

Strømmålinger utenfor avløpet til
Bjølve Bruk AS,
høsten 2013. Revidert rapport



R
A
P
P
O
R
T

Rådgivende Biologer AS

3357



Rådgivende Biologer AS

RAPPORT TITTEL:

Strømmålinger utenfor avløpet til Bjølve Bruk AS, høsten 2013. Revidert rapport.

FORFATTER:

Thomas Tveit Furset

OPPDRAKSGIVER:

Alsaker Fjordbruk AS

OPPDRAGET GITT:

2. mars 2021

FELTARBEIDET UTFØRT:

oktober – november 2013

RAPPORT DATO:

10. mars 2021

RAPPORT NR:

3357

ANTALL SIDER:

23

ISBN NR:

Ikke nummerert

EMNEORD:

- Avløp i sjø
- Vannutskifting
- Strømmålinger

- Hydrografi
- Sediment
- Tilstand

RÅDGIVENDE BIOLOGER AS

Bredsgården, Bryggen, N-5003 Bergen

Foretaksnummer 843667082-mva

Internett : www.radgivende-biologer.no

E-post: post@radgivende-biologer.no

Telefon: 55 31 02 78

Telefax: 55 31 62 75

Forsidefoto: Foto av anlegget på Bjølvefossen. Fra Alsaker Fjordbruk AS.

FORORD

Rådgivende Biologer AS utførte i 2013 på oppdrag fra Alsaker Fjordbruk AS en MOM B-undersøkelse og strømmålinger utenfor avløpet til settefiskanlegget Bjølve Bruk AS (Bjølvefossen lok. nr 12172) i Ålvik i Kvam herad i Hordaland. Resultatene ble rapportert samlet i Rådgivende Biologer AS rapport 1812 (Furset 2013).

Det er nå et ønske om å skille ut resultatene fra strømmålingen i en egen rapport. Denne rapporten presenterer således resultatene fra strømmålingene utenfor avløpet utført i perioden 23. oktober – 20. november 2013. Det er ikke gjort nye analyser eller vurderinger, resultater og diskusjon er kun kopiert inn i ny rapport.

Rådgivende Biologer AS takker Alsaker Fjordbruk AS v/Kristian Råsberg for oppdraget.

Bergen, 10. mars 2021.

INNHold

Forord.....	3
Innhold	3
Sammendrag.....	4
Område- og lokalitetsbeskrivelse	5
Metode.....	7
Resultat.....	10
Sjiktning og hydrografi	10
Strømmålinger.....	12
Vurdering av tilstand.....	19
Referanser.....	22
Om Gytre strømmålere.....	23

SAMMENDRAG

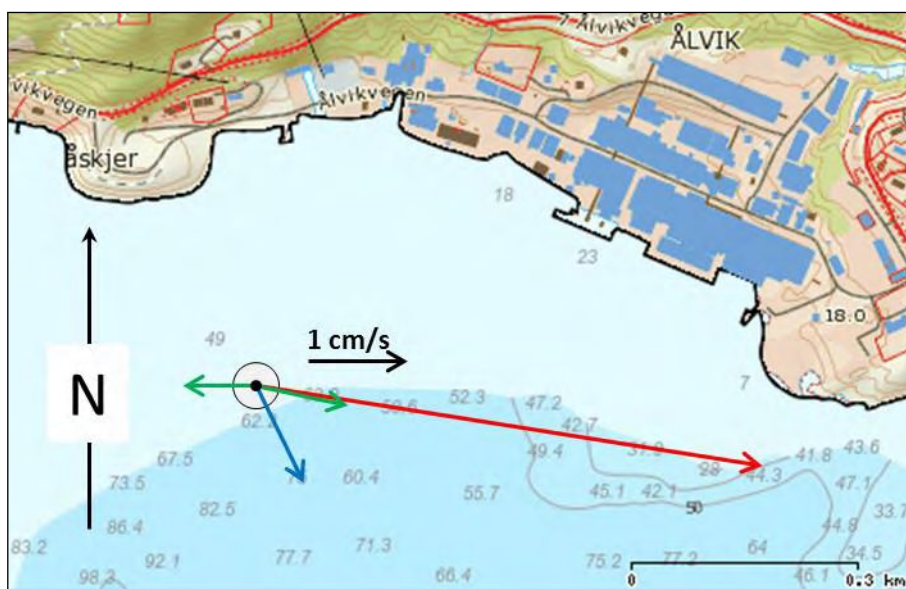
Furset, T. T. 2021.

Strømmålinger utenfor avløpet til Bjølvefossen AS, høsten 2013. Revidert rapport. Rådgivende Biologer AS, rapport 3357, 23 sider.

Rådgivende Biologer AS utførte i 2013 på oppdrag fra Alsaker Fjordbruk AS strømmålinger og en MOM B-undersøkelse utenfor avløpet til settefiskanlegget Bjølvefossen i Ålvik i Kvam herad for å vurdere miljøpåvirkningen ved utslippet. Strømmålingene ble utført i perioden 23. oktober – 20. november 2013, og måling av hydrografi ble utført 20. november 2013. Denne rapporten er en revidert sammenstilling som kun inneholder resultater fra strømmålingene.

Bjølve Bruk AS har en årlig produksjon på rundt 500 tonn (oppdatert 2021), og hovedutslippet går rensert ut på ca 20 meters dyp ca 30 meter fra land via en 630 mm PEH ledning. Fra avløpet skråner bunnen skrått nedover mot til vel 100 meters dyp ca 650 m fra land. Herfra dybdes det til 200 m dyp ca 1 km fra land, før bunnen stuper ned til 750 m dyp ca 1,6 km fra land. Indre Samlafjorden er den dypeste delen av Hardangerfjorden.

Det var tilfredstillende vannutskiftingsforhold utenfor avløpet til Bjølvefossen, med middels sterk overflatestrøm, svak spredningsstrøm og svært svak bunnstrøm. Gjennomsnittlig hastighet var henholdsvis 5.2, 1.7 og 1.1 cm/s på 5, 25 og 59 meters dyp. I overflaten på 5 m dyp var strømretningen relativt stabil mot øst (**figur 1**). På 25 m dyp varierte strømretningen en del, og vekslet hovedsakelig mellom øst og vest. På 59 m dyp var strømretningen unormalt stabil, og det antas at strømmåleren har ligget inntil en hindring slik at den ikke har kunnet snu seg med strømmen. Strømforholdene er tilstrekkelige til å sikre en god spredning av organisk materiale fra anlegget, der en i oksygenrike vannmasser året rundt kan forvente en effektiv og god omsetning av organisk materiale fra avløpets nærområde og utover i resipienten.



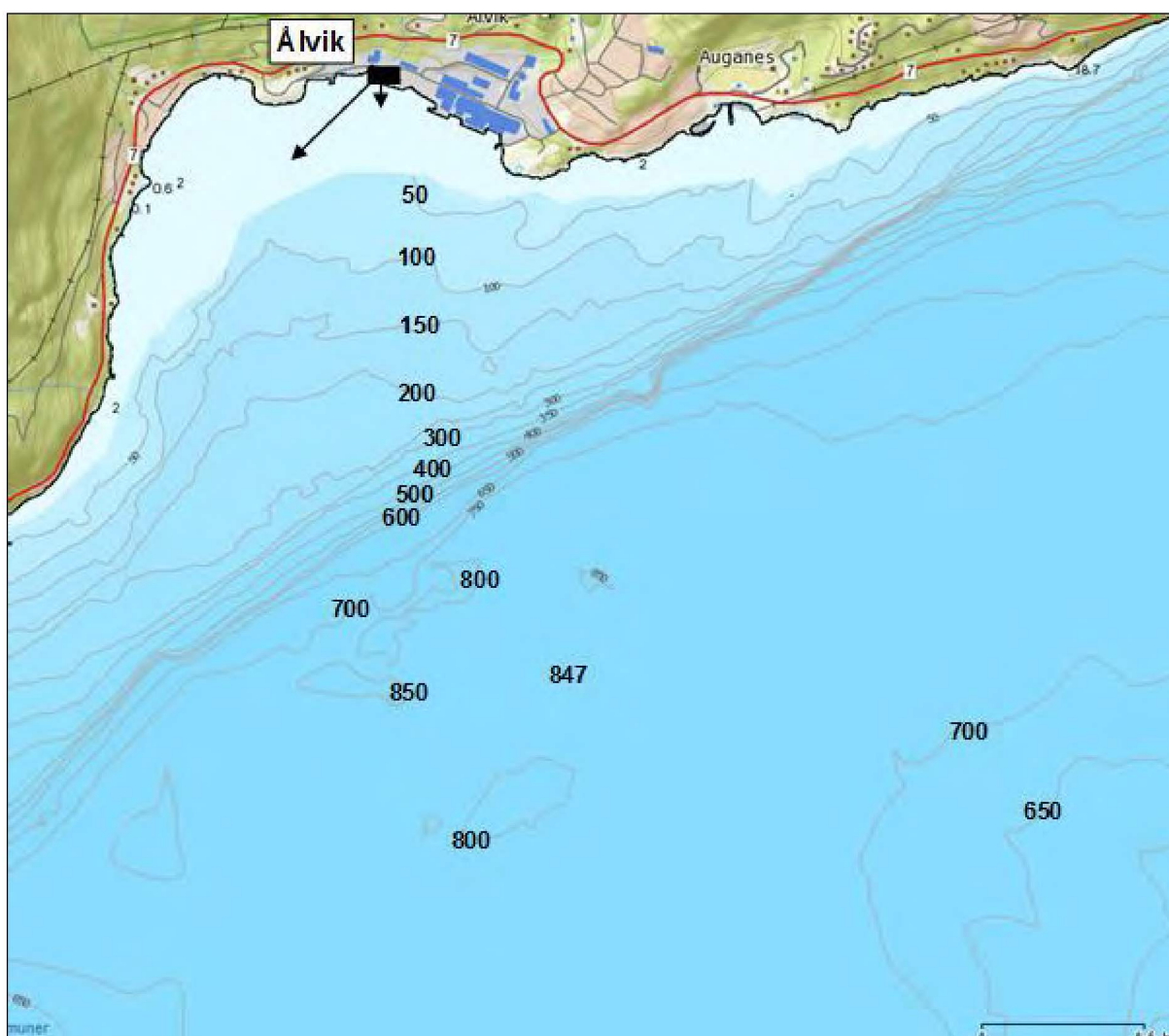
Figur 1. Skisse over hovedstrømretning og strømstyrke på 5 m (rød), 25 m (grønn) og 59 m dyp (blå) i Ålvik utenfor avløpet til settefiskanlegget Bjølvefossen. Kartgrunnlaget er hentet fra Kystverkets nettsider: <http://kart.kystverket.no/>.

