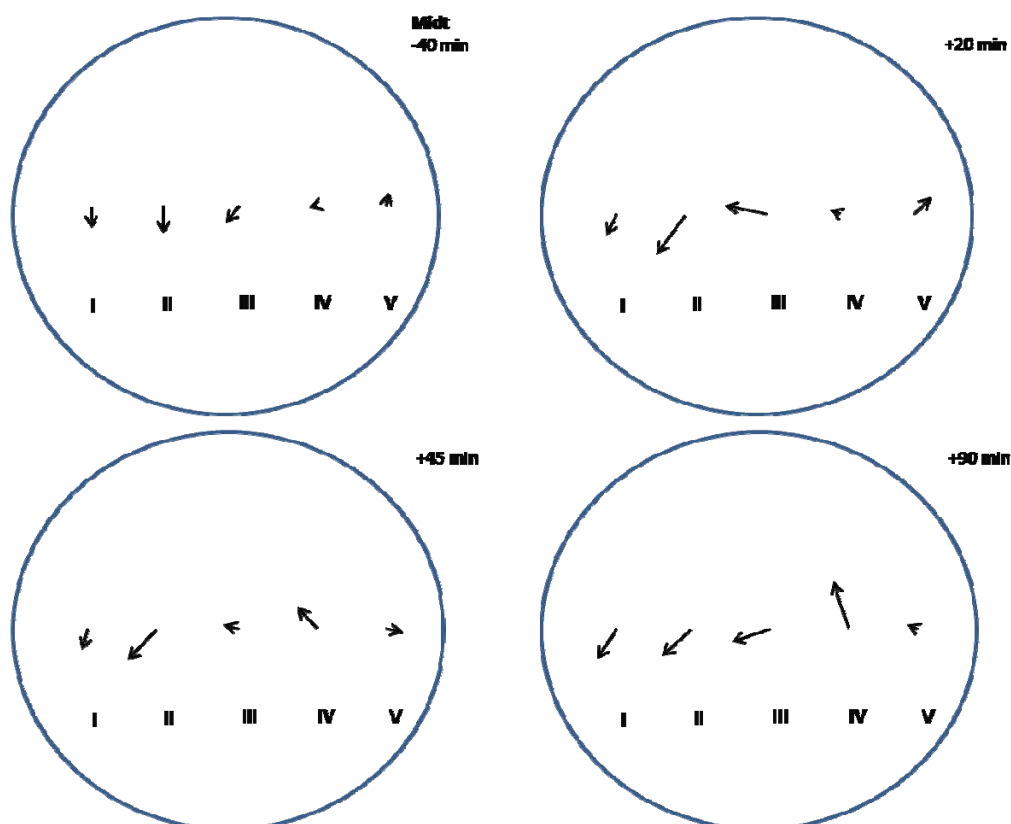
Vedlegg 13. Saltholdighet (ppt) målt i de forskjellige posisjonene inne i merden over tid. Sorte piler indikerer når oksygenristen ble slått på og av. Tid 0 er når legemiddelet var ferdig tilsatt. Grunl = 4-5 m, midt = 13-14 m, dypt = 18-19 m, og ekstra dypt = 27-28 m. Studie 2



