

Oppdragsgiver	
Firma	Kystverket
Kontaktperson	Arnt Edmund Ofstad
Dokument type	Strømrappport med hydrografi
Tittel	Strømrappport med hydrografi, Leirpollen, Tana kommune, 2015
Prosjektnr.	712828-1
Filplassering	Enterprise Connect\Livelink\Enterprise\02 OPPDRAG\04 SAMFERDSEL OG INFRA\SI 7xxxxx NORD\SI 712500 - 712999\712828-1 Leirpollen og Stangnes\712828-1-03 ARBEIDSSOMRÅDE\712828-1-02 RIMT\712828-1-01-RIMT ARBEIDSDOKUMENTER

Sammendrag

Det er utført strømmålinger tre steder ved Leirpollen, Tana kommune, i perioden 07.05.2015 - 18.08.2015 (LP1, LP2, LP3) og gjord hydrografiske målinger med CTD ved syv stasjoner tre ganger i løpet av sommeren 2015.

Gjennomsnitts- og maksimalstrøm og andel nullmålinger er som følgende:

Navn	Dybde [m]	Gjennomsnittstrøm [cm/s]	Maksimalstrøm [cm/s]	Retning av maksimalstrøm [°]	Målinger <=1cm/s [%]
LP1	9 m	44	131	153	0.3
LP2	11 m	7	72	267	4.1
LP3	21 m	3	36	19	10.0

Hydrografi: Det er gjennomført tre CTD-profiler med turbiditet på hver av de syv stasjonene på følgende datoer: 01.06, 13.07 og 18.08. Tidligere er det rapportert hydrografiske målinger fra de samme syv stasjonene 23.03.2015 og 06.05.2015 (Multiconsult, 2015). Disse målingene viser overflatelaget blir ferskere fra målingene i mars og gjennom hele perioden til 18.08.2015. Dette laget er mellom 5 og 20 m tykt. Fra mars til mai øker turbiditeten noe fra 0.2 til 0.3 NTU. Fra juni til juli øker turbiditeten videre opp mot 1.0 NTU, for så å avta i august til mellom 0.2 og 0.5 NTU.

Horisontal strøm ved bunnen: Det er målt strøm med gjennomsnittshastighet på mellom 3 og 34 cm/s ved bunnen ved tre steder. Strømmens hovedretning veksler mellom nordvest (vest) og sørøst (øst) ved LP1 (LP2). Ved LP3 er strømbildet mer varierende. Det er registrert få målinger med strømhastighet < 1 cm/s.

Turbiditetstidsserie ved bunnen: Turbiditeten ligger stort sett rundt 1 frem mot midten av juli ved alle tre målepunkter. Fra og med slutten av juli til opptak 18.08 øker turbiditeten opp mot verdier på omtrent 100 NTU. Dette kan blant annet være på grunn av gro på instrumentene og biologisk produksjon i området.

Tidevann: Tidevannet spiller en stor rolle i det totale strømbildet ved Leirpollen. Mulige andre prosesser som påvirker strømmen er vannføringen i Tanaelva, vær-situasjon over et større område (f.eks. trykk, temperatur, vind), variasjoner i kyststrømmen og ferskvannsavrenning som bidrar til lagdeling i sommerhalvåret.

Oppdragsleder Karen Kalstad Forseth

Saksbehandler Håvard Muus Falck

REVISJONSSTATUS

Rev	Dato	Beskrivelse	Måling utf	Utf	Kntr	Godkjent
0	15.10.2015	Strømrappport med hydrografi	SAF/EB	HMF	JB	BB

1 Innhold

1	Innhold	3
2	Hydrografi.....	4
3	Oversikt – Strømmålinger.....	7
4	Statistisk analyse - Strømmålinger	10
5	Vannutskiftning og nullmålinger.....	13
6	Tidevann	15
7	Miljøparametere	18
8	Sammendrag.....	20
9	Referanser	22
	Appendiks A Måling og kvalitetssikring.....	23
	Appendiks B Pinne- og rosedigram	25
	Appendiks C Tidsserier og retningsfordeling, LP1	26
	Appendiks D Tidsserier og retningsfordeling, LP2	28
	Appendiks E Tidsserier og retningsfordeling, LP3	30
	Appendiks F Fjernet data, LP1.....	32
	Appendiks G Fjernet data, LP2.....	33
	Appendiks H Fjernet data, LP3.....	33
	Appendiks I Instrumentspesifikasjoner	34
	Appendiks J Kalibrering Seaguard RCM 1020.....	34
	Appendiks K Kalibrering Seaguard RCM 1022	34
	Appendiks L Kalibrering Seaguard RCM 503	35

2 Hydrografi

Det ble gjennomført hydrografiske profilmålinger ved syv stasjoner i forbindelse med strømmålinger ved Leirpollen. Det er tidligere rapportert hydrografiske målinger for de samme syv stasjonene 23.03.2015 og 06.05.2015 (Multiconsult, 2015).

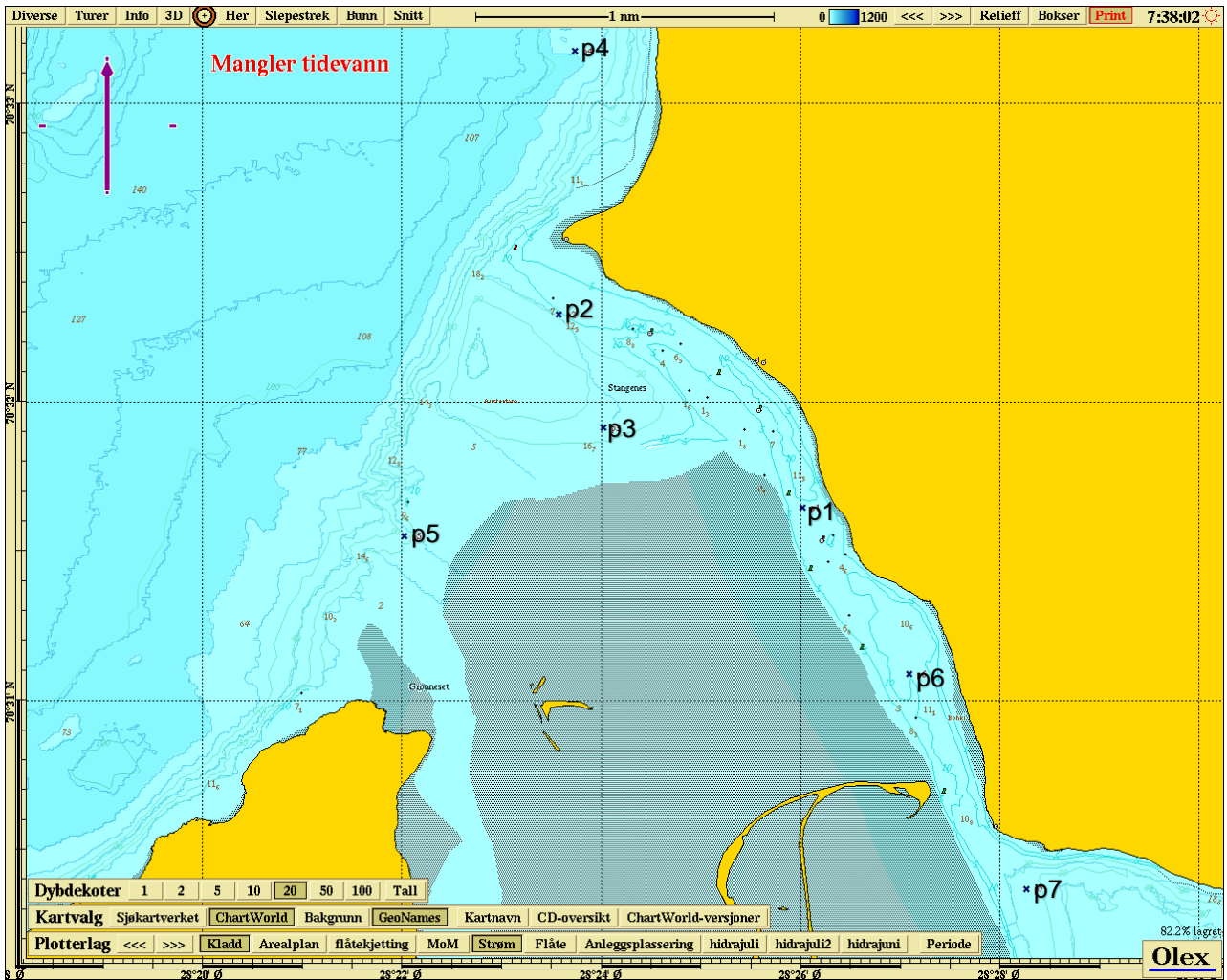
Figur 1 viser et kart der de forskjellige stasjonene er vist. Alle stasjonene ble målt tre ganger (01.06, 13.07 og 18.08.2015) og alle målingene er presentert i Figur 2 til Figur 4. Legg merke til at fargen på hver profil varierer mellom figurene. Instrumentet som ble brukt var en mini CTD-sonde, modell SD204, serienummer 937 produsert av SAIV. Det ble målt salt, temperatur, oksygenmetning og turbiditet fra bunnen til overflaten.

Turbiditet er et mål på hvor gjennomsiktig vannet som måles er. Gjennomsiktigheten bestemmes av hvilke partikler som er til stede i vannet sammen med mengden av de. Det eksisterer mange enheter for turbiditet, i denne rapporten er det brukt NTU (Nephelometric Turbidity Unit). Denne enheten måler hvor mye lys som spres av partiklene i vannet, og høyere turbiditetsverdier betyr mindre gjennomsiktig vann.

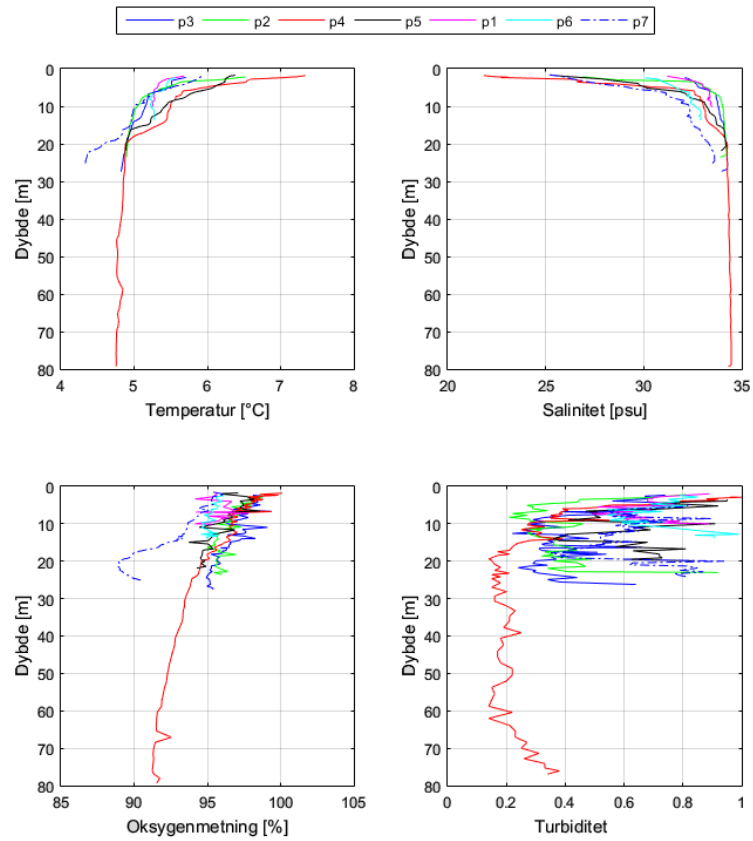
Den dypeste av stasjonene er målt ved Stangnes (p4). For posisjon og dyp for hver måling, se Tabell 1.

Tabell 1: Tabell med oversikt over posisjonene til de hydrografiske stasjonene samt dyp på stedet.