OMRÅDE- OG LOKALITETSBESKRIVELSE

Resipienten Hardangerfjorden

Hardangerfjorden er resipient for utslippene fra Bjølve Bruk AS. Anlegget ligger åpent og sørvendt ut mot Indre Samlafjorden og har to etablerte utslipp til sjø rundt 30 m fra land (630 mm ledningen) og 300 m fra land (160 mm ledningen) på henholdsvis 20 og 50 m dyp (**figur 3**).

Fra avløpene dybdes det først middels bratt nedover til 100 meters dyp rundt 650 meter fra land. Herfra dybdes det videre nedover til 200 m dyp vel en km fra land før det dybdes bratt nedover til rundt 750 meters dyp 1,6 km fra land, og midt ute i fjorden rundt 2,6 km sør for anlegget er det rundt 800 m dypt (**figur 2**).



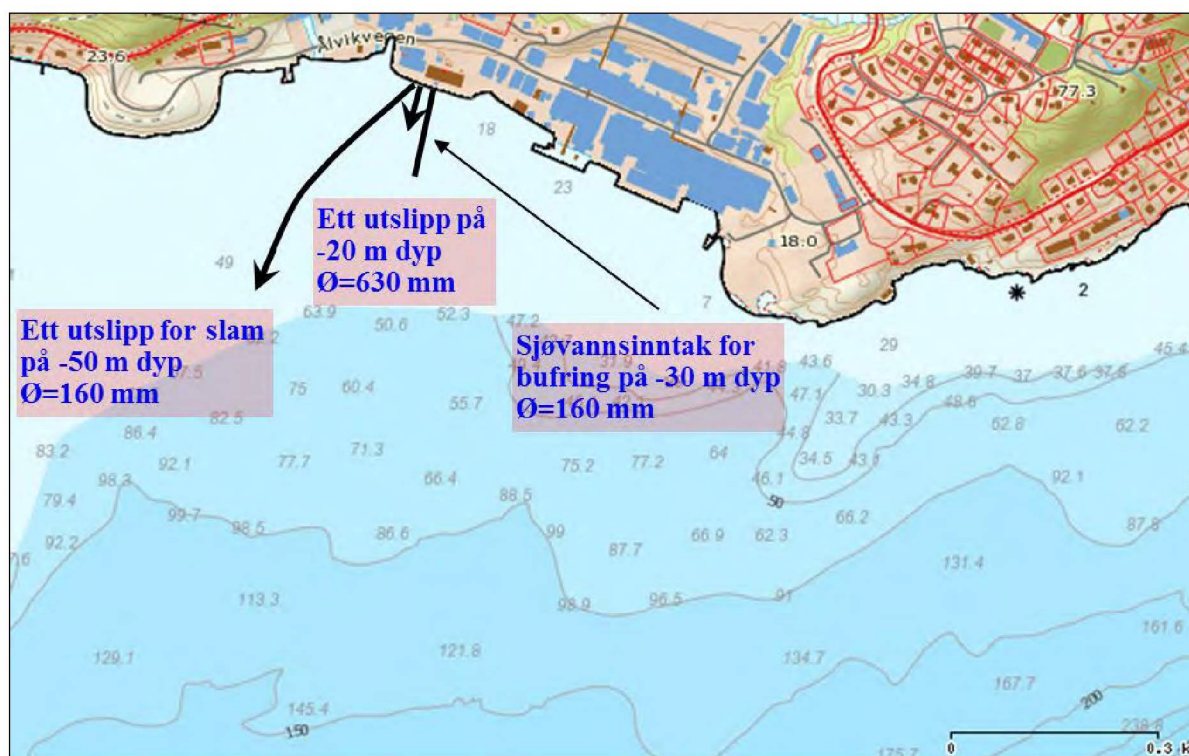
Figur 2. Enkelt dybdekart over Samlafjorden med plassering av anlegget og utslippssted like utenfor. En har angitt dybdeforholdene i Samlafjorden utenfor settefiskanlegget (fra <http://kart.fiskeridir.no/adaptive/>).

Samlafjorden er den dypeste delen av Hardangerfjorden, med dybder på vel 850 meter, og fjorden er over 800 meter dyp i ca 25 kilometers lengde fra Ålvik til Jondal. Det er høyst sannsynlig at det er meget god vannutskifting i overflaten. Anlegget har sitt utslipp i tilknytning til en svær og dyp resipient med tilnærmet uavgrenset resipientkapasitet, som er lite sårbar for organiske tilførsler.

Avløp til sjø

Bjølve Bruk AS har siden 2008 hatt en årlig produksjon på rundt 250 tonn (økt til 500 tonn per 2021). Settefiskanlegget har tidligere hatt sitt utslipp gjennom en 630 mm ledning som ligger på omtrent 20 meters dybde i Hardangerfjorden, like utenfor anlegget (**figur 3**). Det er nå etablert en pumpestasjon med kaien like ved anlegget. I forbindelse med utvidelsen og det nye utslippsarrangementet, er det etablert renseanlegg med Hydrotech filtre på hele avløpet. Slammet føres med en delstrøm av utslippet til 50 meters dyp via 160 mm ledningen og vil ikke ha gjennomslag til overflaten. Det rensete avløpsvannet med en kapasitet på omtrent 30 m³/min slippes i dag ut i overflaten, men det arbeides med en løsning som på sikt skal gjøre det mulig å slippe det rensete avløpsvannet ut via dagens 630 mm ledning på 20 meters dyp.

Anlegget gikk gjennom en oppgradering i 2019, der ny inntakskum og avløpskum for ny avdeling ble etablert. Sjøvannsinntak er lagt ned på -70 meter med en ca 400 m lang ledning på Ø = 800 mm.



Figur 3. Anlegget har ett utslipp på 20 m dyp i Hardangerfjorden for renset avløpsvann, og et nytt utslipp for slam på rundt 50 meters dyp i fjorden. Det ble i 2019 lagt et nytt sjøvannsinntak på 70 meters dyp (ikke inntegnet).

METODE

STRØMMÅLINGER

I perioden 23. oktober – 20. november 2013 var det utplassert tre Gytte Strømmålere (modell SD-6000 produsert av Sensordata A/S i Bergen) i posisjon N 60°25,702' / Ø 06°25,033' i en rigg like utenfor utslippet i Ålvik (**figur 4**). Det ble målt overflatestrøm på 5 meters dyp, spredningsstrøm på 25 meters dyp og bunnstrøm på 59 meters dyp. Riggeren var forankret til bunnen med to betonglodd og en dregg på omtrent 50 kg til sammen. Riggeren stod nedsenket og var ikke synlig fra overflaten. Det var festet to trålkuler av plast i tauet en meter over den øverste og en trålkule over den nederste strømmåleren for å sikre tilstrekkelig oppdrift og stabilitet på riggeren i sjøen. For å hindre at riggeren skulle drive vekk ble det festet et stramt tau fra dreggen og inn til land på land. Det ble registrert strømhastighet, strømreretning og temperatur hvert 30. minutt. Det var ca 60 meter til bunnen der strømmåleren stod, på relativt slakt skrånende bunn.

