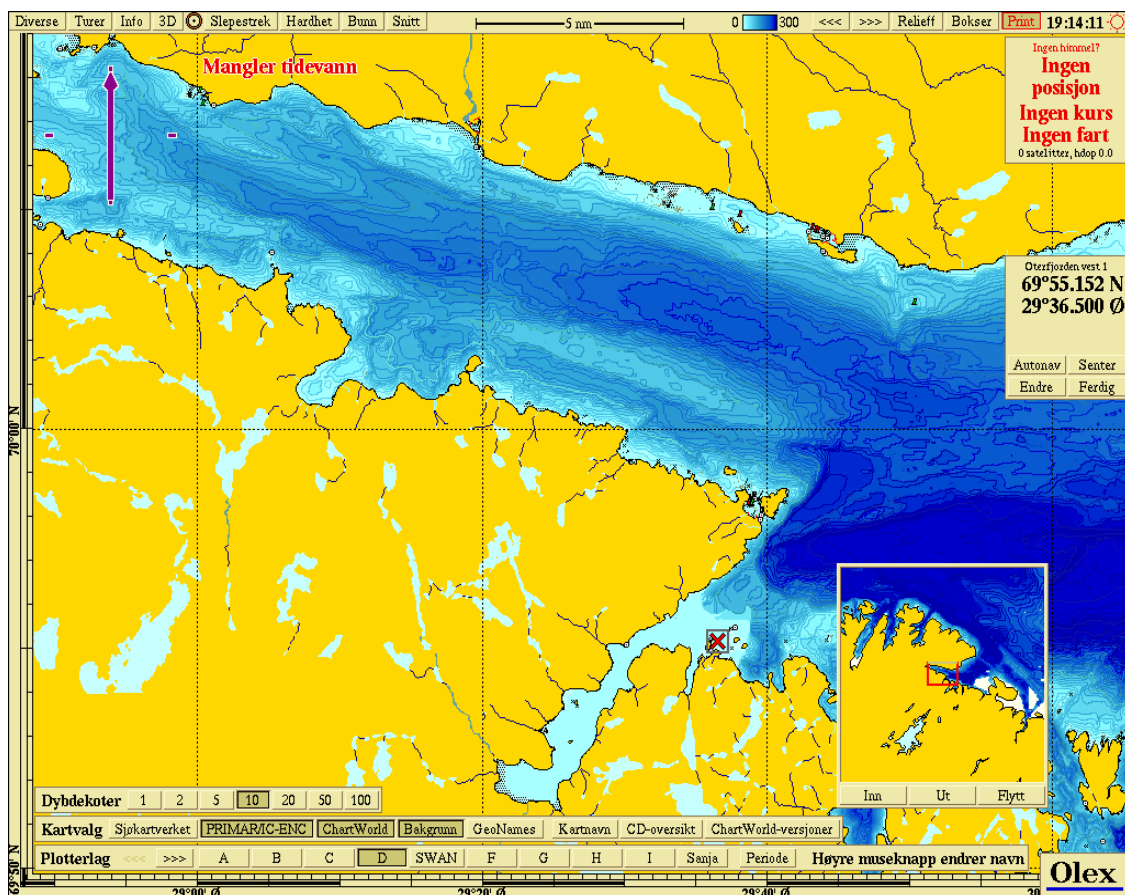


Lerøy Aurora AS

Miljøundersøkelser



Strømrappport

Oterfjorden vest 1, Sør-Varanger kommune

23.10.2014 - 02.12.2014

Multiconsult



Oppdragsgiver	Lerøy Aurora AS
Firma	Ole-Hermann Strømmesen
Kontaktperson	
Dokument type	Strømrappport
Tittel	Strømrappport, Oterfjorden vest 1, Sør-Varanger, 2014
Prosjektnr.	712522
Filplassering	Enterprise 02 OPPDRAG 02 INDUSTRI IND 7xxxxx NORD IND 712500 - 712999 712552 Strømmålinger Lerøy Aurora Dávifjord 2014 712552-10 SLUTTPRODUKT 712552-02 TEKNISKE DOKUMENTER

Sammendrag

Det er utført strømmålinger ved lokalitet Oterfjorden vest 1, Sør-Varanger, i perioden 23.10.2014 - 02.12.2014 som grunnlag for lokalitetsundersøkelse i henhold til krav i NS 9415:2009 og veileder for søknad om lokalitet.

Gjennomsnitts- og maksimalstrøm og andel nullmålinger er som følgende:

Dybde [m]	Gjennomsnittstrøm [cm/s]	Maksimalstrøm [cm/s]	Retning av maksimalstrøm [°]	Målinger <=1cm/s [%]
5 m	6	25	357	3.2
15 m	7	28	297	2.5
28 m	5	20	286	3.9
39 m	3	15	327	12.7

Vannutskiftning: Strømmens hovedretning ved lokaliteten er mot nordvest. Maksimalstrømmen i de øverste 28 meterne i vannsøylen er lik eller over 20 cm/s og middelstrømmen lik eller over 5 cm/s.

Bunnmåling: Bunnmålingen viser at 12.7 % av målinger ved bunn (39 m) er lik eller under 1 cm/s. Bunnstrømmen sammenfaller med strømningsbildet lenger opp i vannsøylen.

Tidevann og vind: Både lokal vind og tidevann spiller liten rolle i det totale strømbildet ved Oterfjorden vest 1. Mulige andre prosesser som påvirker strømmen er vær-situasjon over et større område (f.eks. trykk, temperatur, vind), variasjoner i kyststrømmen og ferskvannsavrenning som bidrar til lagdeling i sommerhalvåret.

Oppdragsleder Sanja Forsström

Saksbehandler Sanja Forsström

REVISJONSSTATUS

Rev	Dato	Beskrivelse	Måling utf	Utf	Kntr	Godkjent
01	19.12.2014	Strømrappport	SAR	SAR	JVL	EDL

1 Innhold

1	Innhold	3
2	Oversikt - Strømmålinger.....	4
3	Statistisk analyse - Strømmålinger	5
3.1	Horisontal strøm.....	5
3.2	Vertikal strøm.....	8
4	Vannutskiftning og nullmålinger.....	9
5	Tidevann og vind	10
5.1	Tidevannsanalyse	10
5.2	Sammenheng mellom vind og strøm	12
6	Strøm - Todagersperiode	15
7	Sammendrag.....	16
8	Referanser	18
Appendiks A	Måling og kvalitetssikring	19
Appendiks B	Pinne- og rosedigram.....	22
Appendiks C	Tidsserier	23
Appendiks D	Fjernet data.....	31
Appendiks E	Instrumentspesifikasjoner	32
Appendiks F	Kalibrering Seaguard RCM 1139.....	32
Appendiks G	Kalibrering Nortek Aquadopp 6990.....	32

2 Oversikt - Strømmålinger

Strømmålinger ble foretatt ved lokalitet Oterfjorden vest 1 i perioden 23.10.2014 - 02.12.2014.

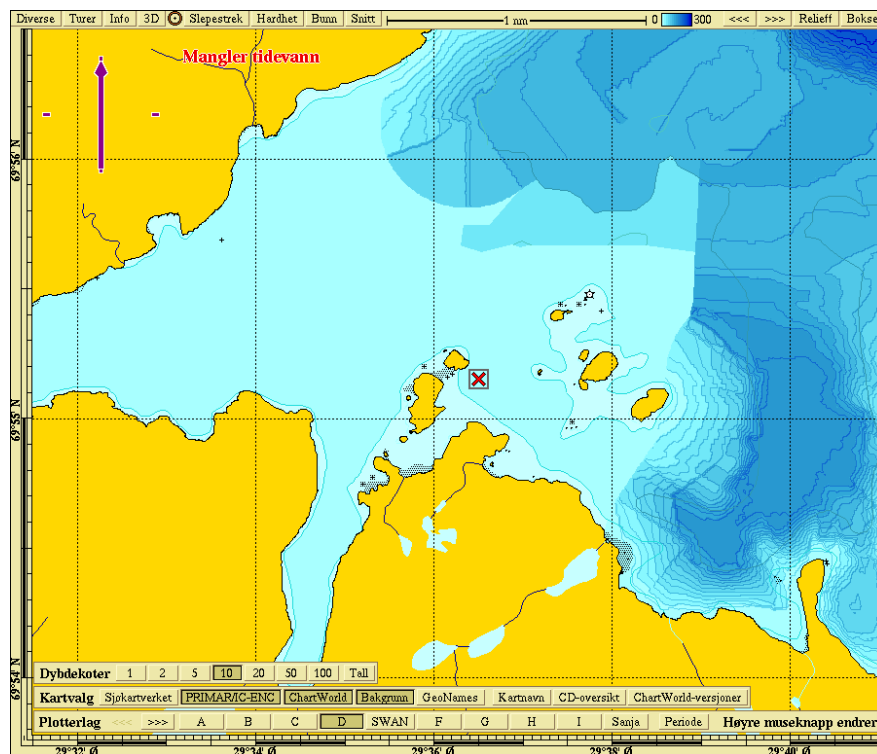
Tabell 1 sammenfatter den viktigste bakgrunnsinformasjonen for målingen:

- **Plassering av måler:** Figur 1 viser hvor måleriggen var plassert. Det planlegges å installere et oppdrettsanlegg på lokaliteten og plasseringen ble valgt fordi den er ansett som representativ for anlegget.
- **Målingsdybder:** Det ble satt ut en doppler profilmåler på 31 m og en doppler punktmåler på 39 m dybde. Målet er å kartlegge bunnstrøm, spredningsstrøm samt strøm i dybdene hvor notposen befinner seg.
- **Målingsutstyr:** Målerne ble forankret fra bunn og opp. Beskrivelse av riggen og instrumentene er gitt i Appendiks A.
- **Kvalitetsvurdering av målte data:** Dataene ble kvalitetssikret i henhold til anbefalingene fra instrumentenes produsent. En nærmere beskrivelse av denne prosessen finnes i Appendiks A.
- **Målingens varighet:** Det ble målt i mer enn 39 dager. Dette er i henhold til kravene som sier at for å få representative strømmålinger, må disse foretas kontinuerlig over en periode på minst en måned (NS 9415, 2009).

Forskriftene krever beskrivelse av strømmen i anlegget (5 m og 15 m) (NS 9415, 2009). Fiskeridirektoratet krever beskrivelse av vannutskiftningsstrøm, spredningsstrøm og bunnstrøm (Fiskeridirektoratet, 2008). Mattilsynet krever dokumentasjon av nullmålinger og vannutskiftning (Mattilsynet, 2006).

Tabell 1: Generell informasjon om strømmålingen utført ved Oterfjorden vest 1

Posisjon	69°55.152 N 29°36.500 Ø
Ca. dybde på målestedet	40 m
Måleperiode	23-Okt.-2014 18:17:00 til 02-Des.-2014 07:47:00
Varighet	39 dager, 13 timer, 30 minutter
Antall målinger	5178
Målertype - 31 m dybde	Doppler profilmåler (Nortek Aquadopp profiler, Serienummer 6990), profilering av horisontal og vertikal strøm fra 6 til 28 m dybde, cellestørrelse 2 m
Type måling - 31 m dybde	Burst (måling i 60 sekunder)
Målertype - 39 m dybde	Doppler punktmåler (AADI RCM 400, Serienummer 1139), måling av horisontal strøm på instrumentdybde
Type måling - 39 m dybde	Burst (måling i 1 minutt), 150 ping
Frekvens	Hvert 10 minutt



Figur 1: Lokalitet Oterfjorden vest 1 der målepunktet er merket med rødt kryss. Dybdekoter er på 10 meters dybdeintervall. Det mangler dybdedata rund og vest fra målepunktet

3 Statistisk analyse - Strømmålinger

Formålet med strømmålingen er å kvantifisere strømhastighet ved forskjellige dybder og fra forskjellige retninger. Dette kapittelet er en oppsummering av de viktigste statistiske egenskapene for strøm ved dybdene som kreves: 5 m og 15 m, spredningsstrøm og bunnstrøm. For flere detaljer henvises det til:

- Kapittel 7: Statistikktabell for forskjellige dybder
- Appendiks B: Rose- og pinnediagram for alle dybder

3.1 Horisontal strøm

Figur 2 viser et 3D diagram av horisontal strømhastighet over tid for de øverste 28 m samt minimum, middel- og maksimalstrøm ved forskjellige dybder.