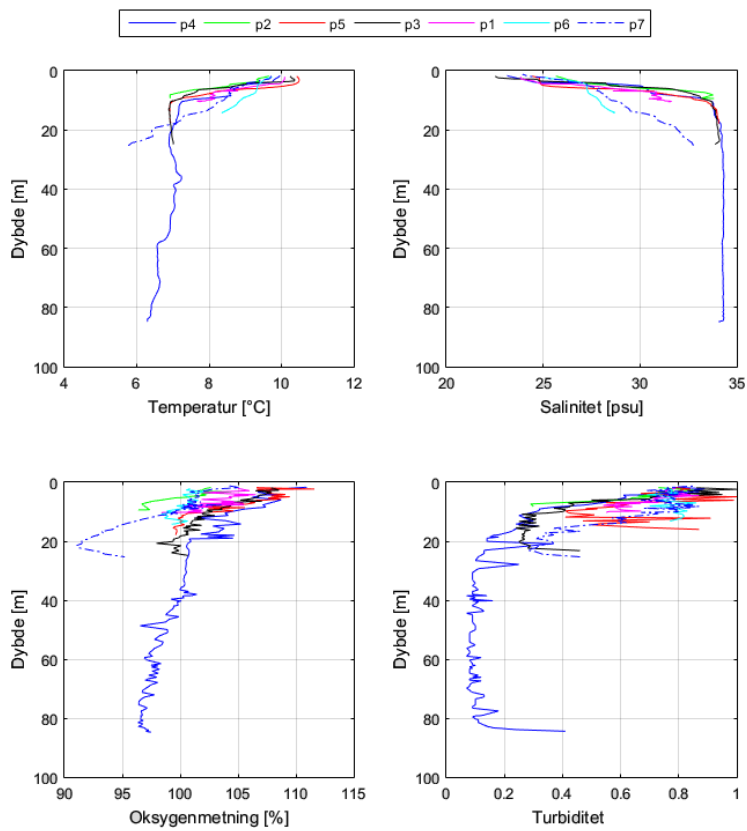
Navn	N	Ø	Ca. dybde [m]
p1	70° 31.643'	28° 26.022'	9
p2	70° 32.291'	28° 23.577'	9
p3	70° 31.912'	28° 24.018'	26
p4	70° 33.175'	28° 23.735'	75
p5	70° 31.548'	28° 22.026'	26
p6	70° 31.088'	28° 27.087'	13
p7	70° 30.367'	28° 28.265'	23



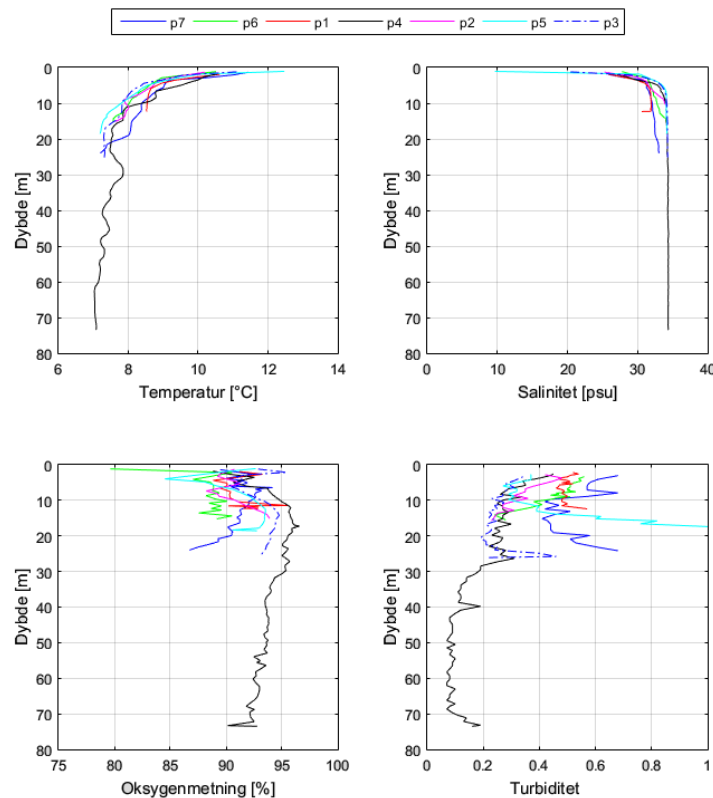
Figur 1: Plassering og nummerering av stasjoner hvor det ble gjennomført profilmålinger



Figur 2: Hydrografi, alle stasjoner, 01.06.2015. Turbiditet oppgitt i NTU



Figur 3: Hydrografi, alle stasjoner, 13.07.2015. Turbiditet oppgitt i NTU



Figur 4: Hydrografi, alle stasjoner, 18.8.2015. Turbiditet oppgitt i NTU

Målingene viser et ferskere og varmere vannlag i de øverste meterne, dette laget er dypest i juni. Under dette laget ser vi et kaldere og saltere lag der temperaturen øker med omtrent en grad fra juni til august. Turbiditeten er høyest i juni og juli med verdier mellom 0.3 til 1 NTU i juni og juli med unntak av stasjon p4 (Stangnes) i de øvre 20 m av vannsøylen. I juli viser målingene at turbiditeten er høyest i de øvre meterne og så avtar med dypet ned til 20 til 30 m. Turbiditeten i august er noe lavere enn juni og juli, og er generelt mellom 0.2 og 0.6. Generelt viser målingene en noe stigende turbiditet ved bunnen.

3 Oversikt – Strømmålinger

Strømmålinger ble foretatt ved Leirpollen i perioden 07.05.2015-18.08.2015 ved hjelp av tre strømmålere. De tre målerne refereres til som LP1, LP2 og LP3. Se Figur 1 for oversikt over hvor de var plassert. Det er tidligere rapportert strømmålinger for Stangnes i perioden 25.03.2015 til 05.05.2015 (Multiconsult, 2015).

Tabell 2 til Tabell 4 sammenfatter den viktigste bakgrunnsinformasjonen for målingene:

- **Plassering av måler:** Figur 5 og Figur 6 viser hvor måleriggene var plassert.
- **Målingsdybder:** Det ble satt ut tre doppler punktmålere på tre forskjellige steder (Merket LP1, LP2 og LP3 i Figur 6), se Tabell 2 til Tabell 4 for utfyllende informasjon om plassering. Målet er å kartlegge bunnstrøm i området.
- **Målingsutstyr:** Måleren ble forankret i bunn og hadde akustisk utløser slik at opphølet ikke var nødvendig. Beskrivelse av riggen og instrumentet er gitt i Appendiks A.
- **Kvalitetsvurdering av målte data:** Datasettet 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 102 dager ved LP1 og LP2, mens det ble målt i over 77 dager ved LP3.

Tabell 2: Generell informasjon om strømmålinger utført ved LP1, se også Figur 6

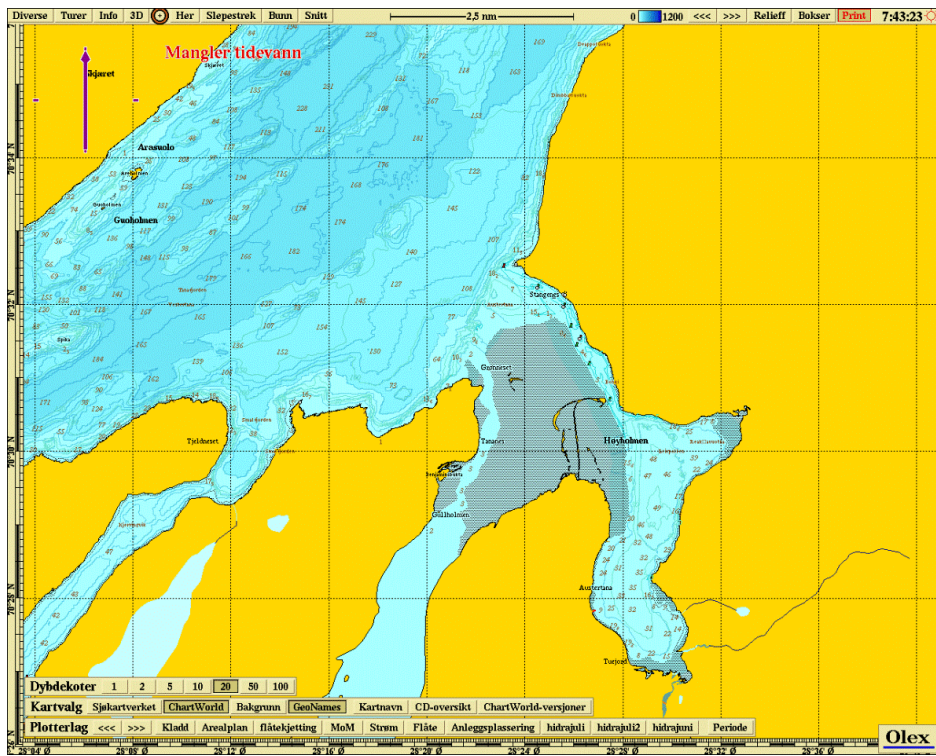
Posisjon	70°31.711 N 28°26.136 Ø
Ca. dybde på målestedet	12 m
Måleperiode	07-Mai-2015 10:20:23 til 18-Aug.-2015 08:42:12
Varighet	102 dager, 22 timer, 22 minutter
Antall målinger	14821
Kompassorientering	Mot magnetisk nord (ikke korrigert for misvisning)
Målertype - 9 m dybde	Doppler punktmåler (AADI RCM 400, Serienummer 1020), måling av horisontal strøm på instrumentdybde
Type måling - 9 m dybde	Burst (måling i 1 minutt), 200 ping
Frekvens	Hvert 10 minutt

Tabell 3: Generell informasjon om strømmålinger utført ved LP2, se også Figur 6

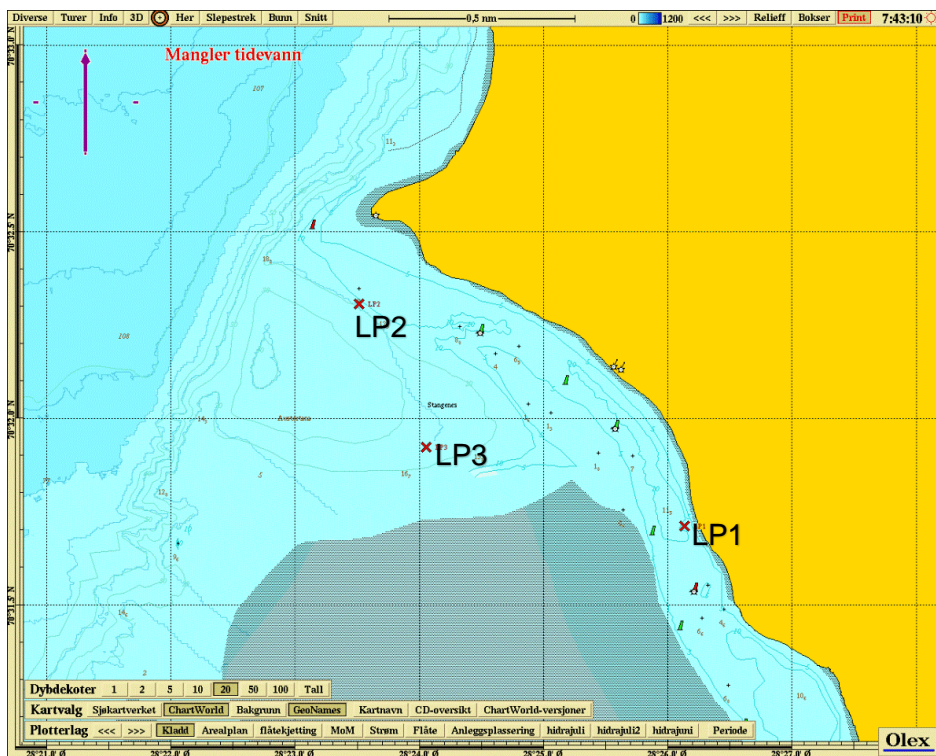
Posisjon	70°32.306 N 28°23.514 Ø
Ca. dybde på målestedet	15 m
Måleperiode	07-Mai-2015 18:09:59 til 18-Aug.-2015 09:29:59
Varighet	Over 102 dager
Antall målinger	14781
Kompassorientering	Mot magnetisk nord (ikke korrigert for misvisning)
Målertype - 11 m dybde	Doppler punktmåler (AADI RCM 400, Serienummer 1022), måling av horisontal strøm på instrumentdybde
Type måling - 11 m dybde	Burst (måling i 1 minutt), 200 ping
Frekvens	Hvert 10 minutt

Tabell 4: Generell informasjon om strømmålinger utført ved LP3, se også Figur 6

Posisjon	70°31.922 N 28°24.052 Ø
Ca. dybde på målestedet	25 m
Måleperiode	01-Jun.-2015 15:09:59 til 18-Aug.-2015 09:54:06
Varighet	Over 77 dager
Antall målinger	11200
Kompassorientering	Mot magnetisk nord (ikke korrigert for misvisning)
Målertype - 21 m dybde	Doppler punktmåler (AADI RCM 400, Serienummer 503), måling av horisontal strøm på instrumentdybde
Type måling - 21 m dybde	Burst (måling i 1 minutt), 200 ping
Frekvens	Hvert 10 minutt



Figur 5: Oversiktskart over Leirpollen og omliggende farvann. Se Figur 6 for oversikt over hvor strømmålerne ble satt ut



Figur 6: Området hvor de tre strømmålerne ble satt ut. Målepunktene er merket med rødt kryss. Dybdekotene har 20 meters dybdeintervall.

4 Statistisk analyse - Strømmålinger

Formålet med strømmålingen er å kvantifisere strømhastighet og -retning ved forskjellige dyp.

Dette kapittelet er en oppsummering av de viktigste statistiske egenskapene for bunnstrømmen ved de tre målestedene. For flere detaljer henvises det til:

- Kapittel 8: Statistikktabell
- Appendiks B: Rose- og pinnediagram

Tabell 5 viser maksimalstrøm i 8 retningssektorer for forskjellig dybde. Retningssektorene er sentrert rundt 0°, 45°, 90° osv.