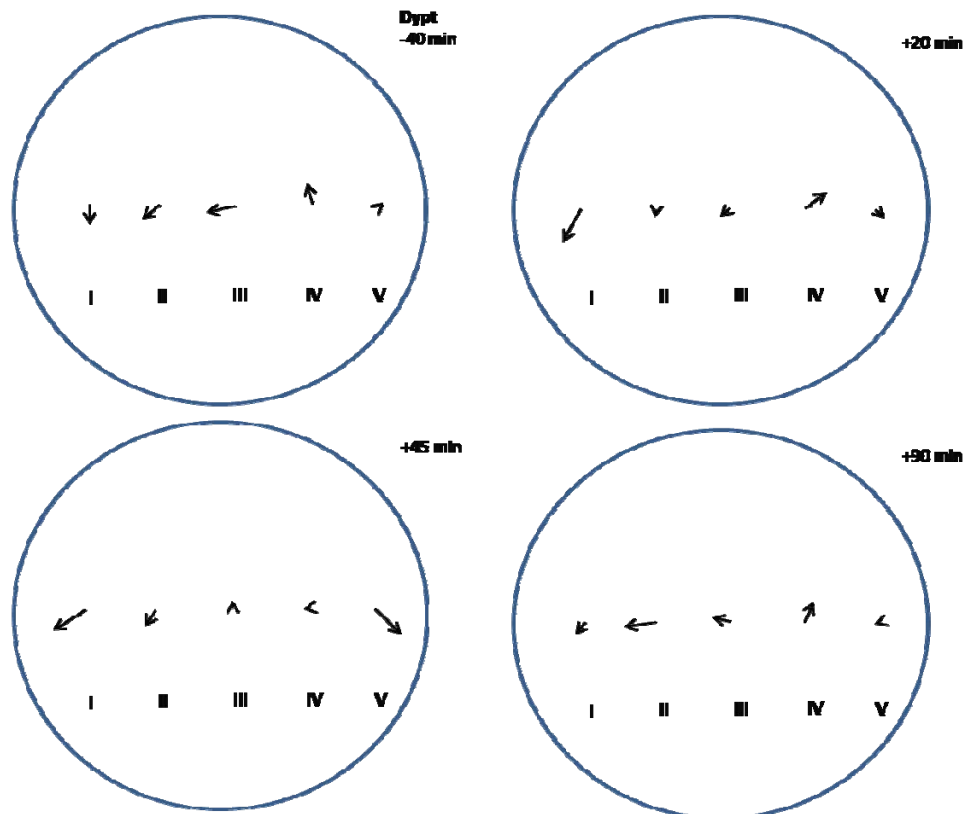
Vedlegg 14. Temperatur (°C) målt i de forskjellige posisjonene inne i merden over tid. Sorte piler indikerer når oksygenristen ble slått på og av. Tid 0 er når legemiddelet var ferdig tilsatt. Grunt = 4-5 m, midt = 13-14 m, dypt = 18-19 m, og ekstra dypt = 27-28 m. Studie 2



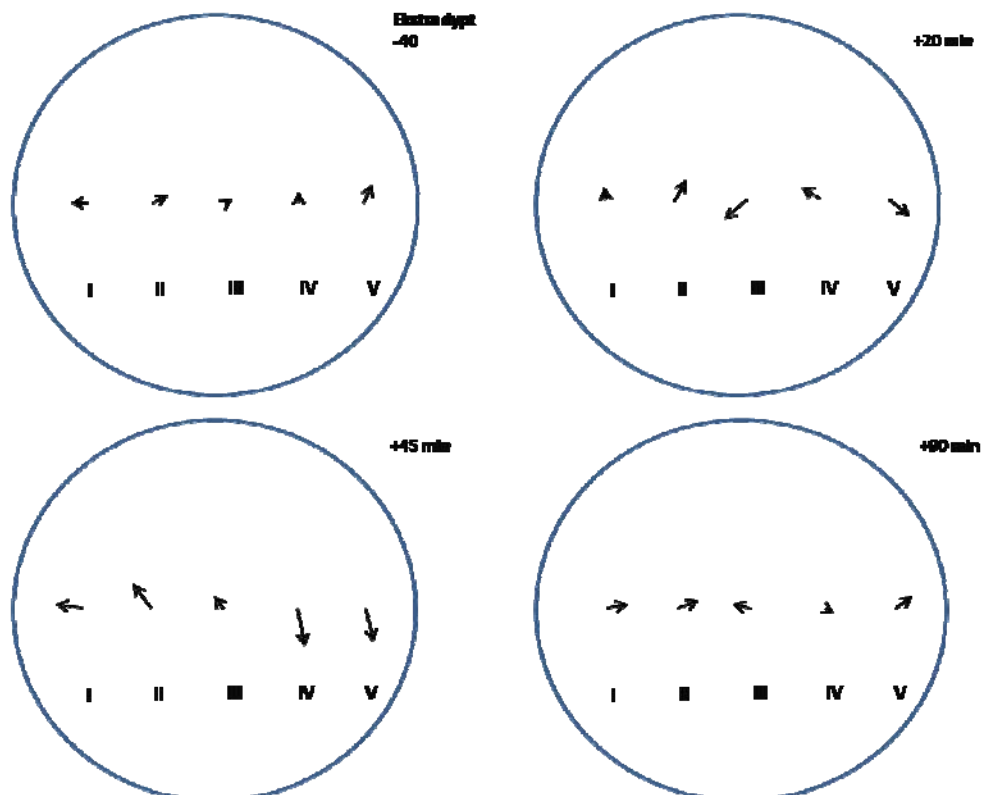
Vedlegg 15. Vannhastighet målt på 4-5 meters dyp i de forskjellige horisontale målepunktene inne i merden (I, II, III, IV, og V), på 4 utvalgte tidspunkt (-10, +20, +45, og +90 min) fra legemiddelet var ferdig tilsatt (tid=0). Pilene angir vannstrømmens retning og lengden på pilen angir vannstrømmens hastighet. Studie 2