Tabell 2 viser maksimalstrøm i 8 retningssektorer for forskjellig dybde. Retningssektorene er sentrert rundt 0°, 45°, 90° osv. Figur 3 viser maksimal- og gjennomsnittsstrøm i 15 graders sektorer for forskjellige dybder.

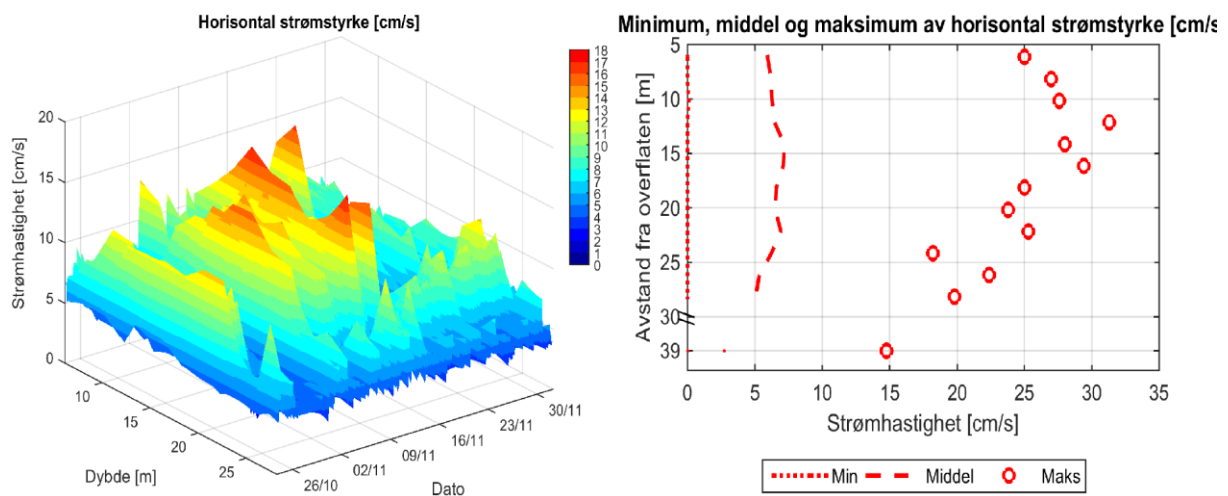
Figur 5 er et progressiv-vektor-diagram som viser hvordan en tenkt vannpartikkel på en gitt dybde ville forflytte seg i måleperioden der startpunktet er i midten av diagrammet. Dette er kun en visualisering. I virkeligheten forlater vannpartikkelen målestedet og instrumentet måler forskjellige vannpartikler over hele perioden. Diagrammet gir imidlertid et inntrykk av hvor effektiv vannutskiftningen er. Dersom vannet hele tiden føres bort fra startstedet, er vannutskiftningen bra. Dersom vannmassene driver fram og tilbake, kan utskiftningen være redusert.

Maksimalstrømmen for denne lokaliteten oppsto ved 12 m dybde og var 31 cm/s mot 95°.

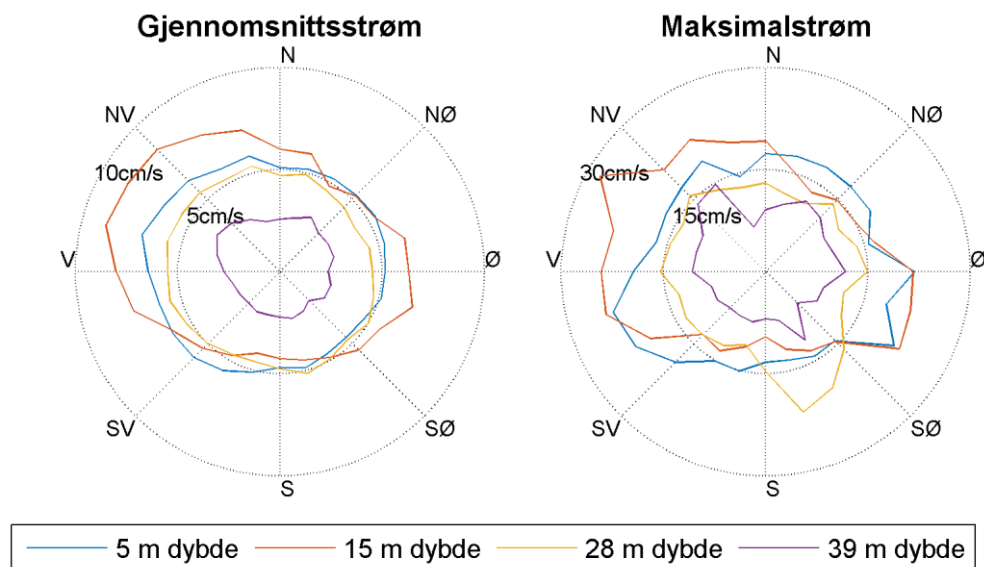
Figurene illustrerer at strømmens hovedretning ved Oterfjorden vest 1 er relativt ensartet i hele vannsøylen med strømmens hovedretning mot nordvest. Ved 15 m, 28 m (spredningsdybde) og bunn har strømmen en tydelig hovedretning mot nordvest. Ved 5 m dybde har strømmen mer vestlig retning.

Tabell 2: Maksimal horisontal strøm [cm/s] og tilsvarende retning i 8 sektorer

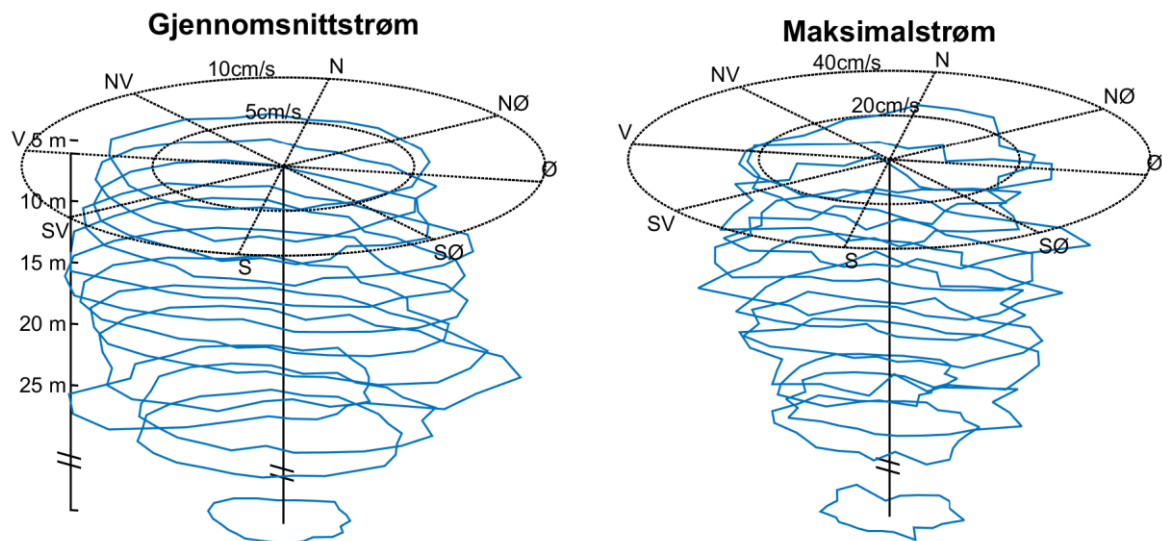
	Retning (mot)								Alle retninger
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	
Dybde	Maksimal horisontal strøm [cm/s]								
5 m	25	25	22	22	19	22	23	19	25 (357°)
15 m	22	17	24	23	12	26	27	28	28 (297°)
28 m	14	13	14	17	14	14	20	19	20 (286°)
39 m	10	12	12	12	8	8	11	15	15 (327°)



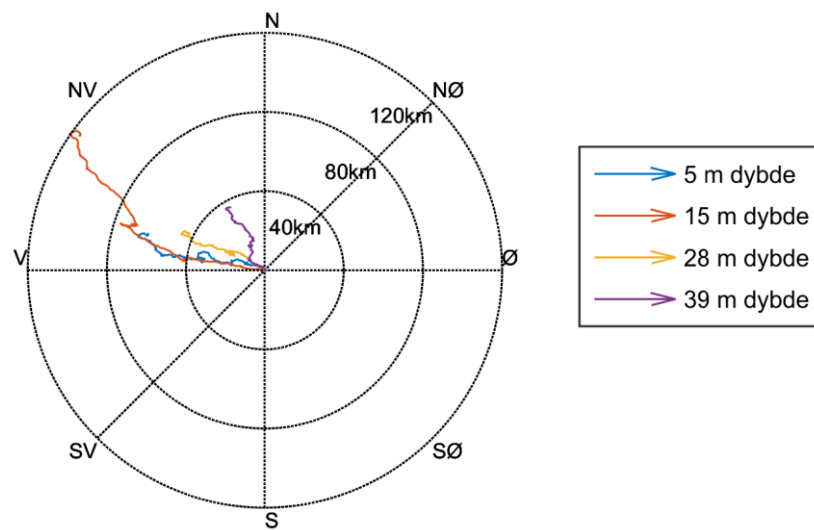
Figur 2: 3D diagram av horisontal strømstyrke over tid for de øverste 28 m (data er lavpassfiltrert, dvs. maksimumverdier er lavere enn 10 minutters maksimumverdier) og minimal, middel og maksimal horisontal strøm ved alle dybdene



Figur 3: Gjennomsnitts- og maksimalstrøm for forskjellige retninger (15 graders sektorer) og dybder



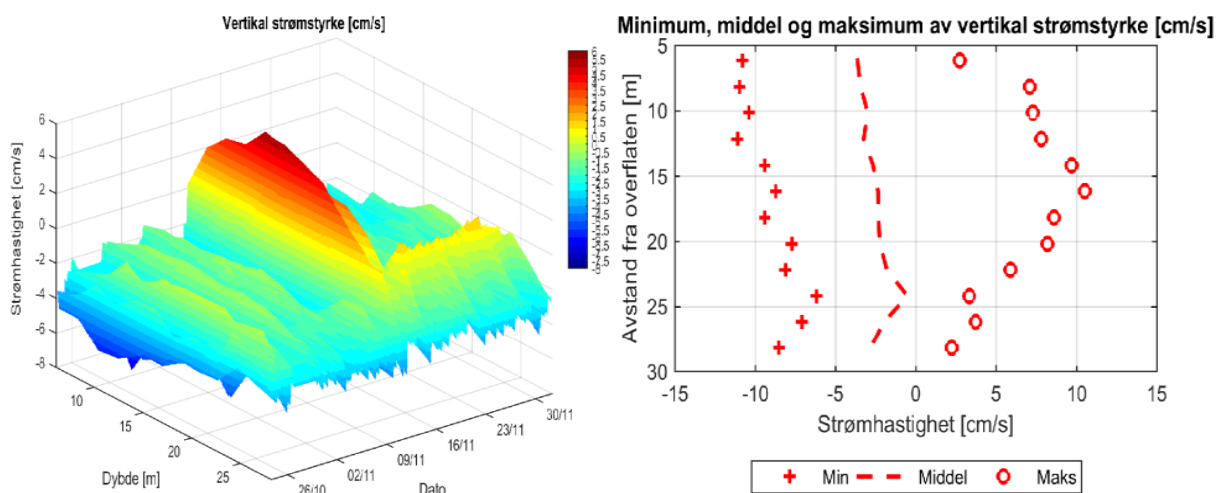
Figur 4: Gjennomsnitts- og maksimalstrøm for forskjellige retninger (15 graders sektorer) og dybder, 3D



Figur 5: Progressiv-vektor-diagram, viser forflytningen av en tenkt vannpartikkel i løpet av måleperioden

3.2 Vertikal strøm

Vertikal strøm fører til utskifting av vann mellom lagene og kan dermed ha en rensende effekt. Figur 6 viser et 3D diagram av vertikal strømhastighet over tid for de øverste 28 m samt minimum-, middel- og maksimalstrøm ved forskjellige dybder.