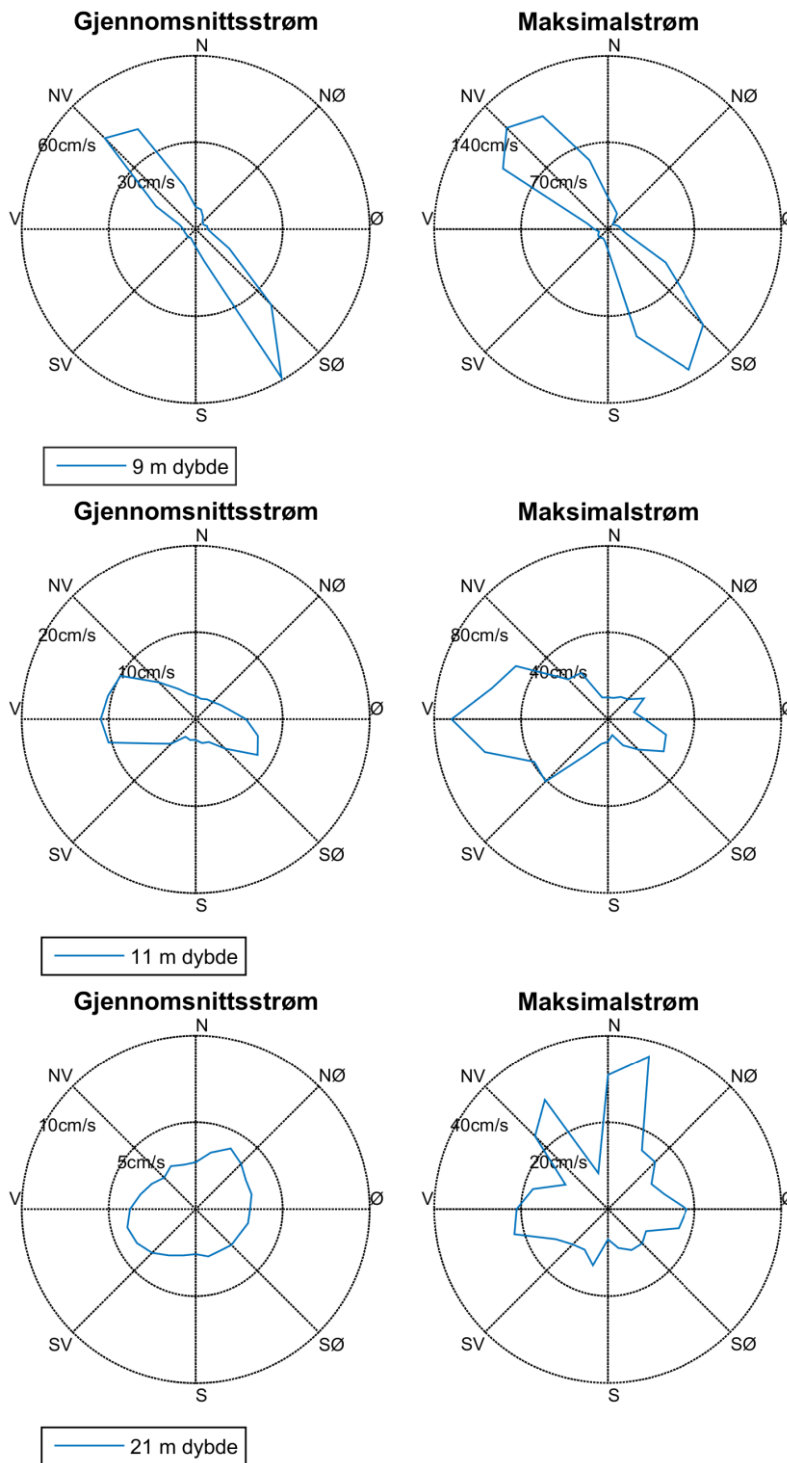
Figur 7 viser maksimal- og gjennomsnittsstrøm i 15 graders sektorer for forskjellige dybder.

Figur 8 er et progressiv vektordiagram som viser hvordan en tenkt vannpartikkel på en gitt dybde ville forflyttet 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 tyder det på at vannutskiftningen er bra. Dersom vannmassene driver fram og tilbake, kan utskiftningen være redusert.

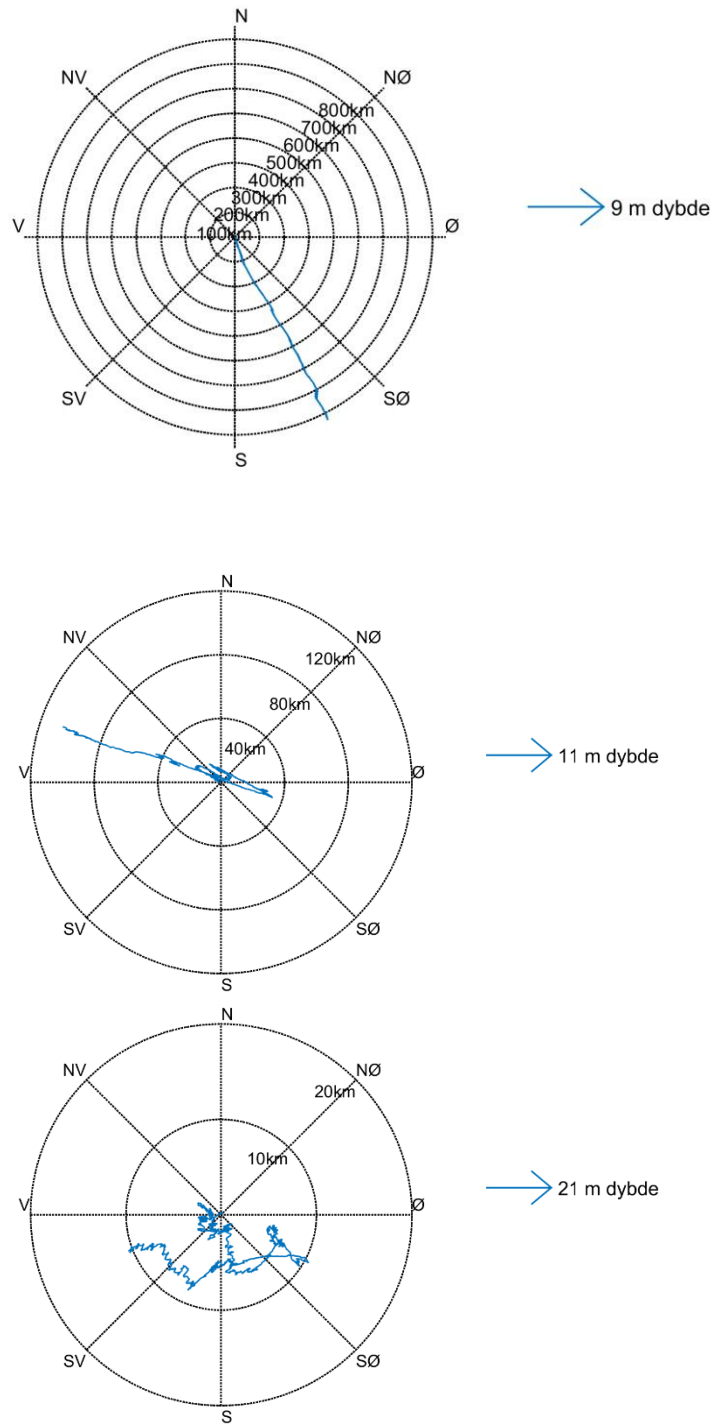
Maksimalstrømmen for denne lokaliteten ble målt ved LP1, 9 m dybde, og var 131 cm/s mot 153°. Figurene viser at strømmen ved LP1 og LP2 stort sett er rettet mot nordvest/vest og sørøst og øst. Ved LP3 er strømmen mindre ensartet og varierer gjennom hele perioden. Den sterkeste strømmen ved LP3 er nordlig rettet. Merk at det her er målt generelt lavere strøm enn ved LP1 og LP2.

Tabell 5: 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	
Navn	Dybde	Maksimal horisontal strøm [cm/s]								
LP1	9 m	58	15	16	131	89	10	17	115	131 (153°)
LP2	11 m	10	19	28	30	12	41	72	49	72 (267°)
LP3	21 m	36	16	18	11	13	14	22	29	36 (19°)



Figur 7: Gjennomsnitts- og maksimalstrøm for forskjellige retninger (15 graders sektorer) og dybder. Øverst: LP1, midten: LP2, nederst: LP3.



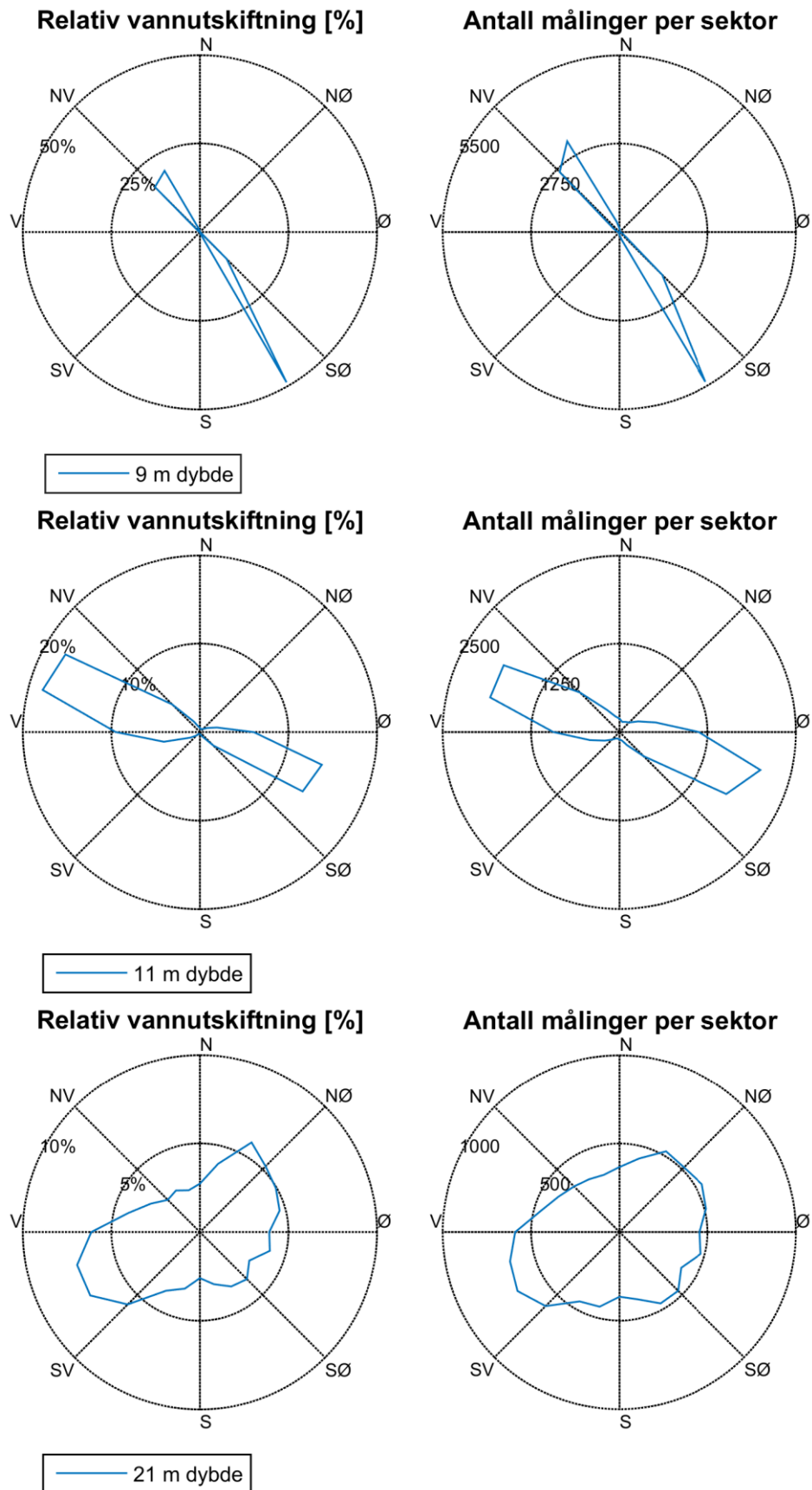
Figur 8: Progressiv vektor-diagram, viser forflytningen av en tenkt vannpartikkel i løpet av måleperioden. Øverst: LP1, midten: LP2, nederst: LP3.

5 Vannutskiftning og nullmålinger

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 6, mens nullmålingene er listet i Tabell 7 i Kapittel 8. Retningssektorene er sentrert rundt 0, 45, 90° osv. Figur 9 viser relativ vannutskiftning og antall målinger i 15 graders sektorer for forskjellige dybder.

Tabell 6: Vannutskiftning [m^3/m^2] i 8 sektorer. Den største vannutskiftningen for hvert dyp er uthevet.