RESULTATPRESENTASJON

Resultatene av målinger av strømhastighet og strømreretning er presentert hver for seg, og kombinert i **progressiv vektoranalyse**.

Et **progressivt vektorplott** er en figurstrek som blir til ved at man tenker seg en merket vannpartikkel som er i strømmålerens posisjon ved målestart og som driver med strømmen og tegner en sti etter seg som funksjon av strømstyrke og retning. (kryssene i diagrammet viser beregnet posisjon fra hvert startpunkt ved hvert døgnskifte). Når måleperioden er slutt har man fått en lang, sammenhengende strek, der **vektoren** blir den rette linjen mellom start- og endepunktet på streken. Dersom man deler lengden av denne vektoren på lengden av den faktiske linjen vannet har fulgt, får man **Neumann parameteren**. Neumann parameteren forteller altså noe om stabiliteten til strømmen i vektorretningen. Vinkelen til vektoren ut fra origo, som er strømmåleren sin posisjon, blir kalt resultatretningen. Dersom strømmen er stabil i vektorretningen, vil figurstreken være relativt rett, og verdien av Neumann parameteren vil være høy. Er strømmen mer ustabil i denne retningen er figurstreken mer «bulkete» i forhold til vektorretningen, og Neumann parameteren får en lav verdi. Verdien av Neumann parameteren vil ligge mellom 0 og 1, og en verdi på for eksempel 0,80 vil si at strømmen i løpet av måleperioden rant med 80 % stabilitet i vektorretningen, noe som er en svært stabil strøm.

Vanntransporten (relativ fluks) er også en funksjon av strømstyrke og strømreretning, og her ser man hvor mye vann som renner gjennom en rute på 1 m² i hver 15 graders sektor i løpet av måleperioden. Når man regner ut relativ fluks tar man utgangspunkt i alle målingene for strømstyrke i hver 15 graders sektor i løpet av måleperioden. For hver måling innen en gitt sektor multipliserer man strømhastigheten med tidslengden, dvs. hvor lenge målingen var gjort innen denne sektoren. Her må man også ta hensyn til om tidsserien inneholder strømmålinger med forskjellig styrke. Summen av disse målingene i måleperioden gir relativ fluks for hver 15 graders sektor. Relativ fluks er svært informativ og forteller hvordan vannmassene blir transportert som funksjon av strømfart og – retning på lokaliteten.



Figur 4. Sjøområdet i Ålvik utenfor Bjølv Bruk AS sitt settefiskanlegg Bjølvfossen. Slamledningen fra anlegget markert med svart strek, og stiplet sirkel angir område som ble undersøkt. Rød stjerne angir posisjon for strømrigg og sondeprofiler (WGS 84 N 60°25.702 / Ø 6°25.033).

KLASSIFISERING AV STRØMMÅLINGENE

Rådgivende Biologer AS har utarbeidet et klassifiseringssystem for overflatestrøm, vannutskiftingsstrøm, spredningsstrøm og bunnstrøm med hensyn på de tre parametrene gjennomsnittlig strømhastighet, retningsstabilitet og innslag av strømsvake perioder (**tabell 1**). Klassifiseringssystemet er utarbeidet på grunnlag av resultater fra strømmålinger med Gytte Strømmåler (modell SD-6000) på ca 60 lokaliteter for overflatestrøm, 150 lokaliteter for vannutskiftingsstrøm og 70 lokaliteter for spredningsstrøm og bunnstrøm.

I denne sammenheng blir strømmen målt på 5 m dyp klassifisert og vurdert som overflatestrøm, strømmen målt på 25 m dyp blir klassifisert og vurdert som spredningsstrøm, mens strømmen ved bunnen på 59 m dyp blir klassifisert og vurdert som bunnstrøm.

Tabell 1. Rådgivende Biologer AS klassifisering av ulike forhold ved strømmålingene, basert på fordeling av resultatene i et omfattende erfaringsmateriale fra Vestlandet. Strømsvake perioder er definert som strøm svakere enn 2 cm/s i perioder på 2,5 timer eller mer.

Tilstandsklasse gjennomsnittlig strømhastighet	I svært sterk	II sterk	III middels sterk	IV svak	V svært svak
Overflatestrøm (cm/s)	> 10	6,6 - 10	4,1 - 6,5	2,0 - 4,0	< 2,0
Vannutskiftingsstrøm (cm/s)	> 7	4,6 - 7	2,6 - 4,5	1,8 - 2,5	< 1,8
Spredningsstrøm (cm/s)	> 4	2,8 - 4	2,1 - 2,7	1,4 - 2,0	< 1,4
Bunnstrøm (cm/s)	> 3	2,6 - 3	1,9 - 2,5	1,3 - 1,8	< 1,3
Tilstandsklasse andel strømsvake	I svært lite	II lite	III middels	IV høy	V svært høy
Overflatestrøm (%)	< 5	5 - 10	10 - 25	25 - 40	> 40
Vannutskiftingsstrøm (%)	< 10	10 - 20	20 - 35	35 - 50	> 50
Spredningsstrøm (%)	< 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	> 80
Bunnstrøm (%)	< 25	25 - 50	50 - 75	75 - 90	> 90
Tilstandsklasse retningsstabilitet	I svært stabil	II stabil	III middels stabil	IV lite stabil	V svært lite stabil
Alle dyp (Neumann parameter)	> 0,7	0,4 - 0,7	0,2 - 0,4	0,1 - 0,2	<0,1

HYDROGRAFI

Temperatur, oksygen- og saltinnhold i vannsøylen ble målt til bunns like ved utslippet 23. oktober og 20. november, ved hjelp av en SAIV STD/CTD modell SD204 nedsenkbar sonde som logget hvert 2. sekund.

RESULTAT

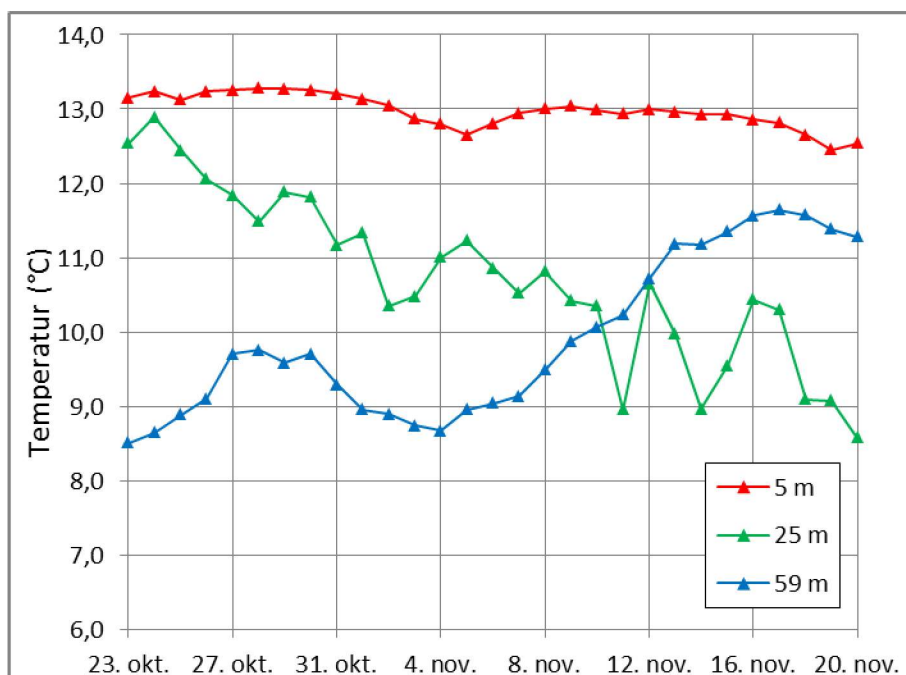
SJIKTNING OG HYDROGRAFI

Temperaturmålingene er foretatt om høsten. I deler av måleperioden var det mye vind, og lufttemperaturen var jamt synkende gjennom perioden. Det var periodevis raske temperatursvingninger over kort tid, noe som nok primært skyldes vertikalforskyving av vannmasser med ulik temperatur, vekslende værforhold og varierende temperatur i måleperioden (**figur 5**). Døgnmiddeltemperaturen på 5 m dyp var relativt stabil, men falt totalt fra 13,1 °C ved målestart til 12,5 °C den 20. november. Minimums- og maksimumstemperatur i måleperioden var 13,3 °C. Døgnvariasjonen i temperatur varierte mellom 0,3 og 4,3 °C på 5 m dyp i måleperioden (ikke vedlagt rapporten).