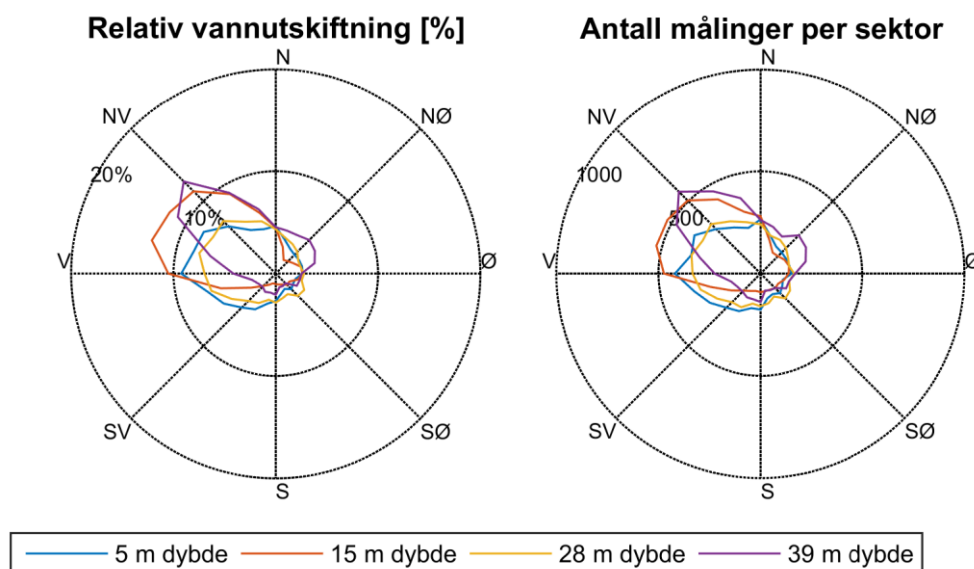
Figur 6: 3D diagram av vertikal strømstyrke over tid for de øverste 28 m (data er lavpassfiltrert, dvs. maksimumverdier er lavere enn 10 minutters maksimumverdier) og minimal, middel og maksimal vertikal strøm ved alle dybdene

4 Vannutskiftning og nullmålinger

Mattilsynets veileder krever dokumentasjon av nullmålinger og vannutskiftning. Vannutskiftningen er definert som vannfluksen, som er mengden av vann som transporteres gjennom en kvadratmeters flate i løpet av måleperioden. Dette beregnes som strømhastighet ganger tiden den varer og oppgis i m^3/m^2 . Vannutskiftningen kan oppgis per sektor, dvs. per retningsintervall. Vannutskiftningen i en sektor er den delen av vannfluksen hvor strømrretningen er i et visst retningsintervall. Vannutskiftningen i 8 sektorer er inkludert i Tabell 3, mens nullmålingene er listet i Tabell 4 i kapittel 7. Retningssektorene er sentrert rundt 0, 45, 90° osv. Figur 7 viser relativ vannutskiftning og antall målinger i 15 graders sektorer for forskjellige dybder.

Tabell 3: Vannutskiftning [m^3/m^2] i 8 sektorer. Den største vannutskiftningen for hvert dyp er uthevet.

	Retning (mot)								
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	Alle retninger
	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	
Dybde	Vannutskiftning [m³/m²]								
5 m	23041	14753	13414	10751	14273	26834	44957	35996	184018
15 m	29662	11683	16488	9647	6961	12739	63746	71983	222909
28 m	20737	13838	12374	13478	12490	18894	33250	31631	156694
39 m	13686	11893	7911	4541	4801	5209	11721	29280	89043



Figur 7: Relativ vannutskiftning og antall målinger per 15 graders sektor

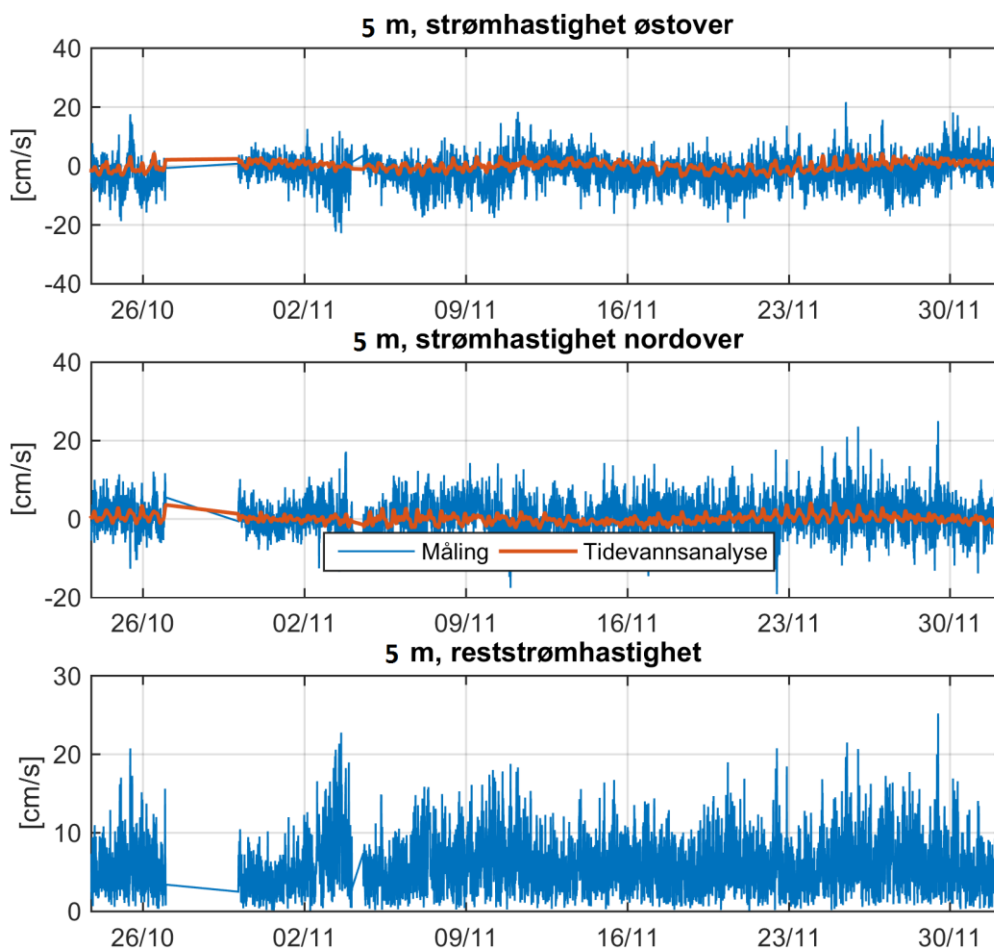
5 Tidevann og vind

5.1 Tidevannsanalyse

Det ble foretatt en tidevannsanalyse av den målte strømmen ved forskjellige dyp, som gir informasjon om tidevannets bidrag til strømbildet. Tidevannet er en følge av tiltrekningskreftene mellom jord, måne og sol og de relative bevegelsene i jord-måne-sol systemet (Kartverket, 2014). Det finnes tidevannskonstituenten med forskjellige perioder, som f.eks. halvdaglige (fra månen (M2) 12.42 timer og fra solen (S2) 12 timer), daglige (prinsipiell daglige månekonstituent (O1) 25.82 timer) og langperiodiske konstituenten (spring og nipp syklus (MSF) 14.77 dager). Det er lokale forhold som avgjør hvilke konstituenten dominerer.

Resultatene fra tidevannsanalysen for Oterfjorden vest 1 er gitt i Figur 8 til Figur 10. Figur 8 viser tidsserien av strømmen ved 5 m dybde med tidevannsanalyse for den nordgående og østgående komponenten av strømmen samt reststrømmen. Reststrømmen er den vektorielle differansen mellom den målte strømmen og tidevannsanalysen. Vektoriell i denne sammenhengen betyr at hvis det er målt 10 cm/s strøm mot nord og tidevannet på samme tid ville gitt en 5 cm/s strøm mot sør, så vil reststrømmen være 15 cm/s mot nord.

Tidevannsanalysen ved Oterfjorden vest 1 forklarer 7 % av variansen i strømdataen ved 5 m dybde. Maksimal tidevannsstrøm ved 5 m dybde er 4 cm/s. Reststrømmen er stort sett under 10 cm/s (signifikant maksimum), men har en maksimalverdi på 25 cm/s.



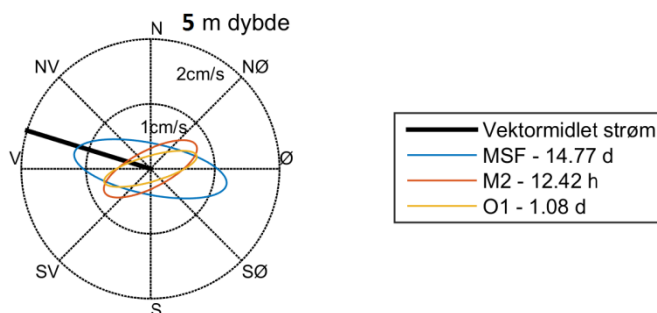
Figur 8 Horizontal strømhastighet, 5 m dybde, med tidevannsanalyse

Tidevannsstrømmer følger en ellipse, dvs. at strømretningen roterer og strømhastigheten når maksimumsverdien og minimumsverdien to ganger i løpet av tidevannsperioden. Figur 9 viser tidevanssellipsene for de sterkeste tidevannskonstituentene av strømmen ved 5 m dybde. Hovedperiodene til tidevannssignalet ved 5 m dybde er 14.77 dager, 12.42 timer og 1.08 dager. Tidevannet med hovedperiode på to uker (14.77 døgn) er mest framtrædende i datasettet og figuren viser at tidevannsstrømmen oscillerer mellom vest-nordvestlig og øst-sørøstlig retning.

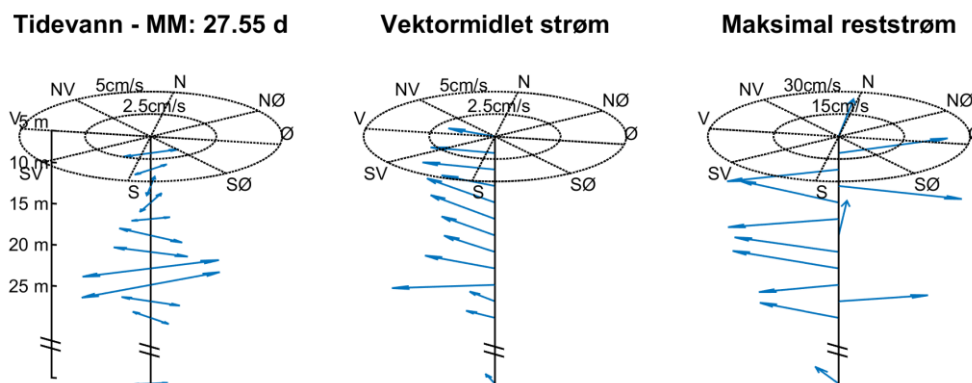
Den vektormidlete strømmen er vist som en svart strek i Figur 9. Dette er en gjennomsnittlig strøm som tar hensyn til strømretningen. Hvis strømmen har vært 10 cm/s mot nord i en periode og så 10 cm/s mot sør i like lang periode så vil den vektormidlete strømmen være 0 cm/s, mens gjennomsnittsstrømmen ville være 10 cm/s. Tidevannsstrømmen som oscillerer fram og tilbake vil alltid ha 0 cm/s som vektormiddel. Den vektormidlete strømmen viser at vanntransporten er mot vest - nordvest ved Oterfjorden vest 1.

Figur 10 viser resultatene av tidevannsanalysen ved alle målte dybder. Figuren lengst til venstre viser hovedaksen av tidevanssellipsen som er mest framtrædende gjennom hele vannsøylen, i dette tilfellet MM (hovedperiode på 27.55 døgn). Figuren i midten viser den vektormidlete strømmen for hvert dyp, mens figuren til høyre viser maksimal avvik av den faktiske strømmen fra tidevannsanalysen. Tidevannsanalysen i de forskjellige dybdene forklarer mellom 7 og 19 % av variansen.

Generelt kan det sies at tidevannsstrømmer spiller en liten rolle ved Oterfjorden vest 1. Mulige andre prosesser som påvirker strømmen er vær-situasjon over et større område (f.eks. lufttrykk, temperatur, vind), variasjoner i kyststrømmen og ferskvannsavrenning som bidrar til lagdeling i sommerhalvåret.