Navn	Dybde	Retning (mot)								
		0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	Alle retninger
		N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	
		Vannutskiftning [m^3/m^2]								
LP1	9 m	36936	1260	2758	2332052	20856	2280	4661	1499383	3900185
LP2	11 m	9341	11799	143891	104071	4994	13164	206816	150308	644384
LP3	21 m	19943	34930	27601	22917	19490	36477	38096	18460	217915



Figur 9: Relativ vannutskiftingning og antall målinger per 15 grader sektor. Øverst: LP1, midten: LP2, nederst: LP3.

6 Tidevann

Det ble foretatt en tidevannsanalyse av den målte strømmen, som gir informasjon om tidevannets bidrag til strømbildet (Codiga, 2011). Tidevannet er en følge av tiltrekningskreftene mellom jord, måne og sol og de relative bevegelsene i jord-måne-solsystemet (Kartverket, 2014). Det finnes tidevannskomponenter med forskjellige perioder, som f.eks. halvdaglige (fra månen (M2) 12.42 timer og fra solen (S2) 12 timer), daglige (prinsipiell daglig månekomponent (O1) 25.82 timer) og komponenter med lengre perioder (spring-nippsyklus (MSF) 14.77 dager). Det er lokale forhold som avgjør hvilke komponenter som dominerer.

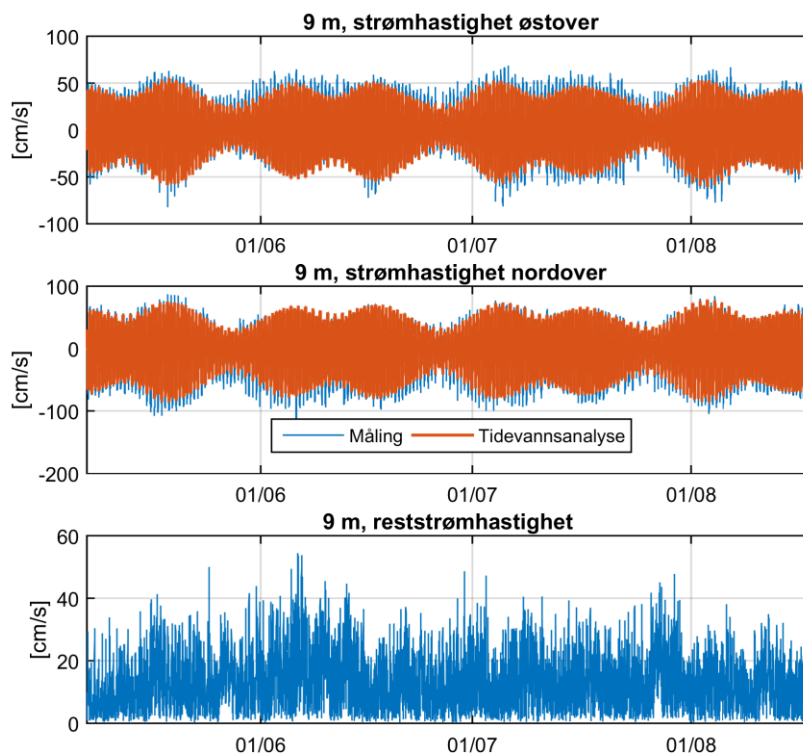
Resultatene fra tidevannsanalysen er gitt i Figur 10 til og med Figur 13.

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.

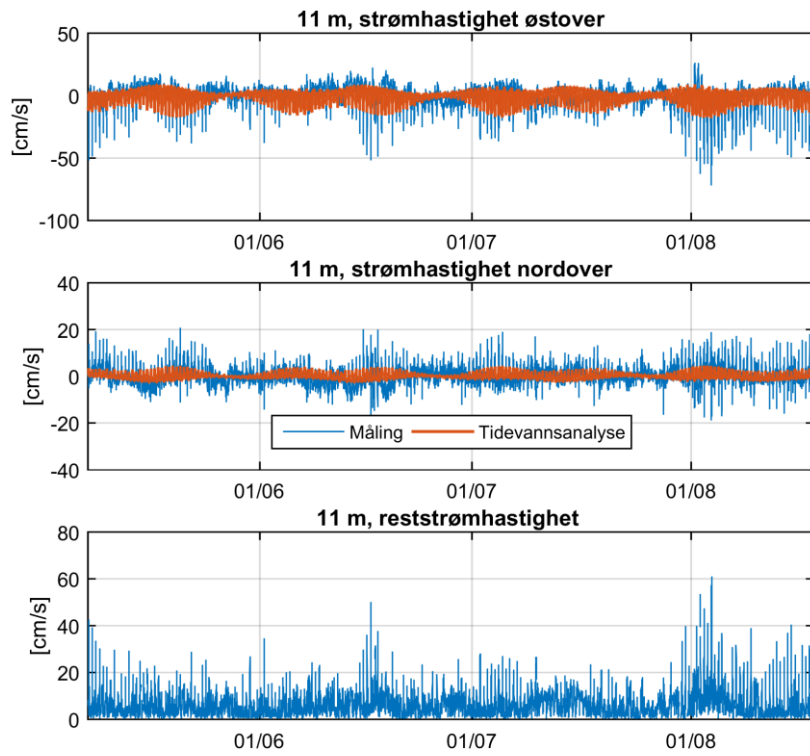
Figur 10 viser strømmålingen ved LP1 der det er observert et sterk tidevannsignal (maksimalverdi på 87 cm/s) sammen med reststrømhastigheter stort sett under 23 cm/s (signifikant maksimum). Maksimalreststrømmen er funnet til å være 54 cm/s ved LP1.

Strømmålingen ved LP2 er vist i Figur 11 og har maksimal tidevannsstrøm på 5 cm/s og reststrøm stort sett under 12 cm/s (signifikant maksimum). Maksimal reststrøm er funnet til å være 61 cm/s.

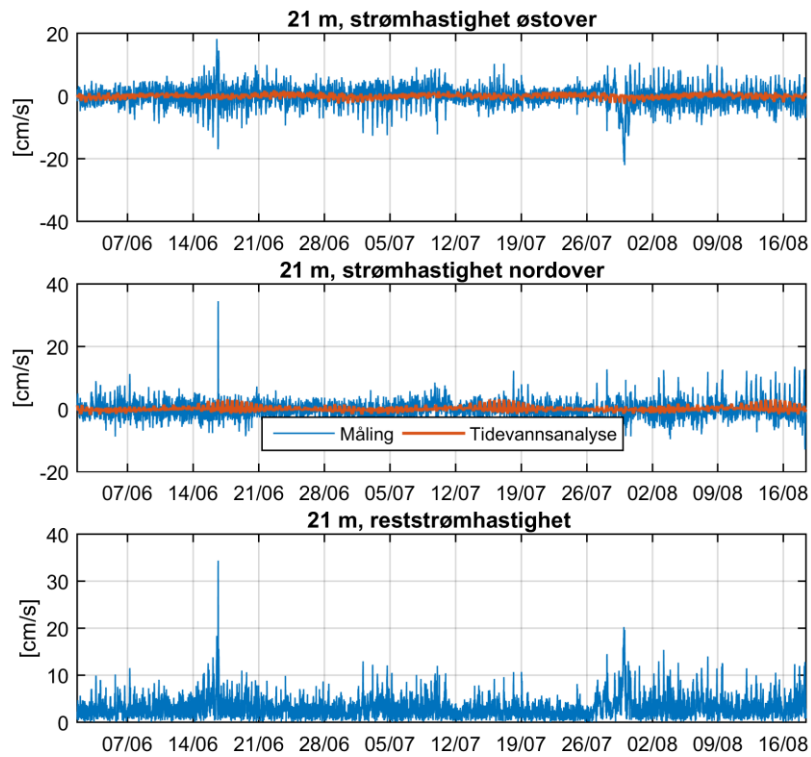
Figur 12 viser strømmålingen ved LP3 der det er målt maksimal tidevannsstrøm til 3 cm/s. Her er reststrømmen stort sett under 6 cm/s (signifikant maksimum), men har en maksimalverdi på 34 cm/s.



Figur 10: Horisontal strømhastighet, 9 m dypde, med tidevannsanalyse, LP1



Figur 11: Horisontal strømshastighet, 11 m dybde, med tidevannsanalyse, LP2

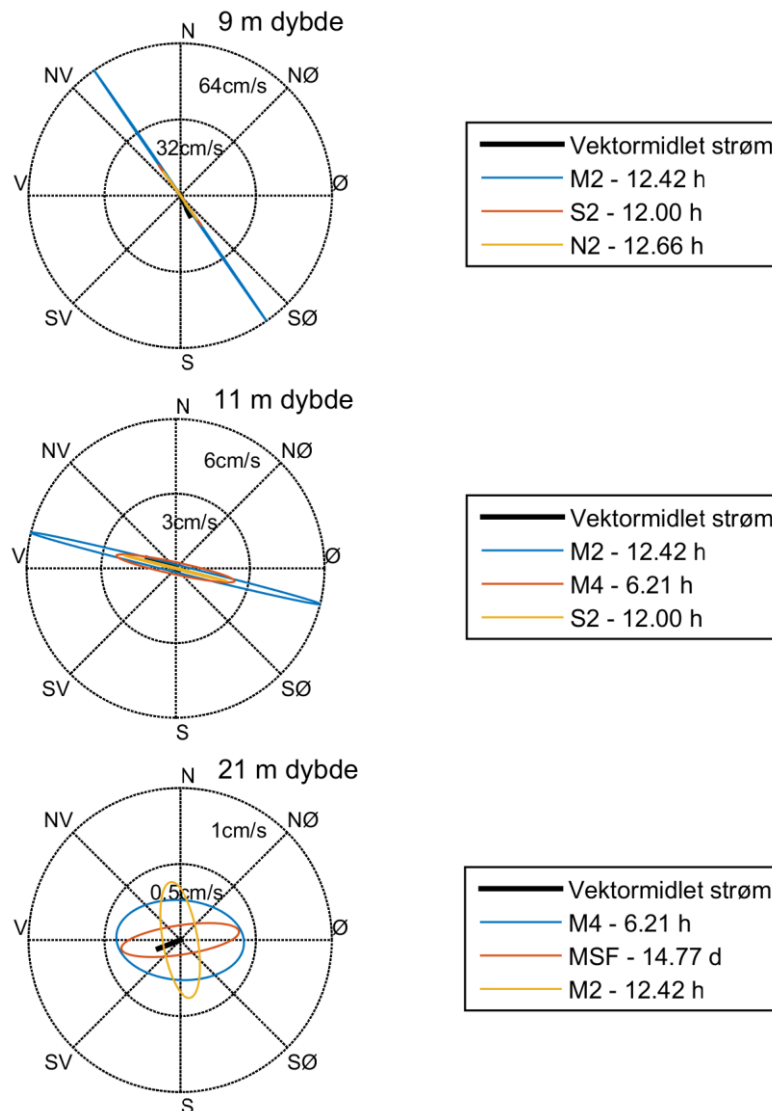


Figur 12: Horisontal strømshastighet, 21 m dybde, med tidevannsanalyse, LP3

Tidevannsstrømmer følger en ellipse, dvs. at strømretningen roterer og strømhastigheten når maksimumsverdien og minimumsverdien to ganger i løpet av tidevannsperioden. Figur 13 viser tidevanssellipsene for de sterkeste tidevannskonstituentene av strømmen ved 9 m dybde. Hovedperiodene til tidevannssignalet ved LP1 er M2 og S2 som stammer fra månen og sola. LP2 har også tydelig signal fra M2 og S2. Ved LP3 er spring-nipp-syklusen med periode på omtrent 14 dager også en av de mest fremtredende komponentene.

Vektormidlet strøm er vist som en svart strek i Figur 13. 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 vektormidlet strøm 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. Vektormidlet strøm ved LP1 og LP2 er nordvestlig, mens den er mer vestlig ved LP3.

Generelt spiller tidevannet en betydelig rolle i å påvirke strømbildet i området rundt Leirpollen. Dette gjelder spesielt ved LP1 og LP2 som ligger i kanalen som fører vann inn og ut av Leirpollen. LP3 som ligger i området vest for kanalen har et generelt svakere tidevannssignal.