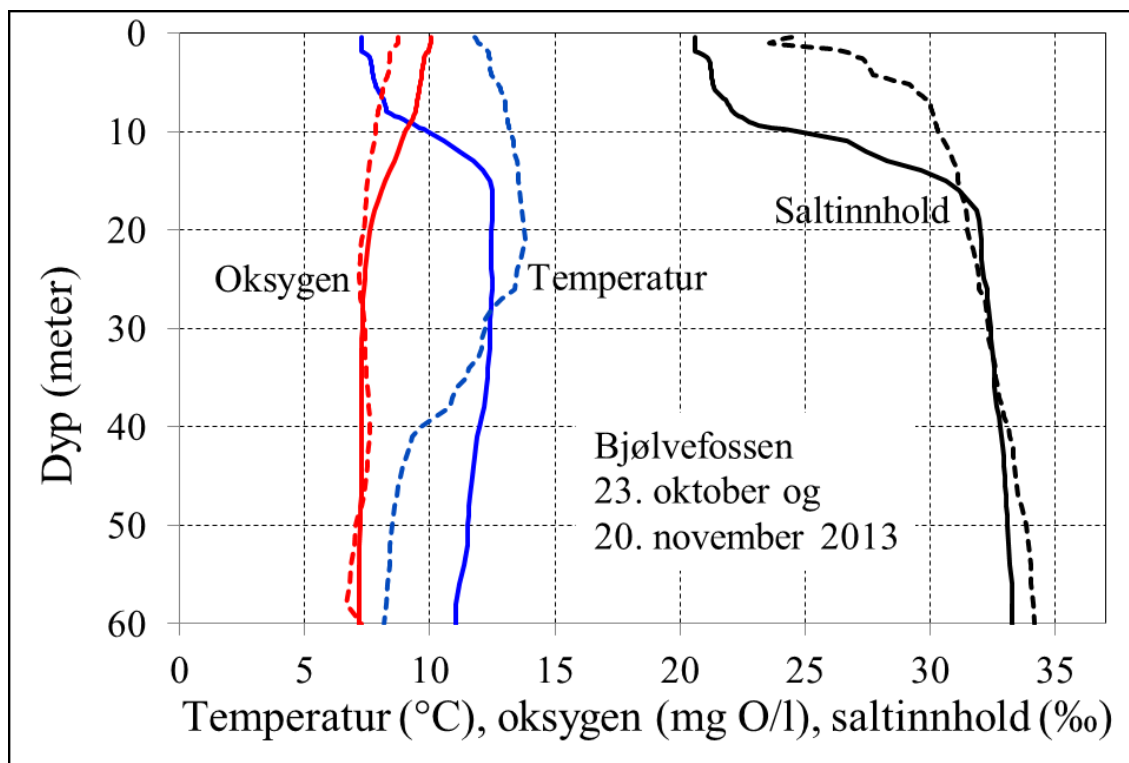
På 25 m dyp var temperaturen i måleperioden synkende. Døgnmiddeltemperaturen på 25 m dyp falt fra 12,5 °C ved målestart til 8,6 °C den 20. november, med en minimums- og maksimumstemperatur på henholdsvis 12,9 og 8,6 °C. Døgnvariasjonen i temperatur varierte mellom 0,1 og 1,7 °C på 25 m dyp i måleperioden.

På 59 m dyp var temperaturen jamt stigende i måleperioden. Døgnmiddeltemperaturen steg fra 8,5 °C ved målestart til 11,3 °C den 20. november, med en minimums- og maksimumstemperatur på henholdsvis 8,5 og 11,6 °C. Døgnvariasjonen i temperatur varierte mellom 0,4 og 1,0 °C i måleperioden.

Figur 5. Døgnmidler for temperatur målt på 5 m dyp (rød strek), 25 m dyp (grønn strek) og 59 m dyp (blå strek) i Ålvik i perioden 23. oktober – 20. november 2013.



Ved utsett og opptak av strømmålere 23. oktober og 20. november 2013 ble det målt temperatur-, oksygen- og saltinnhold i vannsøylen like utenfor avløpet til Bjølve Bruk AS (**figur 4**). Målingene fra 23. oktober viste at det gikk et sjikt mellom 10 og 18 m dyp, med økende saltinnhold og temperaturer på dette dypet (**figur 6**). Avrenning fra elver i fjordsystemet hadde da resultert i et kaldt overflatelag med lav saltholdighet. Ved opptak av strømmålerne var dette ferskvannslaget mye grunnere, og vær og vind hadde da ført til en omrøring og varmere vann i øvre deler av vannsøylen. Videre utover vinteren vil denne omrøringen fortsette og de hydrografiske forholdene i vannsøylen vil bli relativt homogene.



Figur 6. Temperatur-, saltinnhold- og oksygenprofiler utenfor avløpet i Ålvik målt den 23. oktober (heltrukne linjer) og 20. november (stiplede linjer) 2013.

Den 23. oktober var temperaturen 7,3 °C i overflaten, og svakt stigende til 8,3 °C på 8 m dyp. Videre steg temperaturen til 12,5 °C på 16 m dyp, før den var stabilt synkende mot bunnen der det var 11,0 °C på 60 m dyp. Den 20. november var temperaturen 11,8 °C i overflaten, og den steg svakt ned til 21 m dyp der den var 13,8 °C. Videre sank temperaturen til 9,6 °C på 40 m dyp, og det var mindre variasjoner ned til bunnen der den var 8,2 °C.

Saltinnholdet var 20,6 ‰ i overflaten den 23. oktober, og det økte til 22,8 ‰ på 9 m dyp. Saltinnholdet økte raskt til 31,9 ‰ på 18 m dyp, og økte svakt videre til 33,3 ‰ ved bunnen på 60 m dyp. Ved opptak av strømmålerne 20. november var saltinnholdet 24,5 ‰ i overflaten, og det økte raskt til 30 ‰ på 7 m dyp. Videre økte saltinnholdet jamt ned til bunnen der det var 34,2 ‰.

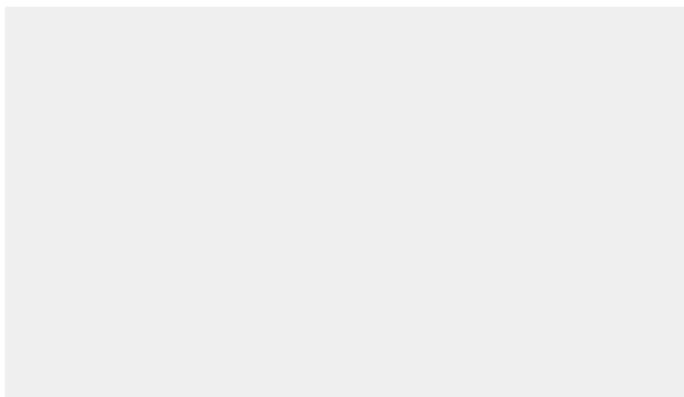
Oksygeninnholdet var 23. oktober normalt høyt for årstiden i overflatelaget med 10,0 mg O/l i overflaten tilsvarende en metning på 99 %. Videre nedover i vannsøylen falt oksygeninnholdet til 7,6 mg O/l (91 %) på 20 m dyp, og innholdet var relativt stabilt ned til bunnen på 60 m dyp der det var 7,1 mg O/l (80 %). Ved opptak av strømmålerne 20. november var oksygeninnholdet noe lavere i overflaten, men det var hadde endret seg svært lite i vannsøylen siden 23. oktober.

OVERSIKT OVER STRØMFORHOLDENE I ÅLVIK.

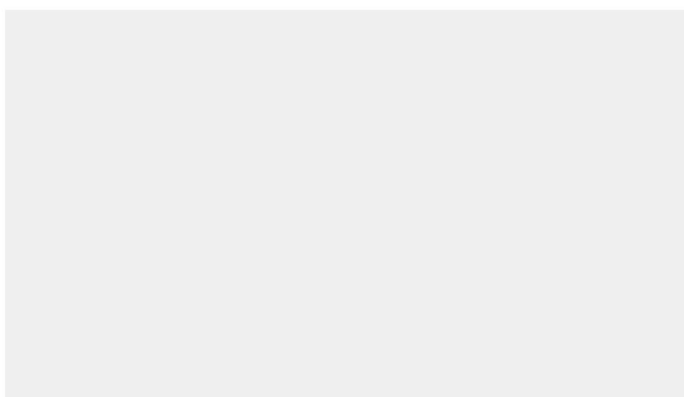
STRØMHASTIGHET

Strømmen øverst i vannsøylen utenfor Ålvik så i stor grad ut til å være tidevannsdrevet i mesteparten av måleperioden, der en hadde 2-3 strømtopper i døgnet og korte perioder med svakere strøm innimellom strømtoppene ved tidevannskifte, men utslagene var periodevis små eller fraværende på 25 m dyp. På 59 m dyp var det ingen tydelig effekt av tidevann, men episodene med strøm var bra sammenfallende med strømmen på 25 m dyp. På 5 m dyp så det ut til at det var en økning i strømkraft i form av mer sammenhengende strøm rundt nymåne 3. november og fullmåne 17. november, men dette var ikke like tydelig på de to dypeste måledypene. Det var mye dårlig vær med mye vind og raske og hyppige lufttrykksendringer i måleperioden, som nok påvirket strømhastigheten (**figur 9**).