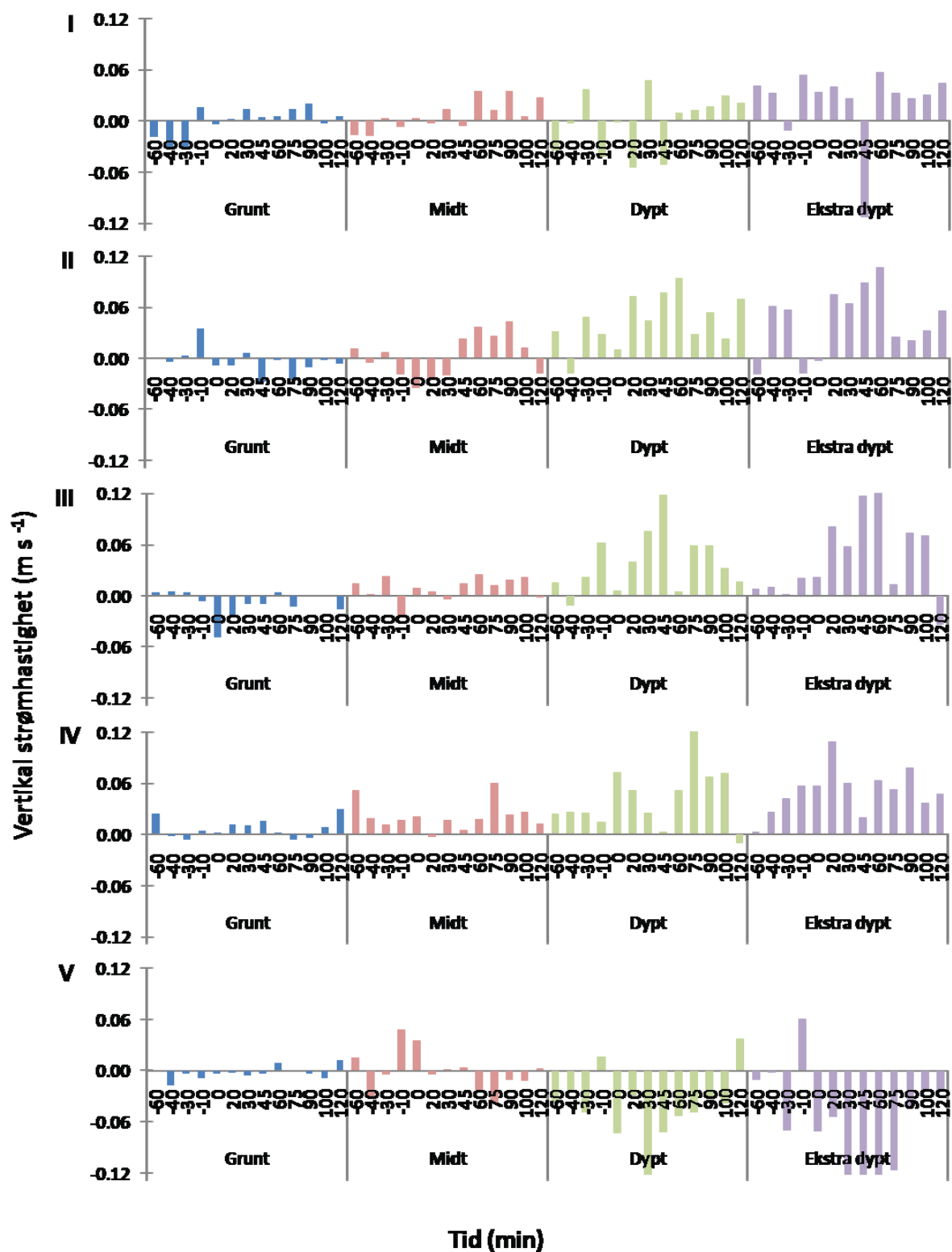
Vedlegg 16. Vannhastighet målt på 13-14 meters dyp i de forskjellige horisontale målepunktene inne i merden (I, II, III, IV, og V), på 4 utvalgte tidspunkt (-10, +20, +45, og +90 min) fra legemiddelet var ferdig tilsatt (tid=0). Pilene angir vannstrømmens retning og lengden på pilen angir vannstrømmens hastighet. Studie 2