Figur 9: Tidevanssellipsene av strømmen ved 5 m dybde. MSF, M2 og MM refererer til tidevannskonstituentene. Middelstrømmen er vektorbasert



Figur 10: Resultatene av tidevannsanalysen ved alle målte dybder

5.2 Sammenheng mellom vind og strøm

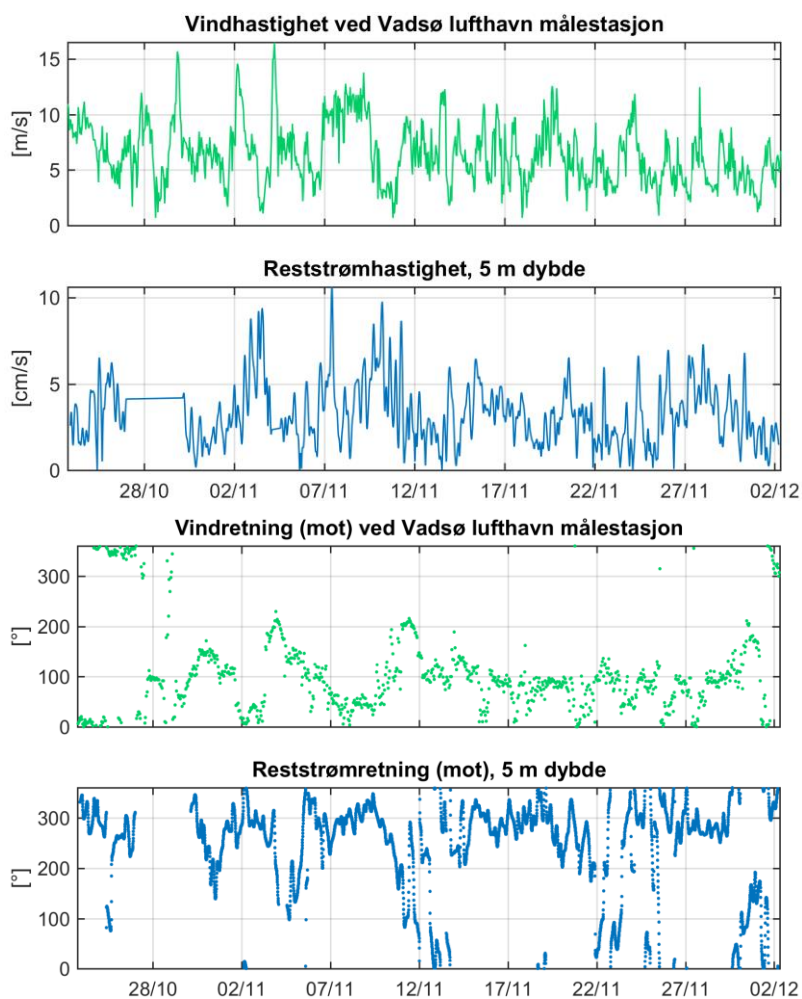
Sammenhengen mellom strøm og vind ble undersøkt. Det ble brukt vindmålinger fra Vadsø lufthavn (eKlima) som ligger 20 km nord for Oterfjorden vest 1 og anses som mest representativ for lokaliteten. Verdiene er 10 minutters middelerverdier 10 meter over bakken. Figur 11 viser vindhastighet og vindretning, samt reststrømhastighet og reststrømretning ved 5 m dybde (dvs. strøm uten tidevann).

Figur 12 viser fordeling av retninger og styrke av både vind og reststrøm ved 5 m dybde. Reststrømmen har vestlig-nordvestlig retning og sammenfaller ikke med retningsfordelingen av den målte vinden ved Vadsø lufthavn målestasjon. Dette tyder på at strømretning ved 5 m dybde er styrt av andre prosesser enn vind. Korrelasjon mellom vind og reststrøm ved 5 m dybde ble undersøkt (Figur 13). Korrelasjonskoeffisienten ligger alltid mellom -1 og 1, der 0 betyr at det ikke er en sammenheng mellom de undersøkte tidsseriene.

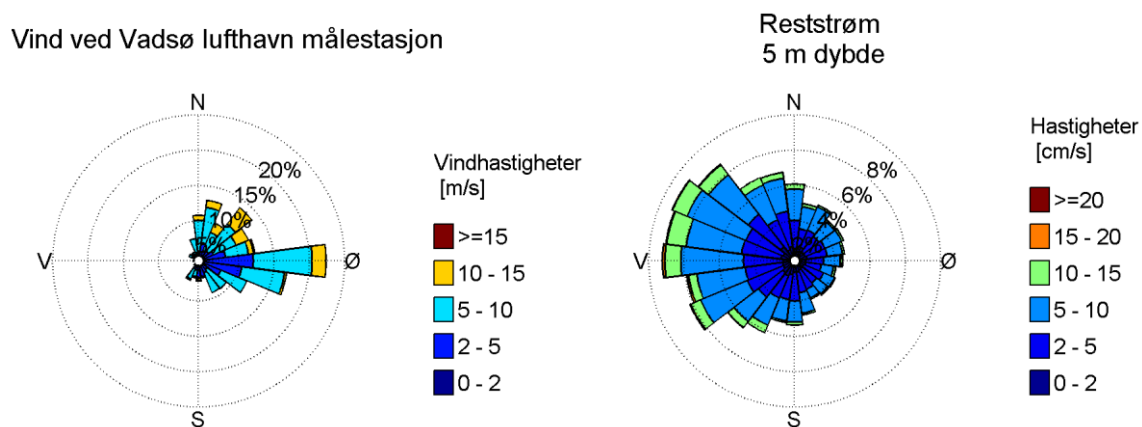
Korrelasjonskoeffisient på 1 betyr at det er en perfekt lineær sammenheng der begge variablene går opp og ned samtidig og -1 betyr at det er en perfekt lineær sammenheng der en variabel går opp når den andre går ned. Sterk korrelasjon (nært 1) betyr ikke at strømmen nødvendigvis skyldes vinden, men indikerer en mulig sammenheng.

For sammenfallende vind og strøm, dvs. ved null tidsforskjell, er korrelasjonskoeffisienten 0.16 for nordlige og -0.06 for østlige komponentene ved Oterfjorden vest 1.

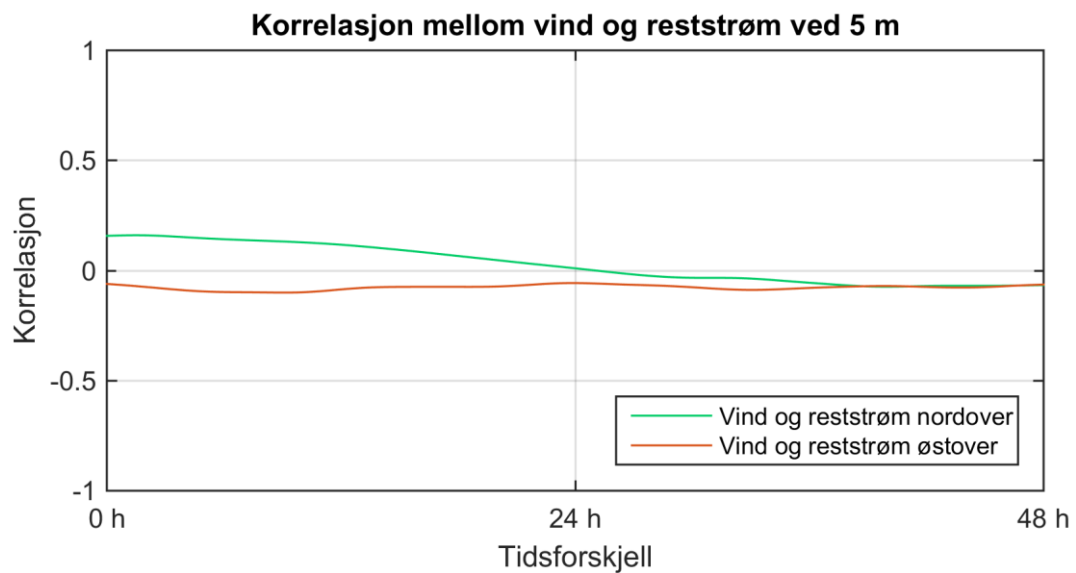
Til tross for generelt lav korrelasjon mellom strøm og vind både i nordlig og østlig komponent, viser Figur 11 perioder med sammenfallende sterk reststrøm og kraftig vind. Vi konkluderer derfor at vinden kan ha påvirket strømmen ved Oterfjorden vest 1 i noe grad i måleperioden.



Figur 11: Vindretning, vindhastighet, reststrømrretning og reststrømhastighet ved 5 m dybde, lavpassfiltrert



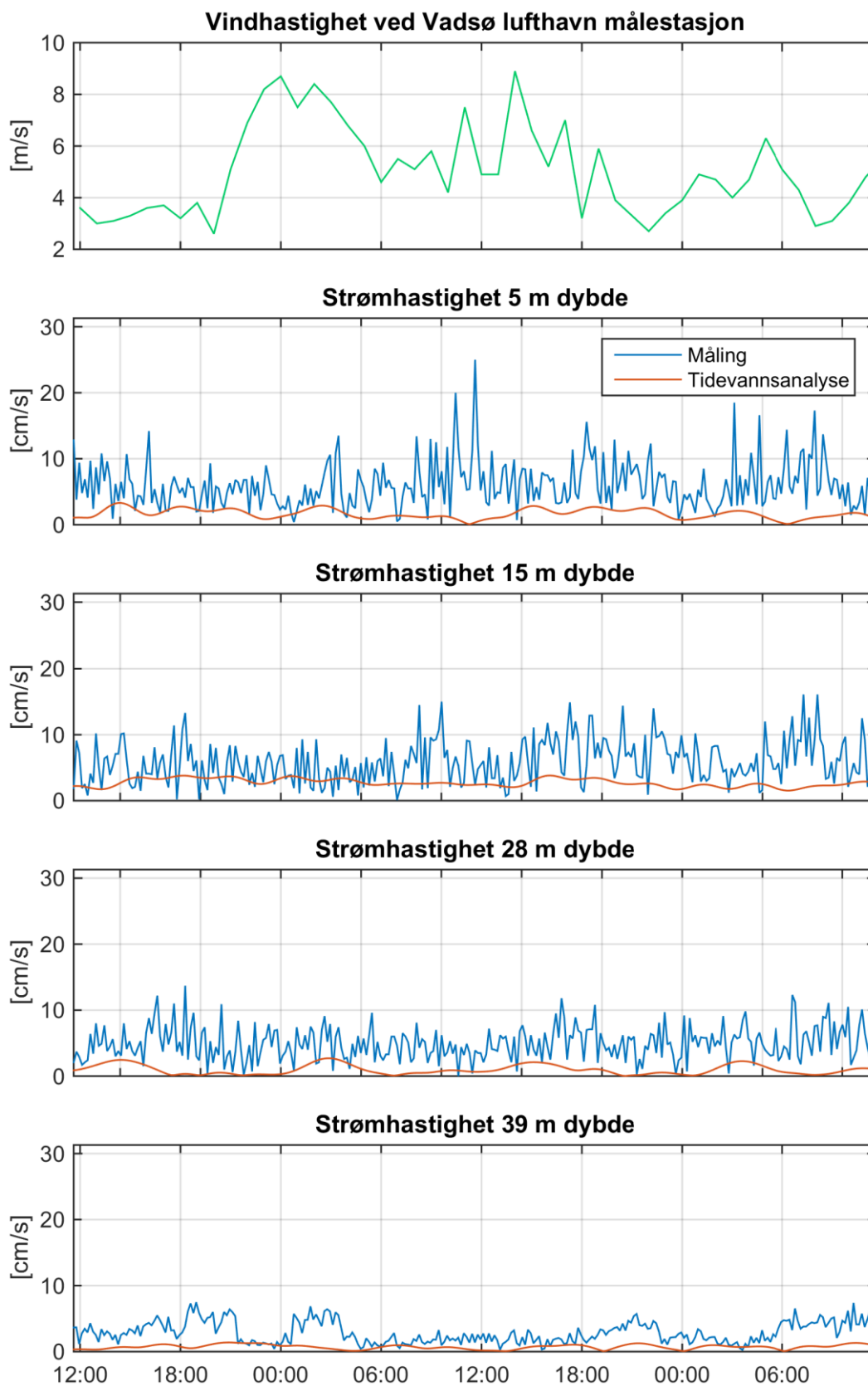
Figur 12: Vind og reststrøm ved 5 m dybde



Figur 13: Korrelasjonskoeffisient mellom vind og reststrøm ved 5 m dybde. Verdien på grafen ved tidsforskjell null er korrelasjonen mellom sammenfallende vind og strøm. Det er også vist korrelasjon mellom strømmen og forutgående vind (tidsforskjell mellom vind og strøm i timer)

6 Strøm - Todagersperiode

Figur 14 viser vind og strøm i todagersperioden rundt maksimalstrømmen ved 5 m dyp, 02.11.2014 - 04.11.2014.