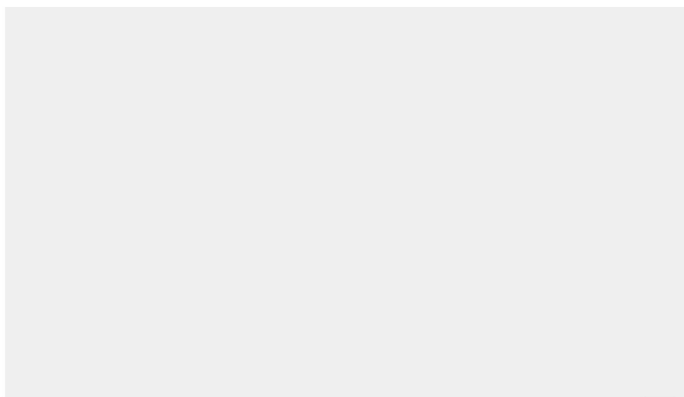
Overflatestrømmen på 5 meters dyp utenfor Bjølvefossen i Ålvik var middels sterk og hadde en gjennomsnittlig hastighet på 5,2 cm/s. Målingene av strømkraft viste flest målinger av strøm i intervallet mellom 1 og 3 cm/s (ca 23 %), og en noe jevn fordeling av strøm i de ulike intervallene mellom 3 og 25 cm/s, og noen registreringer av strøm over 25 cm/s. 21 % av målingene viste helt strømsstille forhold (strøm på 1 cm/s eller mindre, **figur 8**). Den maksimale strømhastigheten ble målt til 39,6 cm/s i østlig retning (**figur 10**).



Det ble målt svak spredningsstrøm på 25 m dyp, med en gjennomsnittlig strømhastighet på 1,7 cm/s. Målingene av strømkraft viste flest målinger av strøm i intervallet mellom 1 og 3 cm/s (ca 23 %), og relativt jevnt avtagende frekvens av strøm i de ulike intervallene mellom 3 og 15 cm/s (**figur 8**). 65 % av målingene viste helt strømsstille forhold. Den maksimale strømhastigheten ble målt til 12,8 cm/s i østlig retning (**figur 10**).



Det ble målt svært svak bunnstrøm på 59 m dyp, med en gjennomsnittlig strømhastighet på 1,1 cm/s. Andelen målinger av strømkraft i intervallet mellom 1 og 3 cm/s var ca 11 %, og det var kun noen få registreringer av strøm i intervallene mellom 3 og 8 cm/s (**figur 8**). Rundt 89 % av målingene viste helt strømsstille forhold. Den maksimale strømhastigheten ble målt til 5,6 cm/s i sørøstlig retning (**figur 10**).



Figur 8. Fordeling av strømhastighet utenfor Bjølvefossen på 5, 25 og 59 m dyp i perioden 23. oktober – 20. november 2013.

5
m



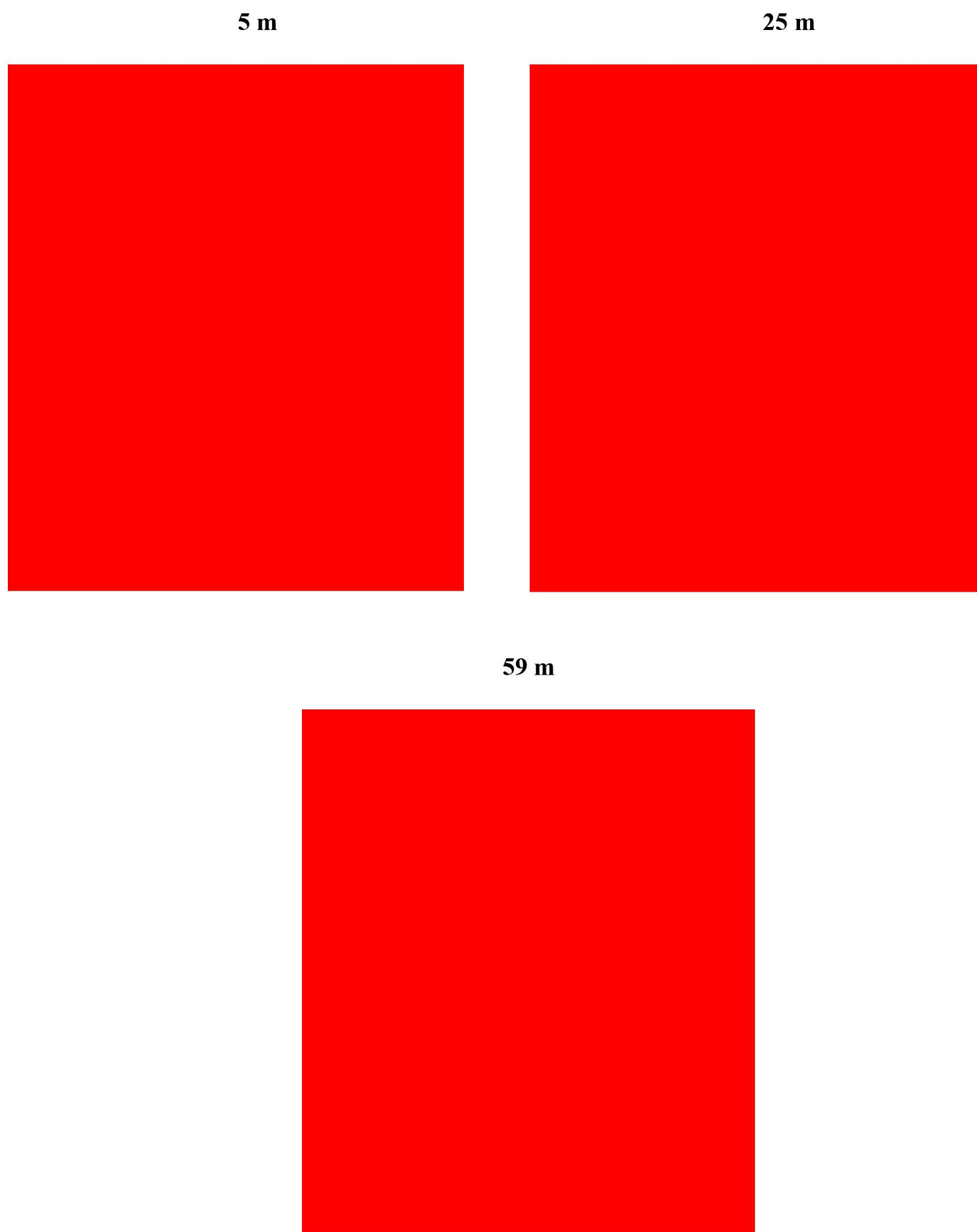
25
m



59
m



Figur 9. Strømhastighet ved Bjølvefossen i Ålvik på 5, 25 og 59 m dyp i perioden 23. oktober – 20. november 2013.



Figur 10. Maksimal strømhastighet for hver 15° sektor på målestedet ved Bjølvefossen i Ålvik på 5, 25 og 59 m dyp i perioden 23. oktober – 20. november 2013.

STRØMSTILLE PERIODER

På 5 m dyp var det ”middels” innslag av strømstille perioder i løpet av måleperioden. Til sammen ble det registrert 112 timer av totalt 671 timer (16,7 %) med tilnærmet strømstille (under 2 cm/s i perioder på 2,5 timer eller mer). Ser en på enkeltmålingene gitt i **tabell 3**, ble det i løpet av måleperioden registrert til sammen 24 perioder på 2,5 timer eller mer med strømstille, og de to lengste periodene var på henholdsvis 11,5 og 8,5 timer.

På 25 m dyp var det ”høyt” innslag av strømstille perioder i løpet av måleperioden. Til sammen ble det registrert 464 timer av totalt 671 timer (69,2 %) med tilnærmet strømstille. Ser en på enkeltmålingene gitt i **tabell 3**, ble det i løpet av måleperioden registrert til sammen 53 perioder på 2,5 timer med strømstille, og de to lengste periodene var på henholdsvis 54 og 25 timer.

På 59 m dyp var det ”svært høyt” innslag av strømstille perioder i løpet av måleperioden. Til sammen ble det registrert 656,5 timer av totalt 671 timer (97,8 %) med tilnærmet strømstille. Ser en på enkeltmålingene gitt i **tabell 3**, ble det i løpet av måleperioden registrert til sammen 12 perioder på 2,5 timer med strømstille, og de to lengste periodene var på henholdsvis 181 og 242,5 timer.

Tabell 3. Beskrivelse av strømstille utenfor avløpet oppgitt som antall observerte perioder av en gitt lengde med strømhastighet mindre enn 2 cm/s. Lengste strømstille periode er også oppgitt. Måleintervallet er 30 min på 5, 25 og 59 meters dyp, og målingene er utført i perioden 23. oktober – 20. november 2013.