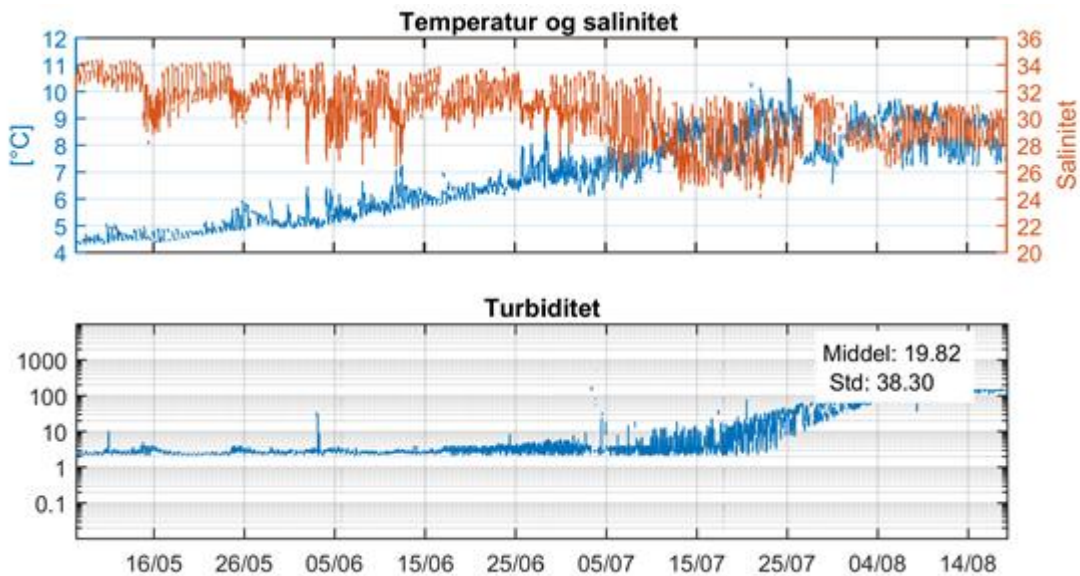
Figur 13: Tidevanssellipsene av brunnstrømmen ved de tre målepunktene. Middelstrømmen er vektorbasert. Øverst: LP1, midten: LP2, nederst: LP3.

7 Miljøparametere

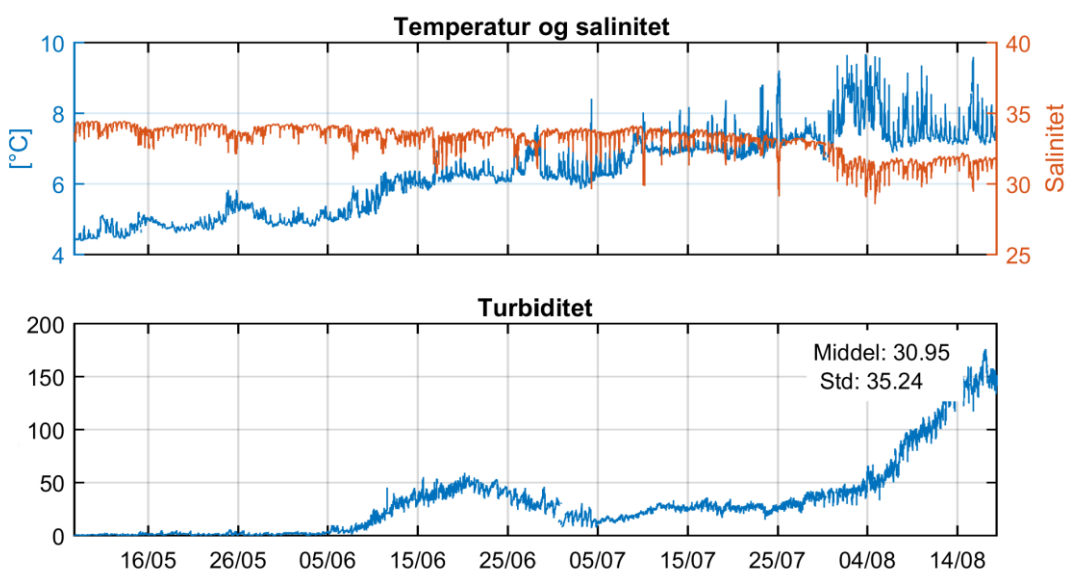
Figur 14 til Figur 16 viser resultatene av salinitets-, temperatur- og oksygen- og turbiditetstidsseriene. Gjennom måleperioden ser vi generelt at temperaturen øker og saliniteten går ned. Dette settes i sammenheng med overgang fra vår til sommer som medfører høyere temperaturer og økt ferskvannstilførsel som følge av snøsmelting.

Fra målingene starter til slutten av juni holder turbiditeten seg rundt 1 NTU ved alle målepunktene. Videre i juli og august ble det målt en økning i turbiditet opp mot 100 NTU. LP1 ble tatt opp for inspeksjon 01.06.2015 uten at gro ble observert. LP3 ble tatt opp og rengjort 13.07, noe som forklarer hakket i tidsserien i nedre panel, Figur 16. Ved opptak av strømmålerne 18.08.2015 ble det observert gro på alle instrumentene.

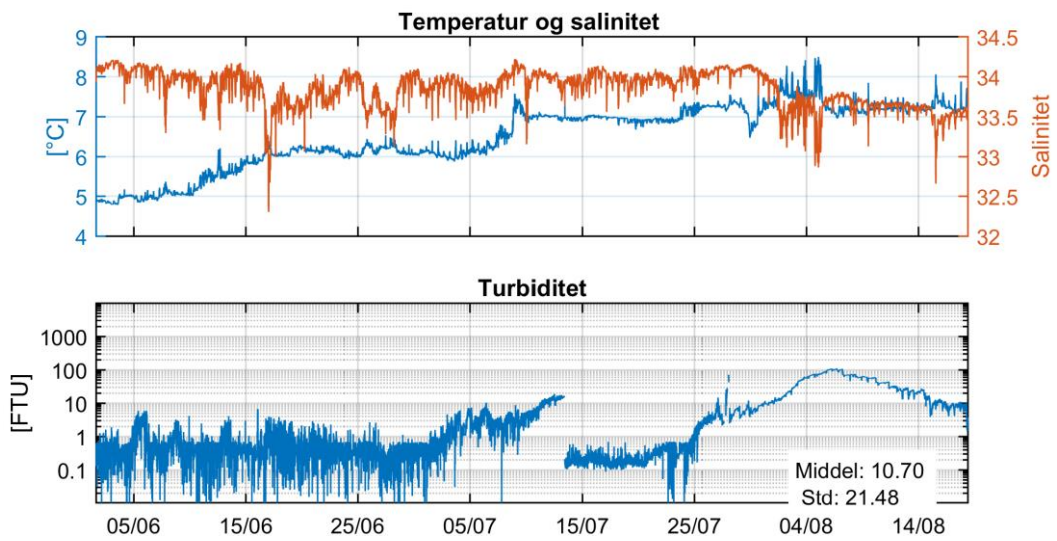
Økte turbiditetsverdier i juni og mot august skyldes trolig biologisk produksjon som fører til høyere turbiditetsverdier i vannet i tillegg til gro på instrumentene som ytterligere kan påvirke målingene.



Figur 14: Miljøparameter Seaguard, 9 m, LP1. Turbiditet oppgitt i NTU.



Figur 15: Miljøparameter Seaguard, 11 m, LP2. Turbiditet oppgitt i NTU.



Figur 16: Miljøparameter Seaguard, 21 m, LP3. Turbiditet oppgitt i NTU.

8 Sammendrag

Det er foretatt strømmålinger og hydrografiske profiler ved lokalitet Leirpollen og Stangnes, Tana kommune, i perioden 07.05.2015 til 18.08.2015. Tabell 7 gir en oversikt over resultatene.

Lokalt tidevann spiller en stor rolle i å styre strømbildet i området rundt Leirpollen, dette vises best i strømmålingene ved LP1 og LP2. LP3 har et svakere tidevannssignal. Mulige andre prosesser som påvirker strømmen er vannføringen i Tanaelva, vær-situasjon over et større område (f.eks. lufttrykk, temperatur, vind), variasjoner i kyststrømmen og ferskvannsavrenning som bidrar til lagdeling i sommerhalvåret.

Målt turbiditet, ved hjelp av både profilmåler og kontinuerlige målinger på de tre strømmålerne, viser at turbiditeten varierer gjennom måleperioden, men holder seg stort sett mellom 0 og 10 NTU. De kontinuerlige målingene viser en betydelig økning i turbiditet i slutten av juli og utover i august. Denne økningen skyldes trolig biologisk produksjon som øker turbiditeten i vannet sammen med gro på instrumentene som ytterligere kan forsterke denne effekten.

Tabell 7: Oversikt statistikk, retningssektorene er sentrert rundt 15, 30 45° osv.

Dybde	LP1, 9 m	LP2, 11 m	LP3, 21 m
Horisontal strøm			
Gjennomsnittsstrøm (median)	44 (42) cm/s	7 (6) cm/s	3 (3) cm/s
Standardavvik	27 cm/s	7 cm/s	2 cm/s
Signifikant maksimumstrøm	78 cm/s	15 cm/s	6 cm/s
Maksimumstrøm	131 cm/s	72 cm/s	36 cm/s
Retning maksimumstrøm	153°	267°	19°
Signifikant minimumstrøm	12.6 cm/s	2.1 cm/s	1.2 cm/s
Minimumstrøm	0.0 cm/s	0.0 cm/s	0.0 cm/s
Neumanns parameter	0.21	0.16	0.05
Vektormidlet strøm	9 cm/s	1 cm/s	0 cm/s
Vektormidlet strømretning	153°	289°	249°
Fire hyppigst forekommende strømretningene (synkende rekkefølge, 15 graders sektor)	150°, 330°, 315°, 135°	105°, 285°, 300°, 120°	240°, 255°, 225°, 270°
Fire hyppigst forekommende strømhastighetene (synkende rekkefølge)	50-75, 75-100, 10-20, 20-30	1-5, 5-10, 10-20, 0-1	1-5, 5-10, 0-1, 10-20
Vannutskifting			
Mest vannutskifting pr. 15 graders sektor	1907042 m ³ /m ² ved 150°	118515 m ³ /m ² ved 285°	15645 m ³ /m ² ved 255°
Minst vannutskifting pr 15 graders sektor	199 m ³ /m ² ved 45°	1411 m ³ /m ² ved 195°	5315 m ³ /m ² ved 345°
Gjennomsnittlig total vannutskifting pr. time (alle retninger)	1589 m ³ /m ²	266 m ³ /m ²	117 m ³ /m ²
Nullmålinger			
Andel målinger <1cm/s	0.3 %	4.1 %	10.0 %
Lengste periode <1cm/s	20 min	60 min	60 min

Tabell 7 inkluderer både middelerverdi og median. Middelerverdien er summen av alle målte hastigheter delt på antall målinger, mens median er den midterste målingen av måledata 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.

Vektormidlet strøm er den vektormidlete strømmen over hele perioden. Den er i praksis alltid lavere enn gjennomsnittsstrømmen.

Neumanns parameter er et mål for hvor stabil strømretningen har vært. Den beregnes ut ifra Figur 8 og er definert som forholdet mellom lengden av den rette linjen mellom start- og sluttpunkt og lengden av den totale banen. For Neumanns parameter under 0.7 er reststrømmen ikke representativ for store deler av strømmålingen i perioden. Neumanns parameter bør ses i sammenheng med vektormidlet strøm 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 I.

9 Referanser

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

Codiga, Daniel L., 2011: Unified Tidal Analysis and Prediction

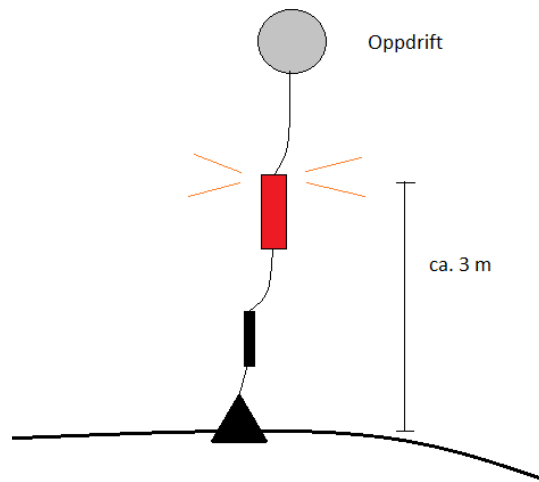
Kartverket, 2014 (sehavnivå.no): Kartverkets ressursnettsted om havnivå og vannstand

Multiconsult, 2015: Strømrappport; Stangnes, Tana kommune (712828-1-RIMT-RAP-001)

Appendiks A Måling og kvalitetssikring

Strømmen ble målt med en akustisk doppler punktmåler (Seaguard) produsert av Aanderaa. For nærmere beskrivelse, se Aanderaa (2007).

Målingene er basert på dopplereffekten. Instrumentet sender ut en akustisk puls (et kort lydsignal) 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. Instrumentet sender ut pulser i fire stråler i forskjellige retninger for å kunne rekonstruere den horisontale strømhastigheten. Seaguard har strålene orientert horisontalt og måler i instrumentdyp. Målerne ble forankret i bunn og stod på ca. 9 m, 11 m og 21 m dyp.