Figur 14: Vind og strøm i todagersperioden 02.11.2014 - 04.11.2014

7 Sammendrag

Det er foretatt strømmålinger ved lokalitet Oterfjorden vest 1, Sør-Varanger kommune i perioden 23.10.2014 til 02.12.2014. Tabell 4 gir en oversikt over resultatene.

Strømmens hovedretning ved lokaliteten er mot nordvest. Maksimalstrømmen i de øverste 28 meterne i vannsøylen er lik eller over 20 cm/s og middelstrømmen lik eller over 5 cm/s. Både lokal vind og tidevann spiller liten rolle i å styre strømmen ved Oterfjorden vest 1. Mulige andre prosesser som påvirker strømmen er vær-situasjon over et større område (f.eks. lufttrykk, temperatur, vind), variasjoner i kyststrømmen og ferskvannsavrenning som bidrar til lagdeling i sommerhalvåret.

Tabell 4 inkluderer både middelverdi og median. Middelverdien er summen av alle målte hastigheter delt på antall målinger, mens median er den midterste målingen av måldata sortert etter størrelse. Median er mindre påvirket av enkelte ekstremverdier. Signifikant maksimal strøm er gjennomsnittsverdien av den høyeste tredjedelen av alle målte hastigheter i perioden.

Reststrømmen er den vektormidlete strømmen over hele perioden. Den er alltid lavere enn gjennomsnittsstrømmen.

Neumanns parameter er et mål for hvor stabil strømretningen har vært. Den beregnes ut ifra Figur 5 og er definert som forholdet mellom lengden av den rette linjen mellom start- og slutt-punkt og lengden av den totale banen. For Neumanns parameter under 0.7 er den vektormidlete strømmen ikke representativ for store deler av strømmålingen i perioden. Neumanns parameter bør ses i sammenheng med den vektormidlete strømmen og gjennomsnittsstrømmen. Å bruke kun Neumanns parameter til å beskrive vannutskiftningen blir utilstrekkelig. Den har flere begrensninger. For eksempel blir den påvirket variasjoner i strømhastigheten og er avhengig av midlingstiden. På steder med sterk tidevannsstrøm kan Neumanns parameter være nært null uten at vannutskiftningen er redusert.

For nøyaktigheten av målingene, se Appendiks E.

Tabell 4: Oversikt statistikk, retningssektorene er sentrert rundt 15, 30 45° osv.

Dybde	5 m	15 m	28 m	39 m
Horisontal strøm				
Gjennomsnittsstrøm (median)	6 (5) cm/s	7 (7) cm/s	5 (5) cm/s	3 (2) cm/s
Standardavvik	4 cm/s	4 cm/s	3 cm/s	2 cm/s
Signifikant maksimumstrøm	10 cm/s	12 cm/s	8 cm/s	5 cm/s
Maksimumstrøm	25 cm/s	28 cm/s	20 cm/s	15 cm/s
Retning maksimumstrøm	357°	297°	286°	327°
Signifikant minimumstrøm	2.3 cm/s	2.7 cm/s	2.1 cm/s	1.0 cm/s
Minimumstrøm	0.0 cm/s	0.0 cm/s	0.0 cm/s	0.0 cm/s
Neumanns parameter	0.34	0.53	0.27	0.40
Vektormidlet strøm	2 cm/s	4 cm/s	1 cm/s	1 cm/s
Vektormidlet strømretning	287°	306°	296°	332°
Fire hyppigst forekommende strømretningene (synkende rekkefølge, 15 graders sektor)	270°, 300°, 285°, 255°	285°, 300°, 315°, 270°	285°, 315°, 270°, 300°	315°, 300°, 330°, 345°
Fire hyppigst forekommende strømhastighetene (synkende rekkefølge, 15 graders sektor)	6-8, 1-3, 4-5, 3-4	10-15, 6-8, 8-10, 1-3	1-3, 6-8, 3-4, 4-5	1-3, 3-4, 0-1, 4-5
Vannutskiftning				
Mest vannutskiftning pr. 15 graders sektor	16999 m ³ /m ² ved 270°	27949 m ³ /m ² ved 285°	12127 m ³ /m ² ved 285°	11329 m ³ /m ² ved 315°
Minst vannutskiftning pr 15 graders sektor	3188 m ³ /m ² ved 150°	2186 m ³ /m ² ved 195°	3637 m ³ /m ² ved 150°	1179 m ³ /m ² ved 135°
Gjennomsnittlig total vannutskiftning pr. døgn (alle retninger)	194 m ³ /m ²	235 m ³ /m ²	165 m ³ /m ²	94 m ³ /m ²
Nullmålinger				
Andel målinger <1cm/s	3.2 %	2.5 %	3.9 %	12.7 %
Lengste periode <1cm/s	30 min	20 min	30 min	90 min
Vertikalstrøm				
Gjennomsnittsstrøm	-3.6 cm/s	-2.7 cm/s	-2.8 cm/s	
Gjennomsnittsstrøm absolutt	3.7 cm/s	2.9 cm/s	2.8 cm/s	
Standardavvik	1.6 cm/s	2.0 cm/s	1.3 cm/s	
Maks strøm	2.7 cm/s	9.7 cm/s	2.2 cm/s	
Min strøm	-10.8 cm/s	-9.4 cm/s	-8.5 cm/s	

8 Referanser

Nortek, 2005: "Aquadopp Current Profiler, User Guide"

Aanderaa, 2007: "TD 262b Operating Manual - Seaguard RCM"

eKilma (eklima.no): Meteorologisk data fra Meteorologisk Institutt

Fiskeridirektoratet, 2008: "Veileder for utfylling av søknadsskjema for tillatelse til akvakultur i flytende eller landbaserte anlegg"

Kartverket, 2014 (sehavnivå.no): Kartverkets ressursnettsted om havnivå og vannstand

Mattilsynet, 2006: "Veileder til forskrift av 16.1.2004 nr. 279 om godkjenning av etablering og utvidelse av akvakulturanlegg og registrering av pryddammer (etableringsforskriften) § 5"

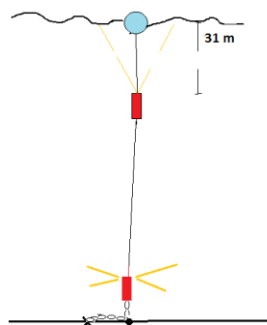
NS 9415, 2009: "NS 9415:2009 - Flytende oppdrettsanlegg: Krav til lokalitetsundersøkelse, risikoanalyse, utforming, dimensjonering, utførelse, montering og drift", Norsk Standard

Appendiks A Måling og kvalitetssikring

Strømmen ble målt med en akustisk doppler punktmåler (Seaguard) av merke Aanderaa og med en akustisk doppler profilmåler (Aquadopp Profiler) av merke Nortek. For nærmere beskrivelse, se Aanderaa (2007) og Nortek (2005).

Målingene er basert på dopplereffekten. Instrumentet sender ut en akustisk puls (et kort signal) med en bestemt frekvens og måler frekvensen av innkommende refleksjoner. Refleksjonen er forårsaket av små partikler eller bobler i vannet. Ut fra frekvensskiftet kan man beregne hastigheten av partiklene i vannet, som er antatt å være lik strømhastigheten. Seaguard sender ut pulser i fire stråler i forskjellige retninger for å kunne rekonstruere den horisontale strømhastigheten. Aquadopp har tre stråler orientert på skrå oppover og måler også den vertikale strømhastigheten.

Måleren ble forankret i bunn som vist i Figur 15. Seaguard stod på ca. 39 m og Aquadopp på ca. 31 m og var orientert oppover mot overflaten.

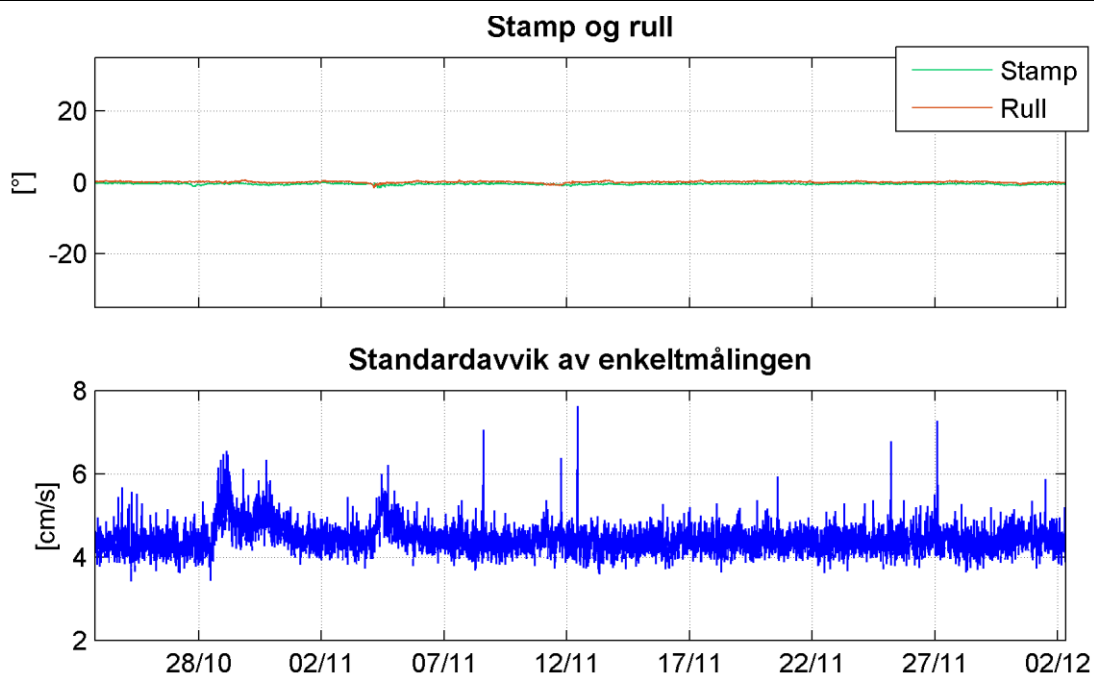


Figur 15: Skisse av riggen med en Aquadopp og en RCM Seaguard

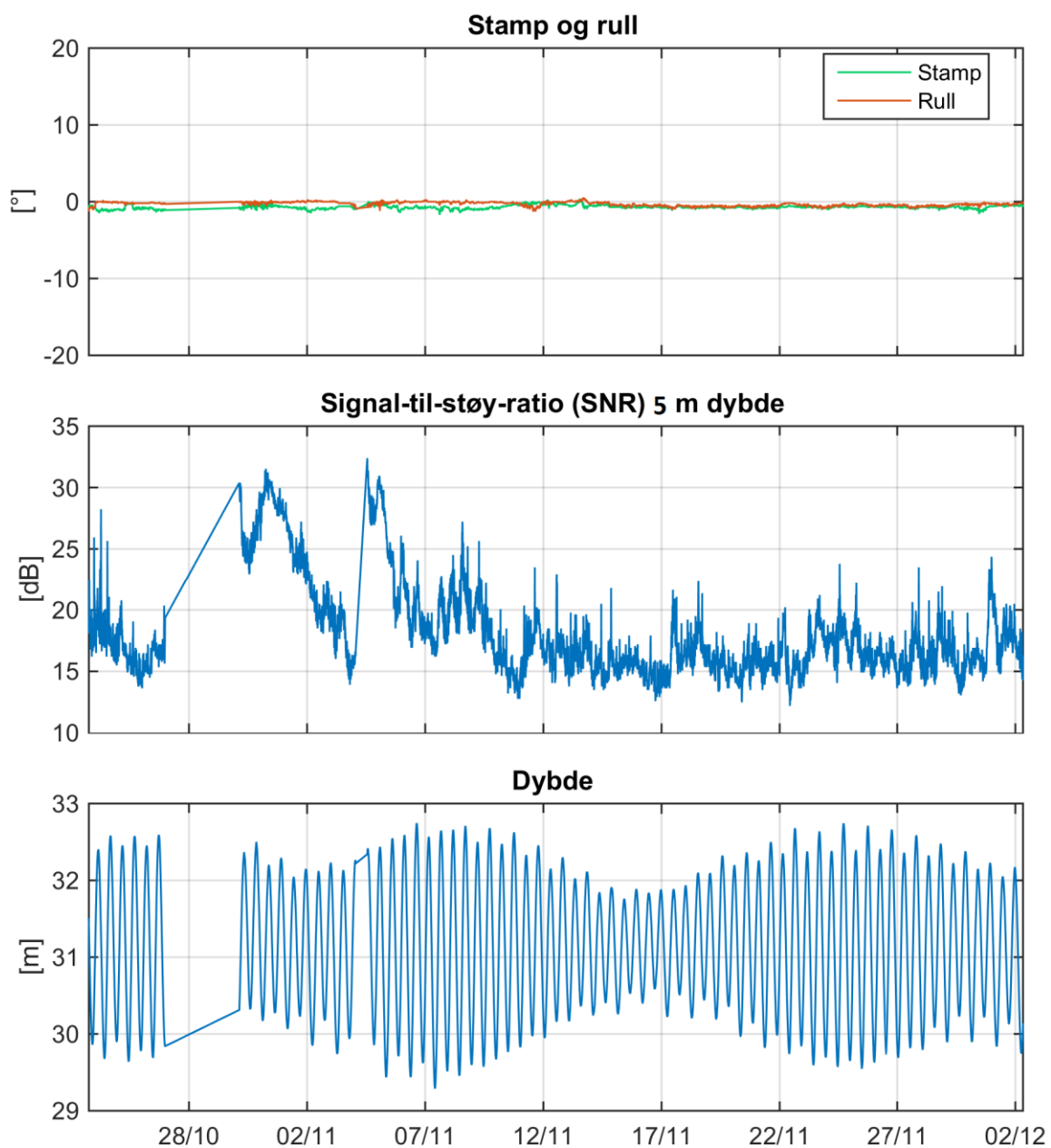
Det er gjennomført kvalitetssikring etter anbefalingene av instrumentenes produsent. Som kriterier brukes stamp og rull, signalstyrke og standardavvik av enkeltmålingene. Generelt er anbefalingene som følgende:

- Seaguard: stamp og rull mindre enn 35° og standardavvik av enkeltmålingen ca. 4 cm/s
- Aquadopp Profiler: stamp og rull mindre enn 20°, SNR > 3 dB over støygulvet på instrumentet

Tilfeller hvor disse kriteriene ikke blir møtt, er vurdert kritisk. To perioder (27.10.2014 til 30.10.2014 og 04.11.2014, totalt 3 dager) er fjernet fra Aquadopp dataen pga. høy signalstyrke som sannsynligvis skyldes refleksjoner fra riggen. I tillegg til anbefalingene over ble målingene sjekket for uteliggere som også ble fjernet. Data som ble fjernet er beskrevet i Appendiks D. Figur 16 viser noen av parametrene etter datarensing.

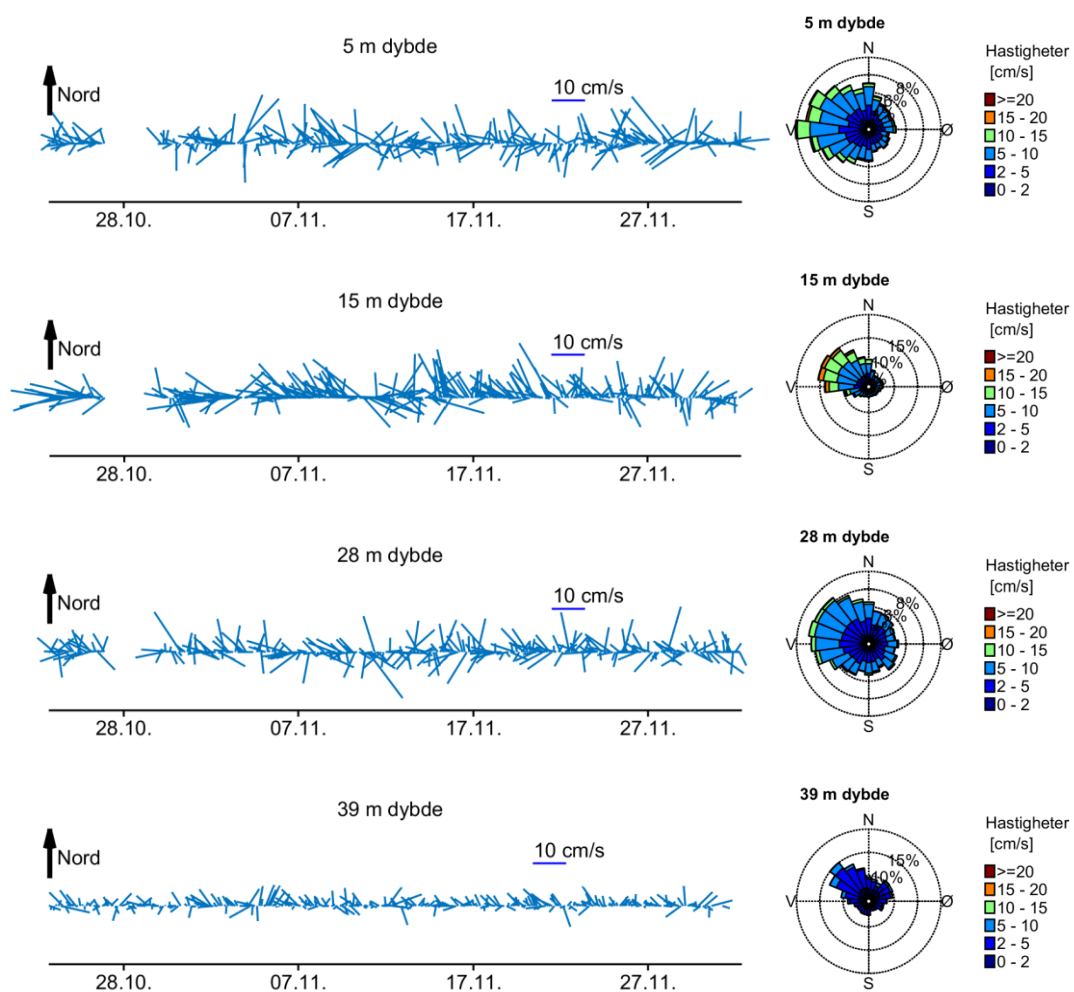


Figur 16: Kvalitetssikring Seaguard 39 m etter datarensing



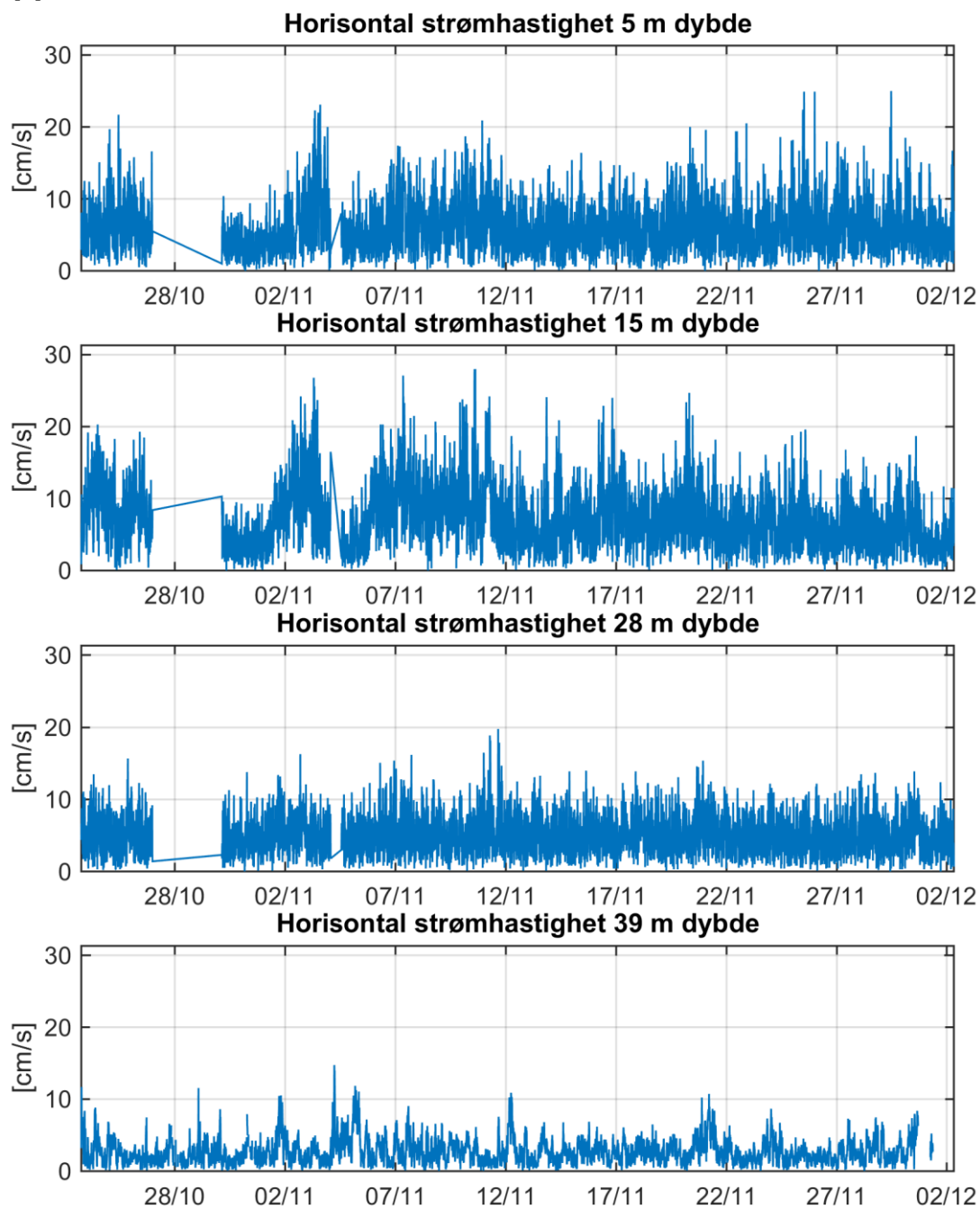
Figur 17: Kvalitetssikring Aquadopp Profiler 31 m etter datarensing

Appendiks B Pinne- og rosedigram

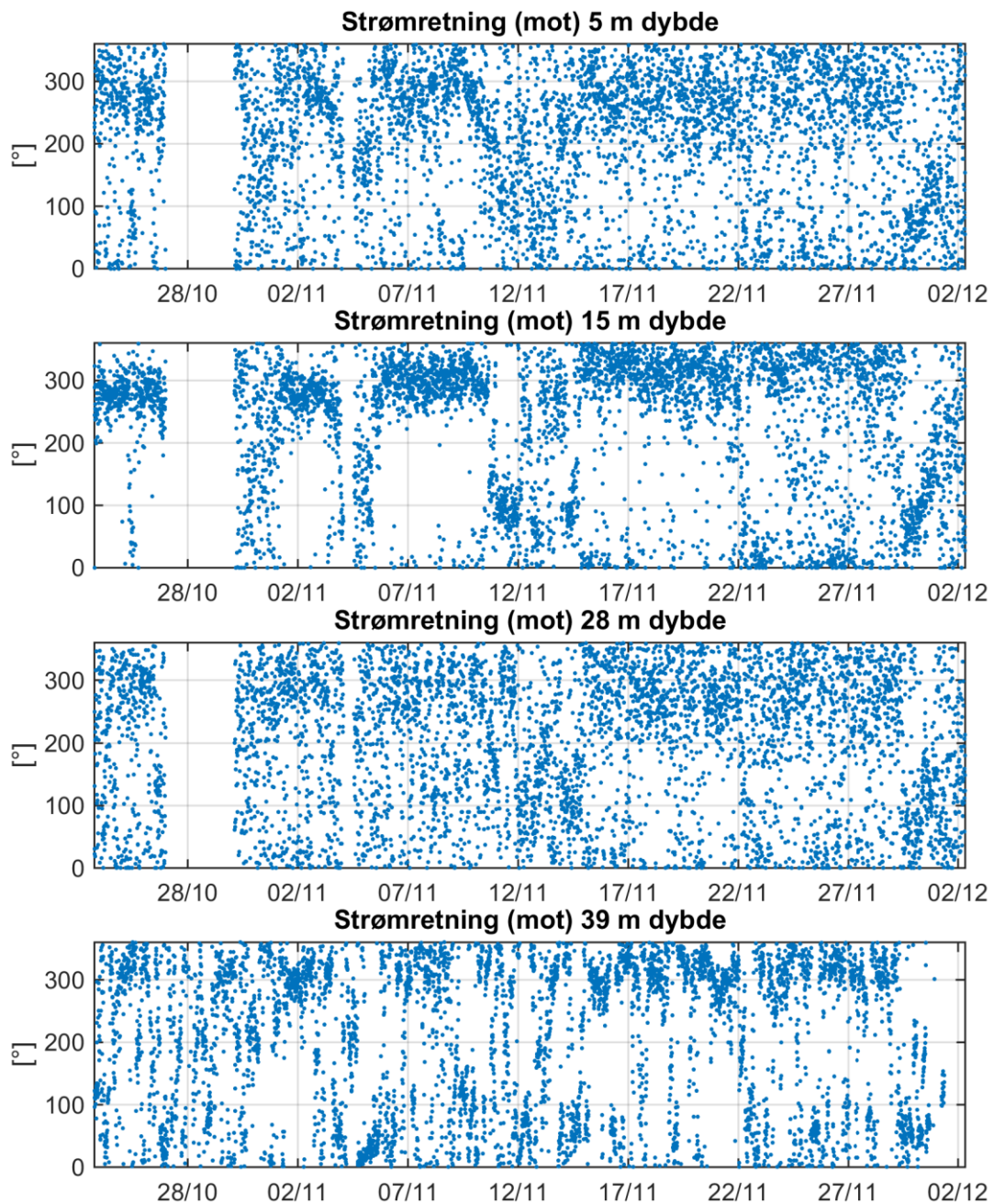


Figur 18: Strømretninger og strømhastigheter: pinnediagram som viser hastighet og retning over tid (en strek hver tredje time); rosedigram som viser fordelingen av retninger i kompasset og hastigheter i farge