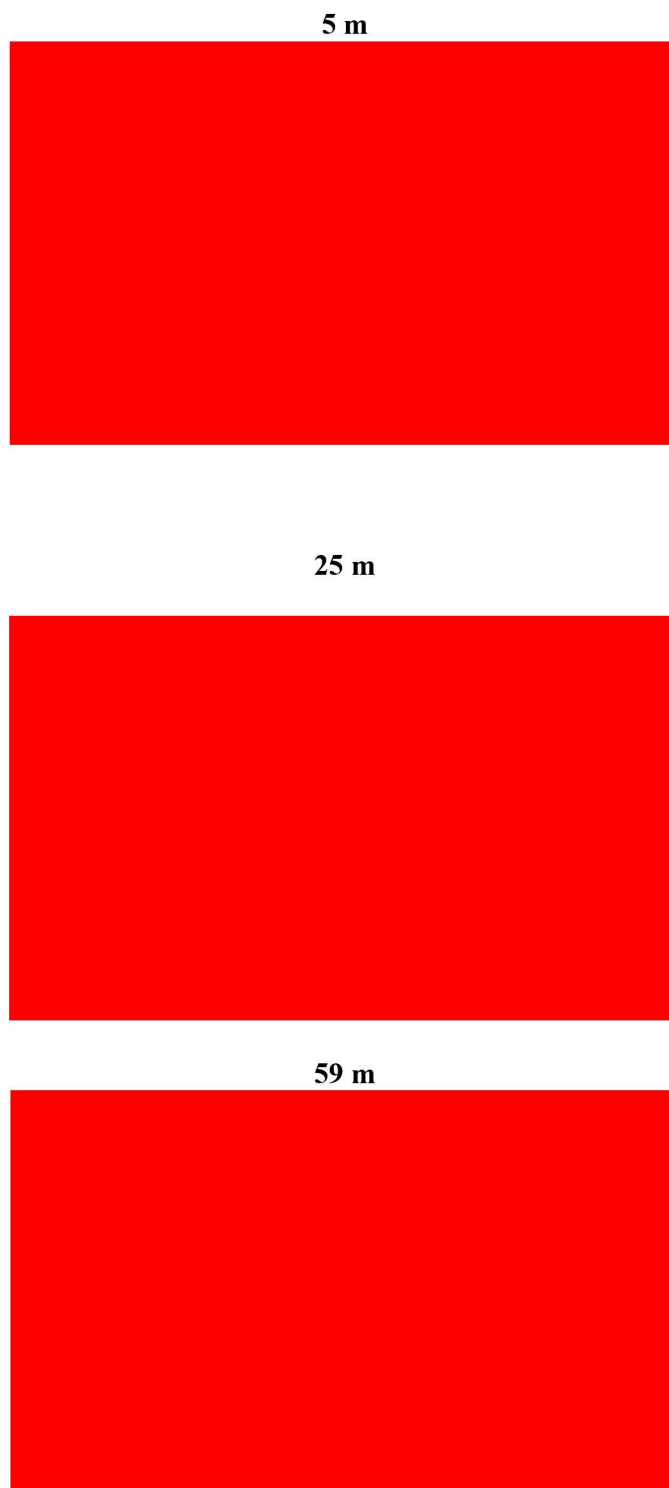
Dyp	0,5-2 t	2,5-6 t	6,5-12 t	12,5-24 t	24,5-36 t	36,5-48t	48,5-60t	60,5-72t	> 72 t	Maks
5 m	113	18	6							11,5
25 m	48	29	11	11	1		1			54
59 m	4	3	4		1			1	3	242,5

STRØMRETNING OG VANNTRANSPORT

Strømretningen og vanntransporten i overflaten på 5 m dyp gikk mest i østlig retning innover fjorden, med svært lite retur vanntransport ut fjorden i vestlig retning (**figur 11**). Neumann-parameteren, dvs. stabiliteten til strømmen i østlig resultantretning (101°) var 0,442, dvs at strømmen var ”stabil” i denne retningen (**tabell 2**). Strømmen rant altså i løpet av måleperioden med 42 % stabilitet i østlig retning. Det progressive vektorplottet viser at strømmen gikk mot vest det første døgnet, og ut måleperioden gikk den i all hovedsak mot øst men med korte perioder der den snudde mot vest (**figur 12**).

Strømretningen og vanntransporten på 25 m dyp gikk også mest i østlig retning innover fjorden, men her var det mye retur vanntransport ut fjorden i vestlig retning (**figur 11**). Neumannparameteren var 0,114 i østlig resultantretning (96°), dvs at strømmen var ”lite stabil” i denne retningen (**tabell 2**). Det progressive vektorplottet viser da også at strømmen ofte skiftet retning i løpet av de to første ukene, og den den var noe mer stabil de siste ti dagene men fortsatt med mye retningsendringer (**figur 12**).

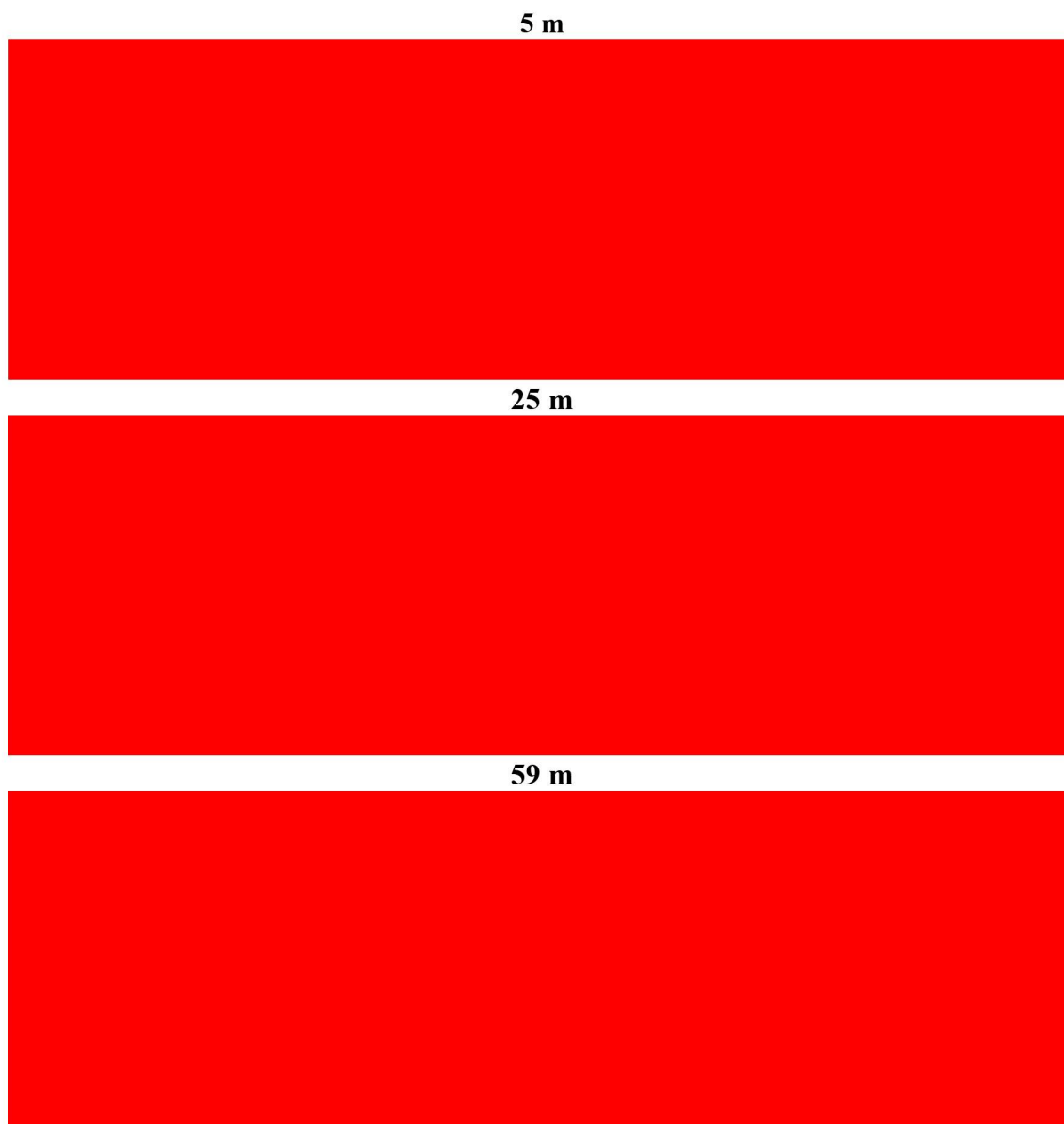
Strømretningen og vanntransporten på 59 m dyp viste en unormalt stor overvekt i sørsørøstlig retning (**figur 11**). Det kan se ut til at måleren har vært fysisk hindret i å snu seg med strømretningen. Neumann-parameteren var 0,996 i sørsørøstlig resultantretning (149°), dvs at strømmen var ”svært stabil” i denne retningen (**tabell 2**). Det progressive vektorplottet viser da også at strømmen knapt skiftet retning i måleperioden (**figur 12**).