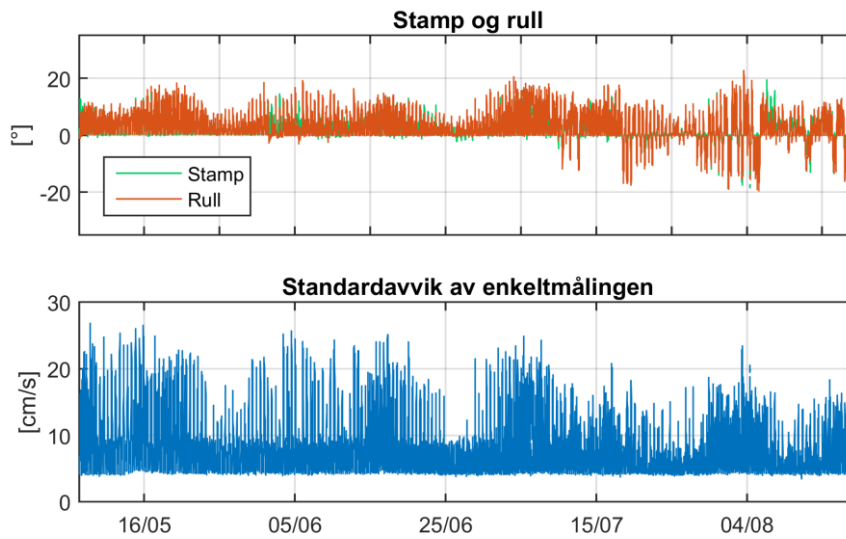


Figur 17: Riggskisse

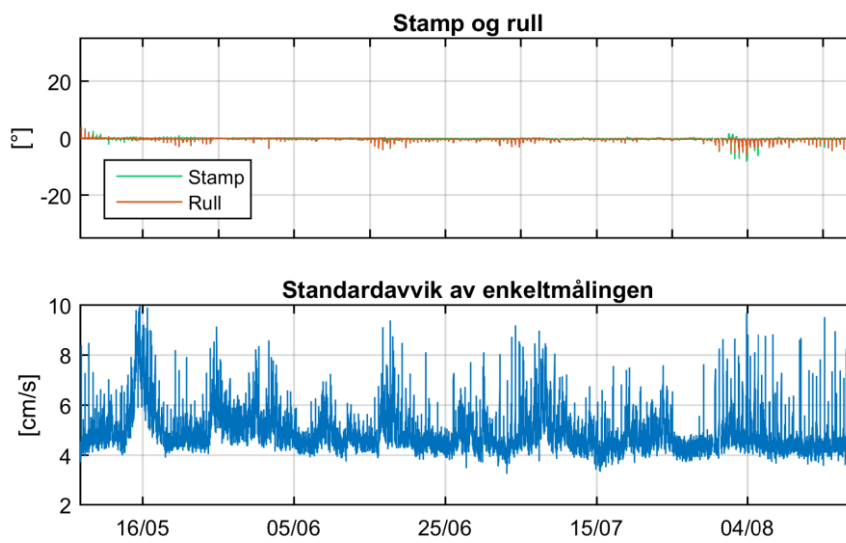
Det er gjennomført kvalitetssikring etter anbefalingene av instrumentenes produsent. Som kriterier brukes stamp og rull, signalstyrke og standardavvik av enkeltmålingene. Generelt er anbefalingene som følger:

- Stamp og rull mindre enn 35°
- Standardavvik av enkeltmålingen ca. 4 cm/s

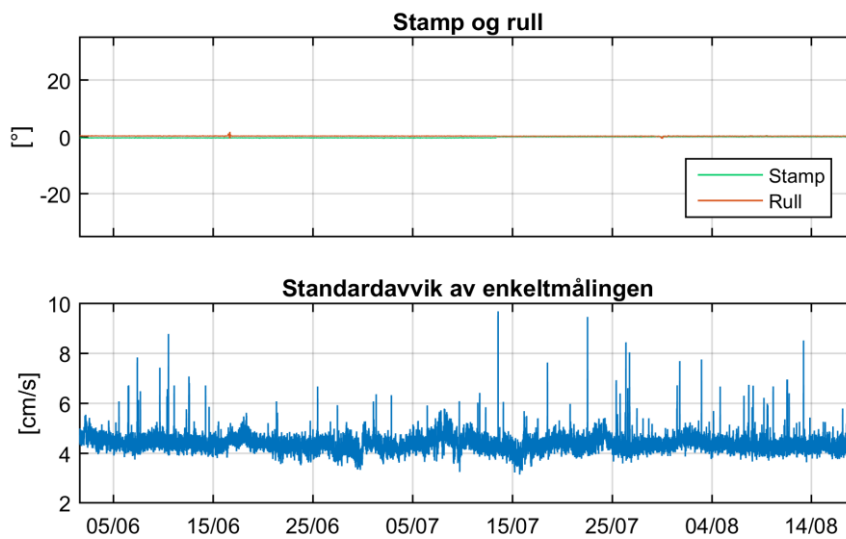
Tilfeller hvor disse kriteriene ikke blir møtt, må vurderes nøye. I tillegg til anbefalingene over ble målingene sjekket for uteliggere som også ble fjernet. Data som ble fjernet er beskrevet i Appendiks F. Figur 18 til og med Figur 20 viser noen av parameterne etter datarensing.



Figur 18: Kvalitetssikring Seaguard 9 m etter datarensing, LP1

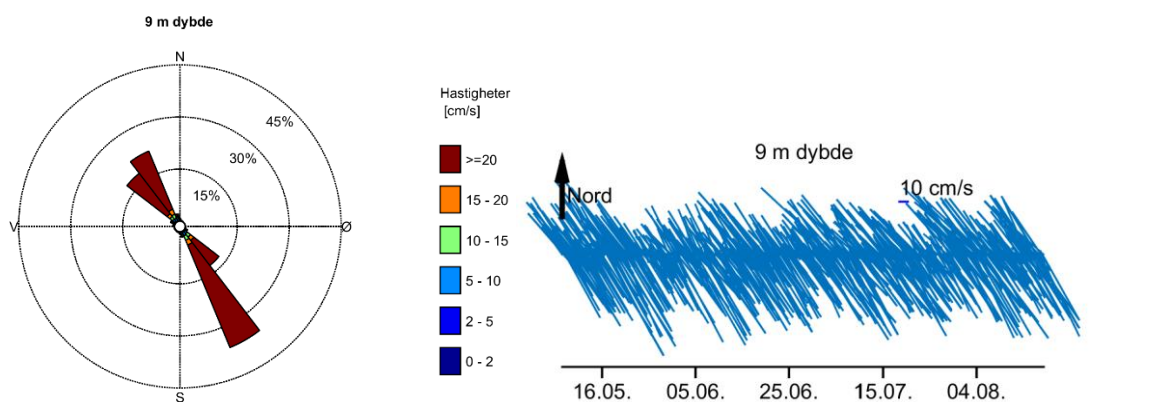


Figur 19: Kvalitetssikring Seaguard 11 m etter datarensing, LP2

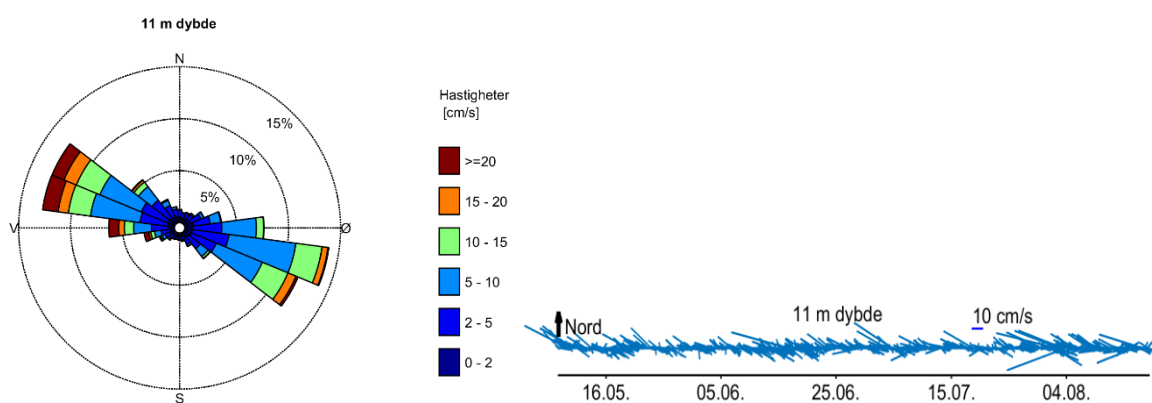


Figur 20: Kvalitetssikring Seaguard 21 m etter datarensing, LP3

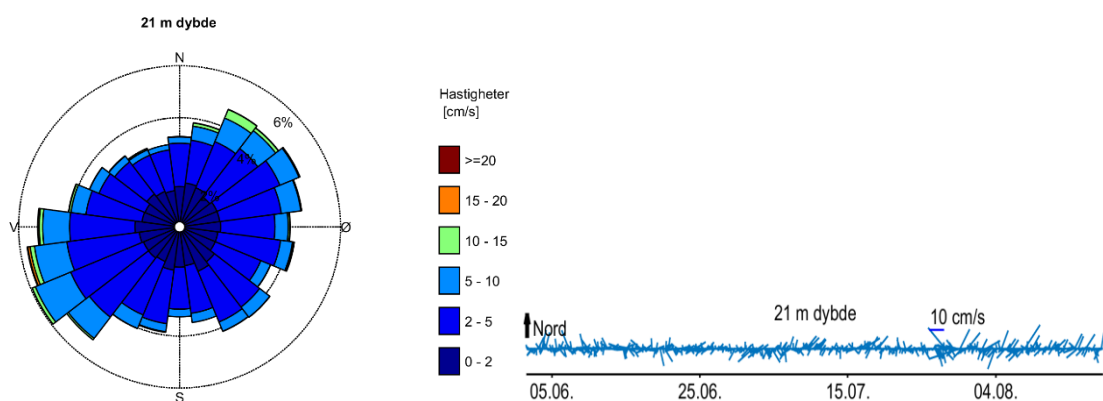
Appendiks B Pinne- og rosediagram



Figur 21: Strømretninger og strømhastigheter for LP1, pinnediagram viser hastighet og retning over tid (en strek hver tredje time); rosediagram viser fordelingen av retninger i kompasset og hastigheter i farge

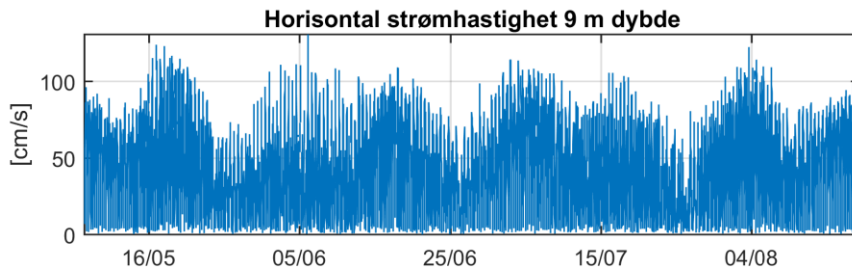


Figur 22: Strømretninger og strømhastigheter for LP2, se figurtekst i Figur 21

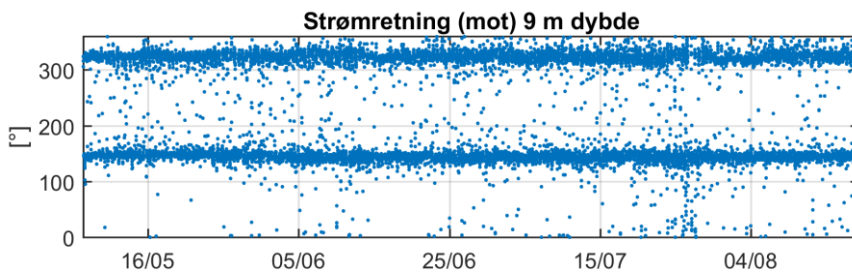


Figur 23: Strømretninger og strømhastigheter for LP3, se figurtekst i Figur 21

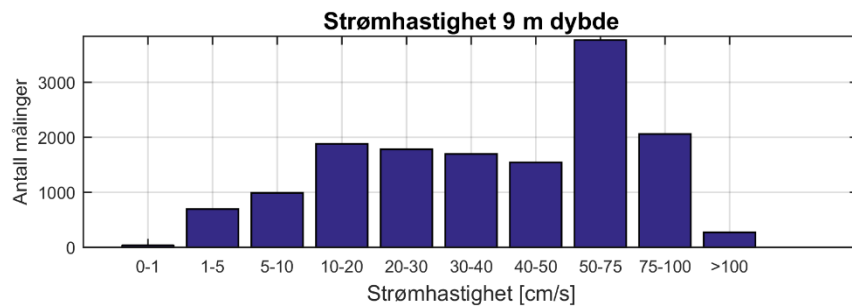
Appendiks C Tidsserier og retningsfordeling, LP1



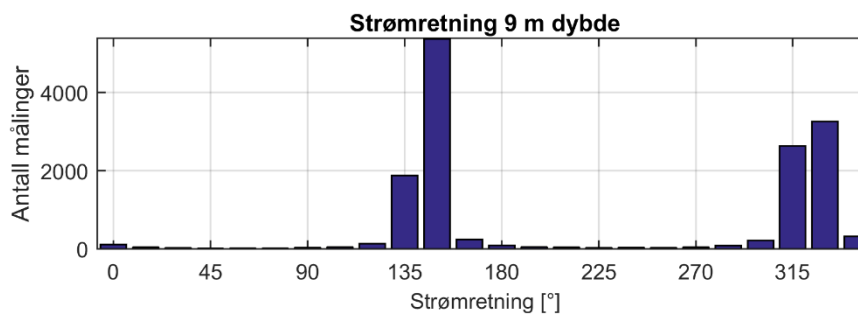
Figur 24: Tidsserie av horisontal strømshastighet