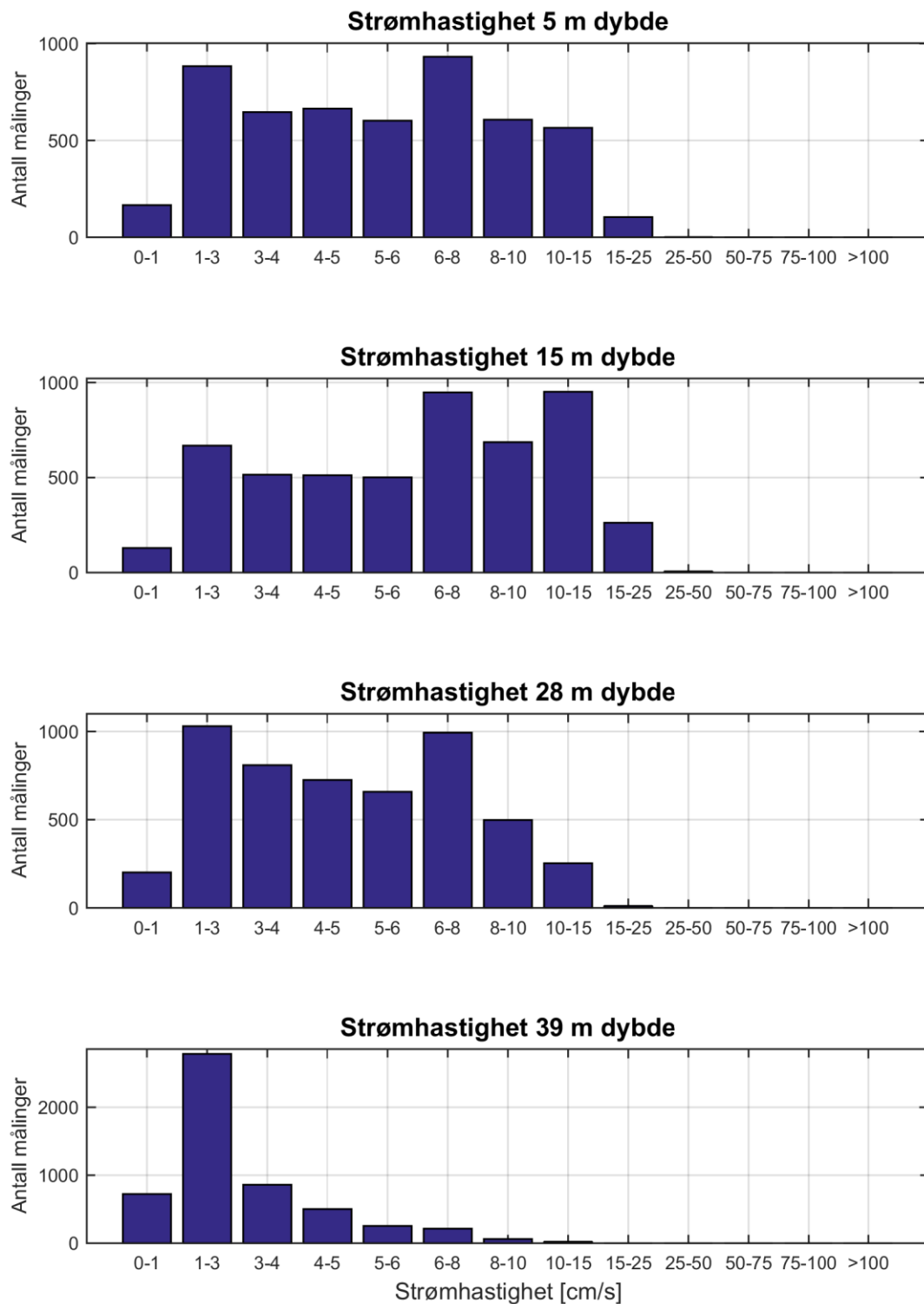
Appendiks C Tidsserier



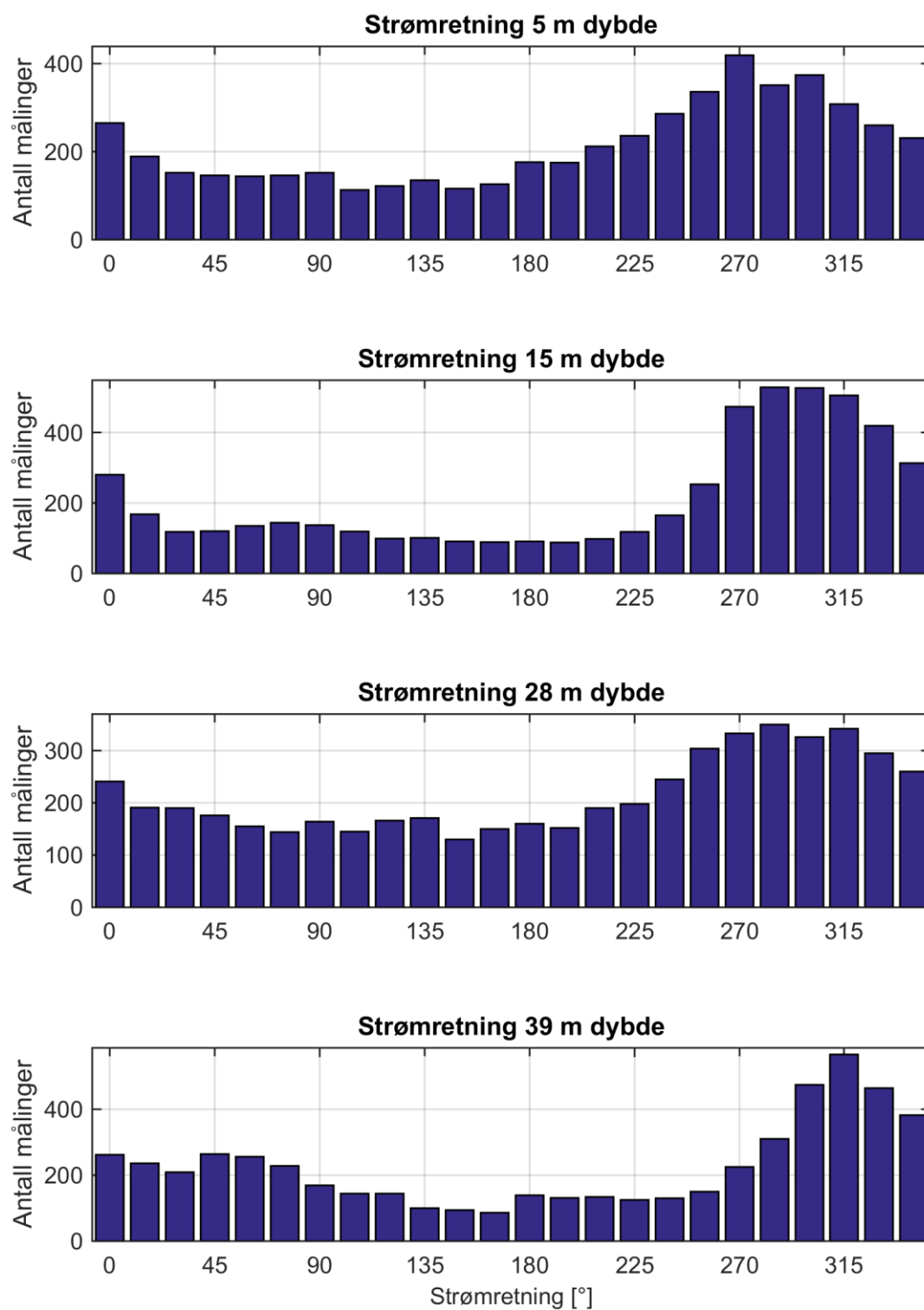
Figur 19: Tidsserier av horisontal strømhastighet



Figur 20: Tidsserier av horisontal strømretning



Figur 21: Histogram av horisontal strømhastighet



Figur 22: Histogram av horisontal strømretning

Tabell 5: Strømstyrke-retningsmatrise ved 5 m dybde som inneholder antall målinger for hver retningssektor (15 grader, sentrert) og hastighetsintervall samt utskiftning per retningssektor

	Strømhastighet [cm/s]														Utskiftning	
	0-1	1-3	3-4	4-5	5-6	6-8	8-10	10-15	15-25	25-50	50-75	75-100	>100	Sum%	m ³ /m ²	%
0°	14	55	33	28	34	51	27	19	3	1	0	0	0	5	8501	5
15°	7	39	26	25	27	25	18	18	4	0	0	0	0	4	6281	3
30°	4	31	19	29	16	24	16	6	7	0	0	0	0	3	5152	3
45°	3	31	16	22	17	29	18	8	2	0	0	0	0	3	4763	3
60°	8	27	24	18	14	20	17	11	5	0	0	0	0	3	4838	3
75°	6	23	25	18	16	33	10	12	3	0	0	0	0	3	4907	3
90°	13	36	16	17	13	30	9	14	4	0	0	0	0	3	4837	3
105°	2	25	14	19	13	22	5	11	2	0	0	0	0	2	3670	2
120°	9	31	20	17	12	14	8	7	4	0	0	0	0	2	3617	2
135°	0	37	18	24	22	16	12	5	1	0	0	0	0	3	3946	2
150°	6	28	26	18	13	12	7	6	0	0	0	0	0	2	3188	2
165°	6	24	22	25	10	17	14	8	0	0	0	0	0	2	3764	2
180°	9	50	22	23	18	30	16	8	0	0	0	0	0	3	4935	3
195°	4	36	20	25	26	40	13	9	2	0	0	0	0	3	5574	3
210°	5	37	28	30	26	36	23	25	2	0	0	0	0	4	7414	4
225°	6	39	29	29	26	46	30	26	5	0	0	0	0	5	8635	5
240°	6	38	40	38	39	44	35	39	7	0	0	0	0	6	10786	6
255°	9	48	23	44	56	70	43	31	12	0	0	0	0	6	12670	7
270°	14	57	47	42	39	76	54	79	11	0	0	0	0	8	16999	9
285°	6	38	34	30	29	72	65	63	14	0	0	0	0	7	15289	8
300°	8	40	44	42	42	72	55	64	7	0	0	0	0	7	14957	8
315°	8	33	29	43	40	61	45	44	5	0	0	0	0	6	12007	7
330°	10	38	40	32	36	41	33	27	3	0	0	0	0	5	9032	5
345°	3	42	31	26	18	51	34	25	1	0	0	0	0	4	8258	4
Sum%	3	17	12	13	12	18	12	11	2	0	0	0	0			

Tabell 6: Strømstyrke-retningsmatrise ved 15 m dybde som inneholder antall målinger for hver retningssektor (15 grader, sentrert) og hastighetsintervall samt utskiftning per retningssektor