Figur 11. Strømroser som viser fordelingen av henholdsvis vanntransport og antall målinger (strømretning) for hver 15. grad for måleresultatene ved Bjølvefossen i Ålvik på 5, 25 og 59 m dyp i perioden 23. oktober – 20. november 2013.

Tabell 4. Beskrivelse av hastighet, varians, stabilitet, og retning til strømmen i Ålvik på 5, 25 og 59 m dyp i perioden 23. oktober – 20. november 2013.

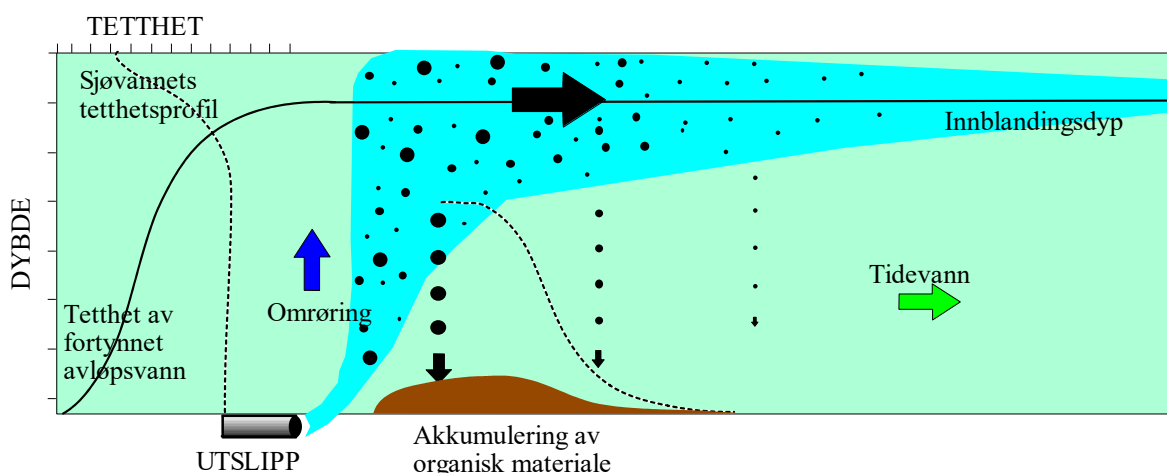
Måledyp	Middel hastighet (cm/s)	Varians (cm/s) ²	Neumann- parameter	Resultant retning
5 meter	5,2	4,802	0,442	101° = Ø
25 meter	1,7	2,936	0,114	96° = Ø
59 meter	1,1	0,069	0,996	149° = SSØ



Figur 12. Progressivt vektorplott for målingene på 5, 25 og 59 m dyp ved Bjølvefossen i Ålvik i perioden 23. oktober – 20. november 2013.

VURDERING AV TILSTAND

Utslippsledningen fra Bjølvfossen ligger på ca 55 m dyp i Ålvik i Indre Samlafjorden. Utslippsvannet er lettere enn det omkringliggende sjøvannet, og stiger derfor opp før det innlagres på aktuelt innlagringsdyp i overflatelaget eller helt i overflaten (fortrinnsvis vinterstid), men utslippet her ligger så dypt at det innlagres godt nede i vannsøylen. Innblandingsdypet for avløpsvannet vil normalt være i de øvre delene av vannsøylen, der tidevannet sørger for hyppig og god vannutskifting. På denne måten vil de aller fineste tilførselene spres effektivt vekk fra utslippstedet med tidevannet (**figur 13**). Utslippet vil ha en upwellingeffekt på omkringliggende vannmasser ved utslippsstedet og rive disse med seg på veg mot overflaten. Isolert sett vil det således alltid være gode lokale utskiftings- og omrøringsforhold rundt selve utslippet.



Figur 13. Prinsippskisse for primærfortynningsfasen av innblanding av et ferskvannsutslipp i en sjøresipient, med gjennomslag til overflaten og kun lokal sedimentering av organiske tilførsler i resipientens umiddelbare nærhet til utslippspunktet. Utslippet får økt sin tetthet ettersom det lettere ferskvannet stiger opp og blandes med sjøvannet (heltrukken linje og lyseblått).

Bare de største partiklene vil sedimentere helt lokalt ved selve utslippet. Det er derfor vanlig å observere en svært avgrenset punktbelastning i forbindelse med slike utslipp dersom utslippet skjer på dybder med relativt god vannutskifting og gode nedbrytingsforhold. Der vil naturlig nedbryting kunne holde tritt med tilførselene dersom det er god tilgang på oksygen ved tilførsel av friskt vann over sedimentet. Undersøkelser fra en rekke tilsvarende utslipp av denne type viser derfor at det som regel kun er mulig å spore miljøeffekter i den umiddelbare nærhet av selve utslippet.

STRØMMÅLINGER

Strømmålingene viste at strømstyrken var avtagende nedover i vannsøylen utenfor avløpet til settefiskanlegget Bjølvfossen. Overflatestrømmen hadde en gjennomsnittlig hastighet på 5,2 cm/s, mens spredningsstrømmen og bunnstrømmen på 25 og 59 m dyp hadde en gjennomsnittlig hastighet på henholdsvis 1,7 og 1,1 cm/s. Dette er et nokså typisk strømbilde langt inne i en fjordarm der fjordtømmings- og fjordfyllingseffekten naturlig nok er mer moderat enn på steder nærmere fjordmunningen. Disse målingene tilsvarer det som en kan forvente i en stor, bred og dyp fjord, men vil bidra til en god spredning og fortynning av avløpsvannet. Strømforholdene og upwellingene av ferskvannsfontenen vil ytterligere bidra til å sikre en spredning av organisk materiale fra anlegget, der en i oksygenrike vannmasser året rundt kan forvente en effektiv og god omsetning av organisk materiale fra avløpets nærområde og utover i resipienten.

Overflatestrømmen på 5 m dyp var relativt stabil i østlig retning. Overflatelaget består av vann med periodevis lav saltholdighet, og tykkelsen på dette laget vil variere gjennom året i takt med avrenning fra elver i fjordsystemet. På grunn av forskjeller i saltholdighet og temperatur mellom overflatevannet og det underliggende vannlag vil strømretningen i disse vannlagene kunne være helt ulike. På denne siden av fjordsystemet vil hovedstrømretningen være langs land utover fjorden, og mest sannsynlig går strømmen mot sørvest litt lenger ute i fjorden. Siden utslippet ligger inne i en vik oppstår det trolig en bakevjeeffekt her, og strømretningen kan derfor avvike noe fra hva som er forventet. I overflaten påvirkes strømretningen også av vinddrevet strøm som naturlig vil følge fjordens retning (nordøst – sørvest), og ved vedvarende vind i nordøstlig eller sørvestlig retning vil strømmens retning påvirkes av dette.

Vannutskiftingen i overflaten er meget god, og stabiliteten til strømmen i vektorretningen viste stabil strøm i måleperioden (resultantretning på 0,422 i østlig retning). Siden det relativt ferske og trykkdrevne overflatelaget beveger seg mer eller mindre uavhengig av underliggende vannlag spiller tidevannssyklusen mindre rolle her. Konstant stor avrenning fra elver i fjordsystemet fører også til at overflatelaget mer eller mindre konstant flytter seg utover i fjordsystemet.

På 25 m dyp viste målingene lite stabilitet i resultantretningen mot øst. Dette henger sammen med at tidevannet trolig var den dominerende strømgenererende faktoren her. Strømmen vekslet periodevis mellom øst og vest, slik at disse to retningene periodevis opphevet hverandre, der strømmen tilsynelatende returnerte til målestedet og periodevis kretset fram og tilbake og i mindre grad flyttet seg ut av området. Imidlertid var de ulike periodene med ulik strømretning variabel, og tidvis nokså lang varighet, slik at vannet forlengst er utskiftet og innblandet med nye vannmasser før det "returnerer" i motsatt retning mot målestedet.

Ved bunnen på 59 m dyp var strømbildet noe mer unormalt. På dette dypet er det grunn til å anta at lokale topografiske forhold virker inn på strømmens retning på målestedet, da det antas at strømmen i hovedsak følger langs land i området, og at det oppstår en bakevje inne i viken ved utslippet. Målingene viste svært stabil retning på bunnstrømmen, og det antas at måleren har ligget inntil en fysisk hindring som har ført til at den ikke har kunnet snu seg med strømmen. Ved opptak var det ingenting som tydet på at måleren ikke hadde fungert som normalt, og etter avlesning ble kompasset testet og ingen feil ble funnet. Målingene av strømhastighet tydet på at rotoren hadde fungert som normalt, og det var bra sammenfall mellom strømepisoder på 59 m dyp og 25 m dyp. Om måleren har vært fysisk hindret i å snu seg kan det antas at dette også har hatt noen innvirkning på måling av strømfarten, og man kan anta at strømmålingene på 59 m dyp representerer den laveste reelle strømfarten i måleperioden.