Figur 25: Tidsserie av horisontal strømretning



Figur 26: Histogram av horisontal strømshastighet

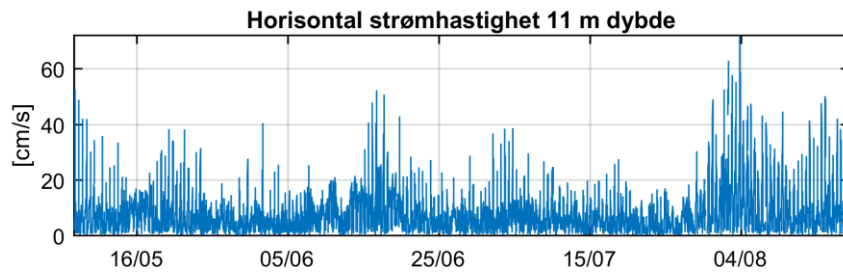


Figur 27: Histogram av horisontal strømretning

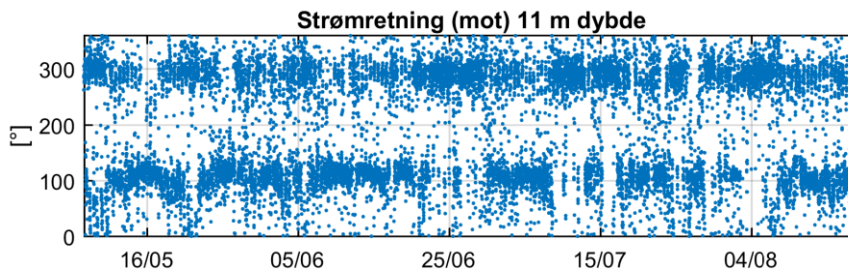
Tabell 8: Strømstyrke-retningsmatrise ved 9 m dybde som inneholder antall målinger for hver retningssektor (15 grader, sentrert) og hastighetsintervall samt utskiftning per retningssektor

	Strømhastighet [cm/s]											Utskiftning	
	0-1	1-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-75	75-100	>100	Sum%	m ³ /m ²	%
0°	4	27	54	23	3	0	0	0	0	0	1	5108	0
15°	1	17	14	11	0	0	0	0	0	0	0	1812	0
30°	3	13	5	5	0	0	0	0	0	0	0	783	0
45°	0	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	199	0
60°	1	12	2	0	0	0	0	0	0	0	0	278	0
75°	0	9	4	0	0	0	0	0	0	0	0	320	0
90°	1	22	8	2	0	0	0	0	0	0	0	823	0
105°	2	20	16	7	0	0	0	0	0	0	0	1615	0
120°	1	22	35	51	13	9	1	1	0	0	1	10658	0
135°	1	49	119	356	353	263	221	376	129	8	13	414538	11
150°	5	50	152	428	420	400	401	1749	1522	240	36	1907042	49
165°	0	49	75	95	12	2	0	4	2	0	2	16474	0
180°	1	36	41	9	0	0	0	0	0	0	1	3190	0
195°	3	28	16	0	0	0	0	0	0	0	0	1193	0
210°	3	28	10	0	0	0	0	0	0	0	0	845	0
225°	0	20	8	0	0	0	0	0	0	0	0	662	0
240°	3	23	9	0	0	0	0	0	0	0	0	773	0
255°	1	22	7	0	0	0	0	0	0	0	0	708	0
270°	0	31	11	2	0	0	0	0	0	0	0	1125	0
285°	1	46	27	9	0	0	0	0	0	0	1	2828	0
300°	2	44	48	69	33	5	4	7	4	0	1	20464	1
315°	3	51	117	290	406	385	293	785	283	19	18	700586	18
330°	0	32	130	410	491	618	608	841	120	5	22	778454	20
345°	3	37	81	113	52	15	16	4	0	0	2	30019	1
Sum %	0	5	7	13	12	12	10	26	14	2			

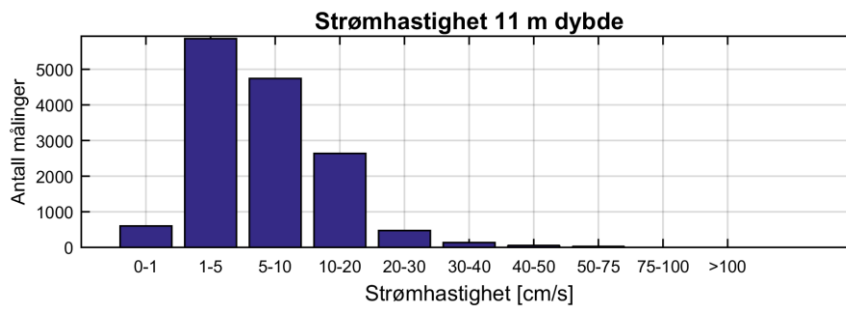
Appendiks D Tidsserier og retningsfordeling, LP2



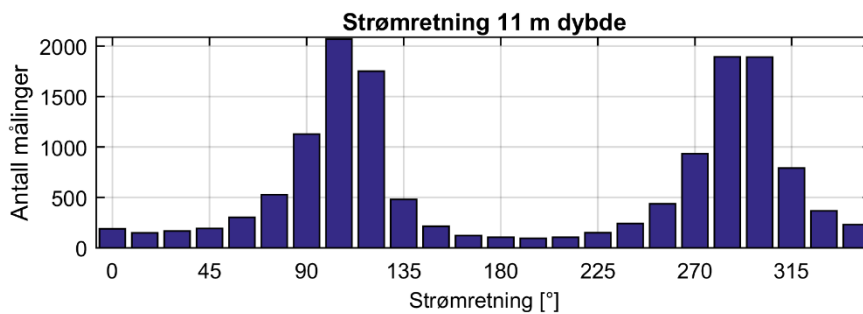
Figur 28: Tidsserie av horisontal strømshastighet



Figur 29: Tidsserie av horisontal strømretning



Figur 30: Histogram av horisontal strømshastighet

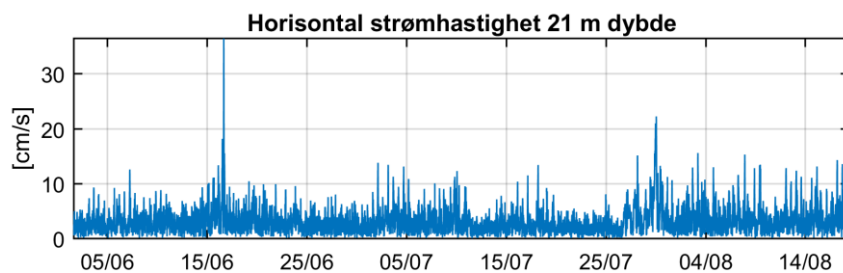


Figur 31: Histogram av horisontal strømretning

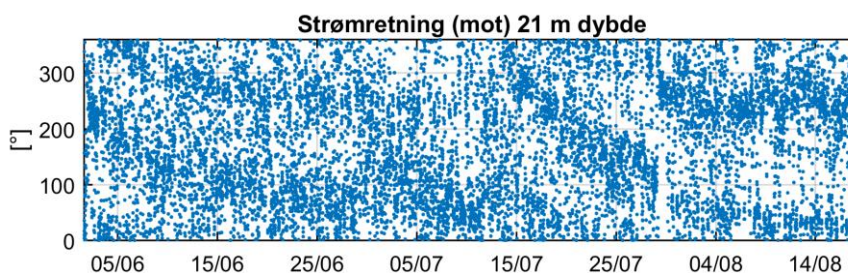
Tabell 9: Strømstyrke-retningsmatrise ved 11 m dybde som inneholder antall målinger for hver retningssektor (15 grader, sentrert) og hastighetsintervall samt utskiftning per retningssektor

	Strømhastighet [cm/s]											Utskiftning	
	0-1	1-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-75	75-100	>100	Sum%	m ³ /m ²	%
0°	28	146	14	1	0	0	0	0	0	0	1	3028	0
15°	22	117	9	1	0	0	0	0	0	0	1	2163	0
30°	22	131	11	3	0	0	0	0	0	0	1	2638	0
45°	32	136	23	1	0	0	0	0	0	0	1	3208	0
60°	25	230	42	5	0	0	0	0	0	0	2	5954	1
75°	31	335	152	10	0	0	0	0	0	0	4	12865	2
90°	30	496	492	110	0	0	0	0	0	0	8	39161	6
105°	28	606	961	460	14	0	0	0	0	0	14	91876	14
120°	31	461	708	519	32	0	0	0	0	0	12	86362	13
135°	23	277	140	41	0	0	0	0	0	0	3	13823	2
150°	28	155	28	3	0	0	0	0	0	0	1	3894	1
165°	12	91	19	0	0	0	0	0	0	0	1	2080	0
180°	22	76	6	1	0	0	0	0	0	0	1	1503	0
195°	15	72	6	2	0	0	0	0	0	0	1	1411	0
210°	25	71	8	1	0	0	0	0	0	0	1	1471	0
225°	21	94	27	7	0	0	1	0	0	0	1	3590	1
240°	28	125	47	29	10	2	0	0	0	0	2	8104	1
255°	14	178	93	84	38	13	6	10	0	0	3	27130	4
270°	23	302	254	211	87	27	22	8	0	0	6	61188	9
285°	30	465	710	464	139	57	19	9	0	0	13	118515	18
300°	30	486	638	553	141	37	6	0	0	0	13	113027	18
315°	26	397	242	116	10	0	0	0	0	0	5	28429	4
330°	29	243	78	15	2	0	0	0	0	0	3	8864	1
345°	27	169	34	1	0	0	0	0	0	0	2	4151	1
Sum%	4	40	33	18	3	1	0	0	0	0			

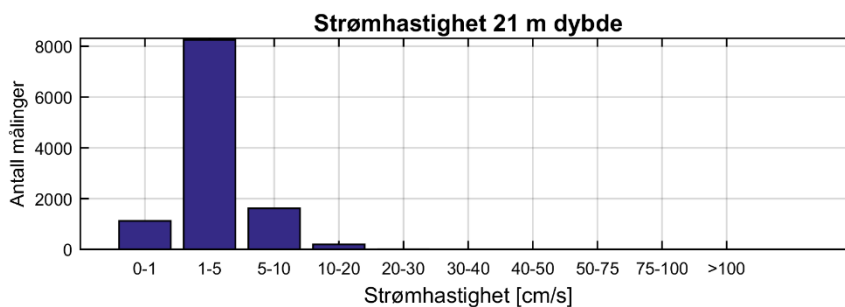
Appendiks E Tidsserier og retningsfordeling, LP3



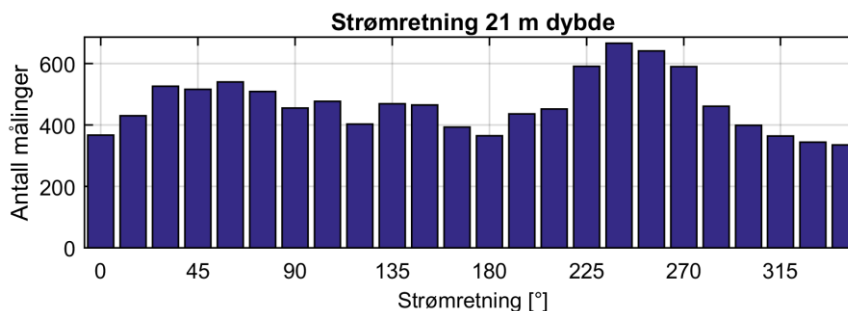
Figur 32: Tidsserie av horisontal strømhastighet



Figur 33: Tidsserie av horisontal strømretning



Figur 34: Histogram av horisontal strømhastighet



Figur 35: Histogram av horisontal strømretning

Tabell 10: Strømstyrke-retningsmatrise ved 21 m dybde som inneholder antall målinger for hver retningssektor (15 grader, sentrert) og hastighetsintervall samt utskiftning per retningssektor