Vedlegg 17. Vannhastighet målt på 18-19 meters dyp i de forskjellige horisontale målepunktene inne i merden (I, II, III, IV, og V), på 4 utvalgte tidspunkt (-10, +20, +45, og +90 min) fra legemiddelet var ferdig tilsatt (tid=0). Pilene angir vannstrømmens retning og lengden på pilen angir vannstrømmens hastighet. Studie 2



Vedlegg 18. Vannhastighet målt på 27-28 meters dyp i de forskjellige horisontale målepunktene inne i merden (I, II, III, IV, og V), på 4 utvalgte tidspunkt (-10, +20, +45, og +90 min) fra legemiddelet var ferdig tilsatt (tid=0). Studie 2



Vedlegg 19. Vertikal strømhastighet (m s⁻¹) for de forskjellige posisjonene inne i merden. Grunt = 4-5 m, Midt = 13-14 m, Dypt = 18-19 m, Ekstra dypt = 27-28 m. Tid 0 indikerer tiden da legemiddelet var ferdig tilsatt. Studie 2



Veterinærinstituttet er et nasjonalt forskningsinstitutt innen dyrehelse, fiskehelse og mattrygghet med uavhengig forvaltningsstøtte til departementer og myndigheter som primæroppgave. Beredskap, diagnostikk, overvåking, referansefunksjoner, rådgivning og risikovurderinger er de viktigste virksomhetsområdene.

Veterinærinstituttet har hovedlaboratorium i Oslo og regionale laboratorier i Sandnes, Bergen, Trondheim, Harstad og Tromsø, med til sammen ca. 330 ansatte.

www.vetinst.no

Tromsø

Stakkevollvn. 23 b · 9292 Tromsø
9010 Tromsø
t 77 61 92 30 · f 77 69 49 11
vitr@vetinst.no

Harstad

Havnegata 4 · 9404 Harstad
9480 Harstad
t 77 04 15 50 · f 77 04 15 51
vih@vetinst.no

Bergen

Bontelabo 8 b · 5003 Bergen
Pb 1263 Sentrum · 5811 Bergen
t 55 36 38 38 · f 55 32 18 80
post.vib@vetinst.no

Sandnes

Kyrkjeve. 334 · 4325 Sandnes
Pb 295 · 4303 Sandnes
t 51 60 35 40 · f 51 60 35 41
vis@vetinst.no

Trondheim

Tungasletta 2 · 7047 Trondheim
7485 Trondheim
t 73 58 07 27 · f 73 58 07 88
vitr@vetinst.no

Oslo

Ullevålsveien 68 · 0454 Oslo
Pb 8156 Dep. · 0033 Oslo
t 23 21 60 00 · f 23 21 60 01
post@vetinst.no