Vannutskiftingen rundt avløpet er god der utslippstedet er forbundet med utenforliggende forbistrømmende oksygenrike og friske vannmasser i fjorden, der en har daglige, kontinuerlige utvekslinger og utskiftninger med nytt, oksygenfriskt vann via tidevannet. Dette innebærer at avløpsvannet fra settefiskanlegget meget effektivt fortynnes og transporteres ut av området.

En gjør også oppmerksom på at vurderingene av strømforholdene ("middels sterk" etc.) er gjort ut fra hva som en mener er egnede strømforhold for oppdrett av fisk i merdanlegg, og ikke hva som er tilstrekkelig i forbindelse med omsetning av organisk materiale fra et utslipp fra settefiskanlegg. Her vil de viktigste kriteriene være at selve utslippstedet ligger slik til at bunndyrene alltid har tilgang på oksygen for sin sedimentomsetning, og at vannet rundt utslippstedet utveksles og skiftes ut med utenforliggende vannmasser, slik som ved utslippet i Ålvik. Dersom bunnstrømmen er sterk nok vil det også forekomme resuspensjon av sedimentert materiale, dette vil skje ved strømhastigheter over ca 10 cm/s (Kutti m.fl. 2007). På 59 m dyp forekom dette ikke i løpet av måleperioden, men det kan ikke utelukkes at det vil skje. I tillegg vil jo som nevnt ovenfor utslippet av ferskvann sørge for en kontinuerlig upwelling rundt utslippstedet, slik at vannet kontinuerlig blir skiftet ut og fornyet rundt utslippstedet og i nærområdet rundt utslippet.

KONKLUSJON

Strømmålingene viste at det var tilfredstillende strømforhold utenfor avløpet til Bjølvefossen i Ålvik, med middels sterk strøm i overflaten, svak spredningsstrøm og svært svak bunnstrøm. Det var en dominans av østgående strøm, men trolig går strømmen mot sørvest litt lenger ute i fjorden. Strømforholdene er tilstrekkelige til å sikre en god spredning av organisk materiale fra anlegget, der en i oksygenrike vannmasser året rundt kan forvente en effektiv og god omsetning av organisk materiale fra avløpets nærområde og utover i resipienten. Bunnstrømmen kan være noe sterkere enn det som ble målt ettersom det så ut til at måleren så ut til å ha vært i kontakt med en fysisk hindring.

REFERANSER

FURSET, T. T. 2013.

MOM B- undersøkelse og strømmålinger utenfor avløpet til Bjølvø Bruk AS, høsten 2013.
Rådgivende Biologer AS, rapport 1812, 35 sider.

GOLMEN, L. G. & E. NYGAARD 1997.

Strømforhold på oppdrettslokaliteter i relasjon til topografi og miljø.
NIVA-rapport 3709, 58 sider, ISBN 82-577-3275-3

GOLMEN, L. G. & A. SUNDFJORD 1999.

Strøm på havbrukslokaliteter.
NIVA-rapport 4133, 33 sider, ISBN 82-577-3743-7

KUTTI, T., A. ERVIK & P.K. HANSEN 2007.

Effects of organic effluents from a salmon farm on a fjord system. I. Vertical export and dispersal processes.
Aquaculture 262, side 367-381.

NORSK STANDARD NS 9410:2007:

Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg.
Standard Norge, 23 sider.

OM GYTRE STRØMMÅLERE

Strømmåleren som er benyttet (en Gytre måler, SD 6000) har en rotor med en treghet som krever en viss strømfart for at rotoren skal gå rundt. Ved lav strømfart vil Gytre måleren derfor i mange tilfeller vise noe mindre strøm enn det som er reelt, fordi den svakeste strømmen i perioder ikke blir fanget tilstrekkelig opp av måleren. På lokalitetene er en god del av strømmålingene på alle dyp lavere enn 3-4 cm/s, og derfor kan man ikke utelukke at lokalitetene på disse dybdene faktisk er noe mer strømsterke enn målingene viser for de periodene man har målt lav strøm. I de periodene måleren viser tilnærmet strømtille kan strømmen periodevis egentlig være 1 – 2 cm/s sterkere. Målingene på alle dyp er således **minimumsstrøm** all den tid man har indikasjoner på at Gytre strømmålerne måler mindre strøm enn sann strøm ved lav strømhastighet.

Man må i denne sammenhengen gjøre oppmerksom på at strømmålerne brukt på denne lokaliteten registrerer en verdi på 1,0 cm/s når rotoren ikke har gått rundt i løpet av måleintervallet (30 min). Terskelverdien er satt til 1,0 cm/s for å kompensere for at rotoren krever en viss strømfart for å drive den rundt. Ved de tilfellene der måleren viser verdier under 1,0 cm/s, skyldes dette at rotoren ikke har gått rundt i løpet av måleintervallet, men at det likevel har vært nok strøm til at måleren har skiftet retning i løpet av måleintervallet. Strømvektoren for måleintervallet blir da regnet ut til å bli lavere enn 1 cm/s.

En instrumenttest der en Gytre måler (SD 6000) og en Aanderaa måler (RCM7 strømmåler) ble sammenlignet, ble utført av NIVA i 1996. Aanderaa-måleren har en rotor med litt annen design enn SD 6000. Testen viste at RCM 7 strømmåleren ga 19 % høyere middelstrømfart enn Gytre måleren (Golmen & Nygård 1997). På lave strømverdier viste Gytre måleren mellom 1 og 2 cm/s under Aanderaa måleren, dvs at når Gytre måleren viste 1-2 cm/s, så viste Aanderaa måleren 2 – 3 cm/s. Dette kan som nevnt forklares ut fra vannmotstanden i rotorburet til en Gytre måler, samt at det er en viss treghet i en rotor der rotoren må ha en gitt strømstyrke for å gå rundt. Ved lave strømstyrker går større del av energien med til å drive rundt rotoren på en Gytre måler enn på en Aanderaa måler.

Det ble i 1999 utført en ny instrumenttest av samme typer strømmålere som ble testet i 1996 (Golmen & Sundfjord 1999). Testen ble utført på en lokalitet på 3 m dyp i 9 dager i januar 1999. I tillegg til Aanderaa- og SD 6000-målerne stod det en NORTEK 500 kHz ADP (Acoustic Doppler Profiler) strømmåler på bunnen. Denne måler strøm ved at det fra måleren sine hydrofoner blir sendt ut en akustisk lydimpuls med en gitt frekvens (f.eks. 500 kHz) der deler av signalet blir reflektert tilbake til instrumentet av små partikler i vannet. ADP strømmåleren har flere celler/kanaler og kan måle strøm i flere forskjellige dybdesjikt, f.eks. hver meter i en vannøyle på 50 m. Ved å sammenligne strømmålingene på 3 m dyp (Aanderaa- og Gytremåleren) med NORTEK ADP (celle 31, ca 4 m dyp) fant en at NORTEK ADP målte en snittstrøm på 5,1 cm/s, Aanderaa RCM 7 en snittstrøm på 2,7 cm/s, og SD 6000 en snittstrøm på 2,0 cm/s. Man ser at i denne instrumenttesten ligger begge rotormålerne langt under ADP måleren når det gjelder strømstyrke.

Våren 2010 utførte Rådgivende Biologer AS en ny instrumenttest av Nortek ADP måler og Gytre SD-6000 målere i Hervikfjorden i Tysvær i en måned. Gytre målerne hadde en nyere og mer robust type syrefast rotorbur i stål, som på en bedre måte registrerer strømmen ved lav strømfart. Nortek ADP måleren stod på 46 m dyp på samme riggen som Gytre målerne og målte strømmen oppover i vannsøylen. En sammenlignet Nortek målingene med strømmålinger utført med Gytre målerne på 30, 15 og 5 m dyp. Resultatene viste at det var best samsvar mellom de to instrumentene på 30 m dyp, og generelt dårligere samsvar mellom de to instrumentene med økende avstand fra målehodet på Nortek ADP måleren. Målingene viste ellers at det var størst forskjell på strømfarten mellom Gytre og Nortek ved middels lav strømfart (ca 3-4 til 8-9 cm/s), og noe mindre forskjell ved høyere strømfart. Nortek måleren målte ca 1,5 – 2,5 cm/s høyere gjennomsnittlig strømfart enn Gytre måleren ved svak strøm (Gytremålinger på 0 – 3 cm/s), ca 3 – 4,5 cm/s høyere strømfart ved Gytremålinger på ca 3 – 10 cm/s, og 2 – 3,5 cm/s høyere strømfart ved Gytremålinger på ca 11 – 15 cm/s.