	Strømhastighet [cm/s]											Utskiftning	
	0-1	1-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-75	75-100	>100	Sum%	m ³ /m ²	%
0°	46	292	27	1	0	1	0	0	0	0	3	5944	3
15°	49	305	61	14	0	1	0	0	0	0	4	8686	4
30°	60	315	110	41	0	0	0	0	0	0	5	12714	6
45°	43	360	97	16	0	0	0	0	0	0	5	11429	5
60°	43	403	89	5	0	0	0	0	0	0	5	10790	5
75°	47	373	85	4	0	0	0	0	0	0	5	10155	5
90°	49	340	57	9	0	0	0	0	0	0	4	8534	4
105°	43	374	52	8	0	0	0	0	0	0	4	8914	4
120°	42	315	45	1	0	0	0	0	0	0	4	7017	3
135°	52	361	55	1	0	0	0	0	0	0	4	8182	4
150°	59	362	43	1	0	0	0	0	0	0	4	7719	4
165°	42	311	40	0	0	0	0	0	0	0	4	6632	3
180°	44	288	33	0	0	0	0	0	0	0	3	5660	3
195°	54	344	35	3	0	0	0	0	0	0	4	7199	3
210°	40	348	63	1	0	0	0	0	0	0	4	8324	4
225°	41	427	115	8	0	0	0	0	0	0	5	12574	6
240°	47	439	165	15	0	0	0	0	0	0	6	15582	7
255°	46	422	141	29	3	0	0	0	0	0	6	15645	7
270°	41	411	116	21	1	0	0	0	0	0	5	13367	6
285°	44	341	65	11	0	0	0	0	0	0	4	9087	4
300°	37	317	44	1	0	0	0	0	0	0	4	6976	3
315°	63	268	31	1	1	0	0	0	0	0	3	5593	3
330°	51	261	25	6	1	0	0	0	0	0	3	5893	3
345°	39	273	23	0	0	0	0	0	0	0	3	5315	2
Sum%	10	74	14	2	0	0	0	0	0	0			

Appendiks F Fjernet data, LP1

RCM data:

Fjernet 120 punkter på grunn av pitch/roll >35:

06-May-2015 18:10:23 til 07-May-2015 05:50:23, 07-May-2015 06:10:23 til
07-May-2015 10:10:24, 15-May-2015 22:50:24, 16-May-2015 21:40:24, 16-
May-2015 22:30:24, 16-May-2015 23:10:24, 17-May-2015 22:50:24, 17-May-
2015 23:10:24, 18-May-2015 18:40:24, 19-May-2015 07:20:23, 20-May-2015
01:40:23, 01-Jun-2015 10:20:23 til 01-Jun-2015 10:52:12, 03-Jun-2015
11:52:13, 07-Jun-2015 15:12:13, 30-Jun-2015 23:12:12, 01-Jul-2015
11:22:13, 04-Jul-2015 07:02:12, 05-Jul-2015 08:32:12, 05-Jul-2015
20:42:12, 06-Jul-2015 08:42:12, 07-Jul-2015 16:22:13, 03-Aug-2015
07:52:12, 04-Aug-2015 09:12:13, 04-Aug-2015 10:02:12, 18-Aug-2015
08:52:13

Fjernet 1 punkter på grunn av standardavvik utenfor [0.00, 29.03]:
07-May-2015 06:00:24

Fjernet 1 punkter på grunn av konduktivitet utenfor [22.47, 34.44]:
07-May-2015 06:00:24

Fjernet 6 punkter på grunn av temperatur utenfor [4.22, 10.65]:
07-May-2015 11:00:23 til 07-May-2015 11:50:23

Antall NaN (hull) i intervallet: 29

Outliers:

Fjernet 63 punkter:07-May-2015 13:20:23, 07-May-2015 13:30:24, 15-May-
2015 14:30:23, 16-May-2015 10:20:23, 17-May-2015 05:40:24, 17-May-2015
18:40:24, 18-May-2015 06:30:23, 18-May-2015 18:20:24, 19-May-2015
06:00:24, 19-May-2015 18:30:23, 20-May-2015 06:40:24, 22-May-2015
09:00:24, 30-May-2015 21:30:23, 02-Jun-2015 06:42:12, 02-Jun-2015
11:12:12, 02-Jun-2015 11:22:13, 03-Jun-2015 23:32:12, 04-Jun-2015
18:42:12, 04-Jun-2015 19:22:13, 04-Jun-2015 19:32:12, 04-Jun-2015
23:52:13, 05-Jun-2015 00:42:12, 05-Jun-2015 03:02:12, 05-Jun-2015
15:02:12, 05-Jun-2015 15:12:13, 06-Jun-2015 08:02:13, 07-Jun-2015
10:22:13, 07-Jun-2015 10:32:12, 08-Jun-2015 02:42:12, 08-Jun-2015
08:22:13, 08-Jun-2015 08:32:12, 08-Jun-2015 16:52:12, 09-Jun-2015
03:22:12, 09-Jun-2015 06:02:12, 11-Jun-2015 08:32:12, 11-Jun-2015
18:32:13, 14-Jun-2015 16:22:13, 17-Jun-2015 20:12:12, 18-Jun-2015
19:52:12, 01-Jul-2015 05:12:12, 01-Jul-2015 05:22:13, 01-Jul-2015
05:52:13, 01-Jul-2015 17:02:13, 02-Jul-2015 18:42:12, 03-Jul-2015
06:12:13, 03-Jul-2015 07:22:13, 03-Jul-2015 07:32:12, 05-Jul-2015
07:42:13, 05-Jul-2015 07:52:12, 06-Jul-2015 10:32:12, 06-Jul-2015
10:42:13, 06-Jul-2015 10:52:12, 06-Jul-2015 20:02:13, 06-Jul-2015
20:12:12, 08-Jul-2015 15:42:12, 09-Jul-2015 11:32:12, 13-Jul-2015
05:12:12, 13-Jul-2015 16:22:13, 13-Jul-2015 16:32:12, 14-Jul-2015
03:42:12, 15-Jul-2015 04:22:13, 17-Jul-2015 19:52:12, 18-Jul-2015
08:32:12

Appendiks G Fjernet data, LP2

RCM data:

Fjernet 24 punkter på grunn av standardavvik utenfor [0.00, 10.00]:
 15-May-2015 01:09:59, 15-May-2015 01:30:00, 15-May-2015 03:49:59 til
 15-May-2015 04:00:00, 15-May-2015 04:30:00, 15-May-2015 05:19:59, 15-
 May-2015 10:59:59, 15-May-2015 12:00:00 til 15-May-2015 12:09:59, 15-
 May-2015 12:29:59, 15-May-2015 12:49:59, 15-May-2015 13:20:00 til 15-
 May-2015 13:30:00, 16-May-2015 00:40:00, 17-Jun-2015 05:39:59, 17-Jun-
 2015 06:29:59, 17-Jun-2015 17:50:00, 04-Jul-2015 06:00:00, 04-Jul-2015
 18:40:00, 19-Jul-2015 12:29:59, 01-Aug-2015 05:19:59, 02-Aug-2015
 06:00:00, 15-Aug-2015 14:30:00, 17-Aug-2015 07:30:00

Fjernet 42 punkter på grunn av konduktivitet utenfor [31.10, 34.86]:
 15-May-2015 03:09:59, 15-May-2015 03:49:59 til 15-May-2015 04:39:59,
 15-May-2015 05:10:00, 15-May-2015 05:39:59, 15-May-2015 06:00:00, 15-
 May-2015 06:29:59 til 15-May-2015 06:40:00, 15-May-2015 15:20:00 til
 15-May-2015 15:29:59, 16-May-2015 02:39:59 til 16-May-2015 02:50:00,
 07-Jun-2015 19:59:59, 07-Jun-2015 22:20:00, 16-Jun-2015 21:29:59, 17-
 Jun-2015 04:39:59 til 17-Jun-2015 05:30:00, 17-Jun-2015 05:50:00 til
 17-Jun-2015 06:09:59, 17-Jun-2015 06:29:59 til 17-Jun-2015 07:20:00,
 17-Jun-2015 07:39:59, 10-Jul-2015 01:50:00 til 10-Jul-2015 01:59:59,
 10-Jul-2015 02:50:00, 10-Jul-2015 03:09:59, 10-Jul-2015 03:29:59 til
 10-Jul-2015 03:49:59

Fjernet 169 punkter på grunn av oksygen utenfor [86.15, 109.08]:
 13-Jun-2015 06:20:00 til 13-Jun-2015 06:49:59, 29-Jul-2015 10:30:00 til
 29-Jul-2015 11:19:59, 30-Jul-2015 06:20:00, 30-Jul-2015 07:20:00, 30-
 Jul-2015 07:50:00 til 30-Jul-2015 13:30:00, 31-Jul-2015 06:49:59, 31-
 Jul-2015 07:09:59 til 31-Jul-2015 12:20:00, 07-Aug-2015 07:09:59 til
 07-Aug-2015 08:50:00, 10-Aug-2015 07:59:59 til 10-Aug-2015 10:50:00,
 11-Aug-2015 08:30:00 til 11-Aug-2015 09:29:59, 11-Aug-2015 10:20:00 til
 11-Aug-2015 10:39:59, 11-Aug-2015 11:50:00, 13-Aug-2015 07:59:59 til
 13-Aug-2015 09:40:00, 13-Aug-2015 10:09:59 til 13-Aug-2015 10:20:00,
 13-Aug-2015 10:39:59, 14-Aug-2015 10:39:59 til 14-Aug-2015 10:50:00,
 14-Aug-2015 11:39:59 til 14-Aug-2015 12:00:00, 15-Aug-2015 09:09:59 til
 15-Aug-2015 09:40:00, 17-Aug-2015 09:09:59 til 17-Aug-2015 12:09:59,
 17-Aug-2015 13:20:00 til 17-Aug-2015 13:50:00, 17-Aug-2015 22:20:00 til
 17-Aug-2015 22:39:59

Antall NaN (hull) i intervallet: 235

Outliers:

Fjernet 19 punkter: 08-May-2015 07:59:59, 10-May-2015 10:30:00, 07-Jun-
 2015 09:00:00, 19-Jun-2015 07:39:59, 30-Jul-2015 04:00:00, 30-Jul-2015
 04:09:59, 30-Jul-2015 04:30:00, 01-Aug-2015 05:39:59, 01-Aug-2015
 06:20:00, 01-Aug-2015 19:50:00, 02-Aug-2015 06:40:00, 02-Aug-2015
 07:20:00, 04-Aug-2015 21:09:59, 13-Aug-2015 15:29:59, 13-Aug-2015
 15:40:00, 15-Aug-2015 06:09:59, 15-Aug-2015 06:20:00, 17-Aug-2015
 19:30:00, 17-Aug-2015 19:39:59

Appendiks H Fjernet data, LP3

RCM data:

Fjernet 2 punkter på grunn av pitch/roll >35:

13-Jul-2015 10:04:06, 18-Aug-2015 10:04:06

Fjernet 5 punkter på grunn av standardavvik utenfor [0.00, 10.00]:

28-Jun-2015 12:49:59, 13-Jul-2015 09:54:06, 13-Jul-2015 13:34:07, 19-
 Jul-2015 00:04:07, 31-Jul-2015 23:24:06

Fjernet 1 punkter på grunn av konduktivitet utenfor [31.60, 36.01]:

13-Jul-2015 09:54:06

Antall NaN (hull) i intervallet: 7

Appendiks I Instrumentspesifikasjoner

Tabell 11: Instrumentspesifikasjonene

	Seaguard
Horisontal nøyaktighet	± 0.15 cm/s, $\pm 1\%$
Enkeltping statistisk støy	± 0.3 cm/s
Nøyaktighet retning	$\pm 5^\circ - 7.5^\circ$
Temperatur nøyaktighet	$\pm 0.03^\circ\text{C}$
Konduktivitet nøyaktighet	$\pm 0.005\text{S/m}$

Appendiks J Kalibrering Seaguard RCM 1020

Tabell 12: Test og spesifikasjoner

Produkt	Dato
Seaguard RCM SW	08.02.2013
Main assembly Seaguard 9340 SN1302	17.09.2012
DCS 4420 SN487	17.09.2012
Conductivity sensor 4319A SN850	18.01.2013
Turbidity sensor 4112B SN13289	24.09.2012

Tabell 13: Kalibrering

Produkt	Dato
Conductivity Sensor 4319A SN850	05.02.2013
Turbidity sensor 4112B SN13289	28.01.2013

Appendiks K Kalibrering Seaguard RCM 1022

Tabell 14: Test og spesifikasjoner

Produkt	Dato
Seaguard RCM SW	08.02.2013
Main Assembly Seaguard 9340 SN1305	08.02.2013
DCS 4420 SN489	20.08.2012
Conductivity Sensor 4319A SN861	24.01.2013
Turbidity sensor 4112B SN13301	05.10.2012

Tabell 15: Kalibrering

Produkt	Dato
Conductivity Sensor 4319A SN861	05.02.2013
Turbidity sensor 4112B SN13301	28.01.2013

Appendiks L Kalibrering Seaguard RCM 503**Tabell 16:** Test og spesifikasjoner

Produkt	Dato
Seaguard RCM SW	06.05.2013
Main Assembly Seaguard 9340	06.05.2013
DCS 4420	06.05.2013
Conductivity Sensor 4319A	01.03.2013
Turbidity Sensor 4112B SN14804	24.04.2015

Tabell 17: Kalibrering

Produkt	Dato
Conductivity Sensor 4319A	29.04.2013
Turbidity Sensor 4112B SN14804	24.04.2015