	Strømhastighet [cm/s]														Utskiftning	
	0-1	1-3	3-4	4-5	5-6	6-8	8-10	10-15	15-25	25-50	50-75	75-100	>100	Sum%	m ³ /m ²	%
0°	21	37	30	34	31	53	26	46	2	0	0	0	0	5	10028	4
15°	2	32	16	17	22	41	23	14	1	0	0	0	0	3	5950	3
30°	5	25	24	20	12	15	7	10	0	0	0	0	0	2	3418	2
45°	8	22	22	11	11	22	16	8	0	0	0	0	0	2	3786	2
60°	4	28	21	21	11	18	16	15	1	0	0	0	0	3	4478	2
75°	5	22	15	18	12	26	20	23	3	0	0	0	0	3	5698	3
90°	2	29	13	18	12	15	13	24	11	0	0	0	0	3	5780	3
105°	5	20	11	12	11	19	13	22	6	0	0	0	0	2	5010	2
120°	1	18	19	13	13	18	4	9	4	0	0	0	0	2	3446	2
135°	4	25	10	12	10	13	13	11	3	0	0	0	0	2	3482	2
150°	6	23	13	8	10	16	6	9	0	0	0	0	0	2	2719	1
165°	3	26	13	10	11	13	11	2	0	0	0	0	0	2	2458	1
180°	6	26	7	15	18	12	7	0	0	0	0	0	0	2	2317	1
195°	5	23	18	12	13	12	3	2	0	0	0	0	0	2	2186	1
210°	5	19	14	19	13	17	8	3	0	0	0	0	0	2	2800	1
225°	4	20	22	10	15	27	12	8	0	0	0	0	0	2	3791	2
240°	6	21	26	20	19	27	26	15	4	1	0	0	0	3	6148	3
255°	4	33	18	22	29	50	27	41	28	1	0	0	0	5	12390	6
270°	7	57	39	40	38	65	72	105	49	1	0	0	0	9	23407	11
285°	6	40	39	28	43	86	88	142	56	0	0	0	0	10	27949	13
300°	2	30	34	45	43	104	87	150	28	3	0	0	0	10	26681	12
315°	6	27	36	32	42	113	82	135	32	0	0	0	0	10	25324	11
330°	7	27	30	45	38	95	59	97	21	0	0	0	0	8	19979	9
345°	5	38	25	30	24	71	47	60	13	0	0	0	0	6	13684	6
Sum%	2	13	10	10	10	18	13	18	5	0	0	0	0			

Tabell 7: Strømstyrke-retningsmatrise ved 28 m dybde som inneholder antall målinger for hver retningssektor (15 grader, sentrert) og hastighetsintervall samt utskiftning per retningssektor

	Strømhastighet [cm/s]														Utskiftning	
	0-1	1-3	3-4	4-5	5-6	6-8	8-10	10-15	15-25	25-50	50-75	75-100	>100	Sum%	m ³ /m ²	%
0°	20	45	44	33	26	41	19	13	0	0	0	0	0	5	6788	4
15°	4	40	27	33	24	36	24	3	0	0	0	0	0	4	5670	4
30°	7	48	28	29	26	35	12	5	0	0	0	0	0	4	5181	3
45°	10	35	37	29	22	27	13	3	0	0	0	0	0	3	4688	3
60°	14	34	26	25	24	20	9	3	0	0	0	0	0	3	3968	3
75°	10	35	25	19	19	18	12	6	0	0	0	0	0	3	3922	3
90°	19	41	15	25	19	26	13	6	0	0	0	0	0	3	4336	3
105°	5	42	21	17	11	30	15	4	0	0	0	0	0	3	4116	3
120°	4	35	29	19	24	30	15	10	0	0	0	0	0	3	5030	3
135°	6	39	35	21	26	25	10	8	1	0	0	0	0	3	4812	3
150°	5	34	22	21	16	15	9	7	1	0	0	0	0	3	3637	2
165°	10	36	27	23	18	20	16	0	0	0	0	0	0	3	3917	2
180°	13	33	30	20	19	25	13	7	0	0	0	0	0	3	4429	3
195°	8	37	20	27	18	28	11	3	0	0	0	0	0	3	4145	3
210°	9	47	33	28	19	32	16	6	0	0	0	0	0	4	5200	3
225°	3	46	35	26	26	35	18	9	0	0	0	0	0	4	5924	4
240°	4	48	29	37	34	57	20	16	0	0	0	0	0	5	7769	5
255°	6	48	43	40	35	79	31	22	0	0	0	0	0	6	10209	7
270°	8	61	52	40	44	63	38	25	2	0	0	0	0	6	10915	7
285°	8	61	42	40	43	80	42	33	1	0	0	0	0	7	12127	8
300°	9	35	42	57	46	75	41	19	2	0	0	0	0	6	11111	7
315°	4	60	47	44	52	68	46	17	4	0	0	0	0	7	11365	7
330°	5	55	51	39	37	66	29	13	0	0	0	0	0	6	9155	6
345°	10	35	49	33	30	62	26	15	0	0	0	0	0	5	8279	5
Sum%	4	20	16	14	13	19	10	5	0	0	0	0	0			

Tabell 8: Strømstyrke-retningsmatrise ved 39 m dybde som inneholder antall målinger for hver retningssektor (15 grader, sentrert) og hastighetsintervall samt utskiftning per retningssektor

	Strømhastighet [cm/s]														Utskiftning	
	0-1	1-3	3-4	4-5	5-6	6-8	8-10	10-15	15-25	25-50	50-75	75-100	>100	Sum%	m ³ /m ²	%
0°	41	142	37	20	10	8	4	0	0	0	0	0	0	5	4035	5
15°	34	123	29	20	11	15	3	1	0	0	0	0	0	4	3855	4
30°	38	102	17	12	5	19	12	4	0	0	0	0	0	4	3832	4
45°	42	149	32	16	10	5	5	5	0	0	0	0	0	5	4127	5
60°	28	151	37	19	10	8	3	0	0	0	0	0	0	5	3934	4
75°	28	134	35	12	5	12	1	1	0	0	0	0	0	4	3499	4
90°	31	102	24	5	3	1	2	1	0	0	0	0	0	3	2251	3
105°	30	73	15	10	7	5	4	0	0	0	0	0	0	3	2162	2
120°	32	74	13	12	4	8	1	0	0	0	0	0	0	3	2117	2
135°	32	46	12	4	4	2	0	0	0	0	0	0	0	2	1179	1
150°	17	60	7	7	2	0	0	1	0	0	0	0	0	2	1245	1
165°	18	46	6	9	4	3	0	0	0	0	0	0	0	2	1235	1
180°	30	79	10	6	8	6	0	0	0	0	0	0	0	3	1849	2
195°	24	79	17	6	3	2	0	0	0	0	0	0	0	2	1717	2
210°	24	78	15	7	5	5	0	0	0	0	0	0	0	2	1838	2
225°	21	85	9	8	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	1622	2
240°	25	75	16	5	5	3	1	0	0	0	0	0	0	2	1750	2
255°	22	87	24	10	2	4	1	0	0	0	0	0	0	3	2129	2
270°	27	122	27	24	13	6	5	1	0	0	0	0	0	4	3692	4
285°	27	131	65	37	26	18	5	1	0	0	0	0	0	6	5901	7
300°	30	177	107	82	40	31	6	1	0	0	0	0	0	9	9840	11
315°	40	229	131	81	46	29	6	4	0	0	0	0	0	10	11329	13
330°	38	237	88	61	22	15	2	1	0	0	0	0	0	9	8110	9
345°	45	205	87	29	9	7	0	0	0	0	0	0	0	7	5796	7
Sum%	13	51	16	9	5	4	1	0	0	0	0	0	0			

Appendiks D Fjernet data

Nortek data:

Fjernet 6 punkter på grunn av instrumentdybde utenfor [27.01, 35.21]:
02-Dec-2014 07:57:00 til 02-Dec-2014 08:47:00

Fjernet 4 punkter på grunn av temperatur utenfor [2.95, 7.29]:
02-Dec-2014 08:17:00 til 02-Dec-2014 08:47:00

Antall NaN (hull) i intervallet: 0

Fjernet 6 celler mellom -6 og 4 m dybde pga. overflate/støy

Fjernet periodene 27-Oct-2014 00:07:00 til 30.10.2014 02:57:00 og 04-Nov-2014 01:37:00 til 12:57:00 pga. høy signalstyrke som sannsynligvis skyldes refleksjoner fra riggen.

Fjernet punkter utenfor intervallet 23-Oct-2014 18:16:25 - 02-Dec-2014 07:47:00 for å bruke overlappende periode mellom de forskjellige instrumentene.

RCM data:

Fjernet 4 punkter på grunn av pitch/roll >35:

02-Dec-2014 08:06:26 til 02-Dec-2014 08:36:25

Fjernet 2 punkter på grunn av standardavvik utenfor [0.00, 10.00]:
27-Oct-2014 20:16:25, 02-Dec-2014 08:46:26

Fjernet 213 punkter på grunn av konduktivitet utenfor [26.26, 38.88]:
30-Nov-2014 17:06:26 til 30-Nov-2014 20:56:25, 30-Nov-2014 21:16:25 til
30-Nov-2014 22:06:25, 30-Nov-2014 22:26:25 til 01-Dec-2014 05:36:25,
01-Dec-2014 06:06:26, 01-Dec-2014 09:06:26 til 02-Dec-2014 07:46:25,
02-Dec-2014 08:46:26

Fjernet 64 punkter på grunn av oksygen utenfor [84.60, 92.03]:
27-Oct-2014 22:46:25 til 28-Oct-2014 00:36:26, 28-Oct-2014 01:16:26,
28-Oct-2014 01:36:26 til 28-Oct-2014 03:16:25, 28-Oct-2014 03:46:25,
28-Oct-2014 04:06:25 til 28-Oct-2014 05:36:25, 31-Oct-2014 06:26:25,
31-Oct-2014 07:16:26 til 31-Oct-2014 07:26:25, 31-Oct-2014 08:16:25 til
31-Oct-2014 09:36:26, 31-Oct-2014 10:16:26 til 31-Oct-2014 10:26:25,
31-Oct-2014 12:16:25 til 31-Oct-2014 14:16:25, 31-Oct-2014 17:26:26,
02-Dec-2014 08:46:26

Fjernet 1 punkter på grunn av temperatur utenfor [2.86, 7.64]:
02-Dec-2014 08:46:26

Antall NaN (hull) i intervallet: 276

Fjernet punkter utenfor intervallet 23-Oct-2014 18:16:25 - 02-Dec-2014 07:47:00 for å bruke overlappende periode mellom de forskjellige instrumentene.

Appendiks E Instrumentspesifikasjoner

Tabell 9: Instrumentspesifikasjonene

	Seaguard	Nortek Aquadopp
Horisontal nøyaktighet	± 0.15 cm/s, $\pm 1\%$	± 2.7 cm/s, $\pm 1\%$
Vertikal nøyaktighet		± 0.9 cm/s,
Enkeltving statistisk støy	± 0.3 cm/s	
Nøyaktighet retning	$\pm 5^\circ$ - 7.5°	$\pm 2^\circ$
Temperatur nøyaktighet	$\pm 0.03^\circ\text{C}$	$\pm 0.1^\circ$

Appendiks F Kalibrering Seaguard RCM 1139

Tabell 10: Test og spesifikasjoner

Produkt	Dato	Utført av
Seaguard RCM SW	29.04.2013	Aanderaa
Main Assembly Seaguard 9340	29.04.2013	Aanderaa
DCS 4420	25.04.2013	Aanderaa
Conductivity Sensor 4319A	05.04.2013	Aanderaa
Oxygen optode 4835	22.02.2013	Aanderaa
Temperature Sensor 4060	21.03.2013	Aanderaa

Tabell 11: Kalibrering

Produkt	Dato	Utført av
Conductivity Sensor 4319A	02.05.2013	Aanderaa
Oxygen optode 4835	21.02.2013	Aanderaa
Temperature Sensor 4060	10.04.2013	Aanderaa

Appendiks G Kalibrering Nortek Aquadopp 6990

Tabell 12: Test og spesifikasjoner

	Dato	Utført av
Service/test	19.08.2014	Nortek
Funksjonstest	20.09.2014	Multiconsult
Tilt	20.09.2014	Multiconsult
Temperatur	20.09.2014	Multiconsult
Kompass	20.09.2014	Multiconsult
Ping sjekk	20.09.2014	Multiconsult

Tabell 13: Kalibrering

	Dato	Utført av
Kompass kalibrering	20.09.2014	Multiconsult
Støygulvet (måling i luft)	02.12.2014	Multiconsult