
RAPPORT

Stad Skipstunnel – Strømmålinger

Kystsaks nr: 2021/1246

OPPDRAKSGIVER

Kystverket

EMNE

Strømmåling Sjødeponi ytre Moldefjorden

DATO / REVISJON: 07.06.2022 / 01

DOKUMENTKODE: 10243085-01-RIMT-RAP-002



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Tredjepart har ikke rett til å anvende rapporten eller deler av denne uten Multiconsults skriftlige samtykke.

Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

RAPPORT

OPPDRAG	Stad Skipstunnel – Strømmålinger Kystsaks nr: 2021/1246	DOKUMENTKODE	10243085-01-RIMT-RAP-002
EMNE	Strømmåling Sjødeponi ytre Moldefjorden	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	Kystverket	OPPDRAGSLEDER	Bård Øyvind Solberg
KONTAKTPERSON	Terje Skjeppestad	UTARBEIDET AV	Jan Potac
KOORDINATER	62°1.94'N 5°21.365'Ø	ANSVARLIG ENHET	10235042 Tromsø Marint miljø og havbruk

SAMMENDRAG

Det er utført strømmålinger i fire punkt som grunnlag for mudre/dumpe søknad og dimensjonerende skip studie for Stad Skipstunnel. Måleprogrammet omfatter målinger over 1 måned i områdene Saltasundet, Sjødeponi ytre Moldefjorden, Entringsområde Kjøddepollen og Entringsområde Moldefjorden.

Formålet med målingene er å kartlegge strømforholdene i flere dyp og beskrive hvordan disse varierer som følge av ytre påvirkning som vind og tidevann. I denne rapporten beskrives strømmen ved Sjødeponi ytre Moldefjorden.

Målingene viser at strømmen ved Sjødeponi ytre Moldefjorden i hovedsak er rettet mot øst ved 10 m og 20 m dybde, mens under 40 m dybde er strømmen lav og retningen er ikke klart definert.

01	07.06.2022	Strømanalyse	MA/AFa	Jan Potac	Martin Arntsen	Bård Ø. Solberg
REV.	DATO	BESKRIVELSE	MÅLING UTFØRT	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	5
2	Metodebeskrivelse	6
3	Resultater	7
3.1	Strømdata	7
3.2	Vantransport.....	10
3.3	Tidevann, vindpåvirket strøm og andre strømkomponenter.....	11
3.3.1	Tidevannsanalyse og vannstand	11
3.3.2	Sammenheng mellom vind og strøm	12
4	Referanser	14
Appendiks A	Måling og kvalitetssikring.....	15
Appendiks B	Terminologi	17
Appendiks C	Operasjonell strøm og sektorvis statistikk	18
Appendiks D	Tidsserier og fordelinger	21
Appendiks E	Fjernet data.....	25
Appendiks F	Instrumentspesifikasjoner.....	26
Appendiks G	Kalibrering Signature500 SIG101638	26

1 Innledning

Det har blitt gjennomført strømmålinger i 4 punkt som grunnlag for mudre/dumpe søknad og dimensjonerende skip studie for Stad Skipstunnel. Målepunktene er vist i Figur 1, og omfatter Saltasundet, planlagt sjødeponi ytre Moldefjorden samt utenfor hvert av entringsområdene.

Resultatene rapporteres i fire separate rapporter, 10243085-01-RIMT-RAP-001 – 004.

Denne rapporten beskriver strømmålinger gjennomført i Deponi Moldefjorden.



Figur 1: Målepunkter til de fire utførte målingene. Entringsområde Kjødepollen = Målepunkt 4, Entringsområde Moldefjorden = Målepunkt 3, Deponi ytre Moldefjorden = Målepunkt 2, Utdypingsområde Saltasundet Moldefjorden = Målepunkt 1.

2 Metodebeskrivelse

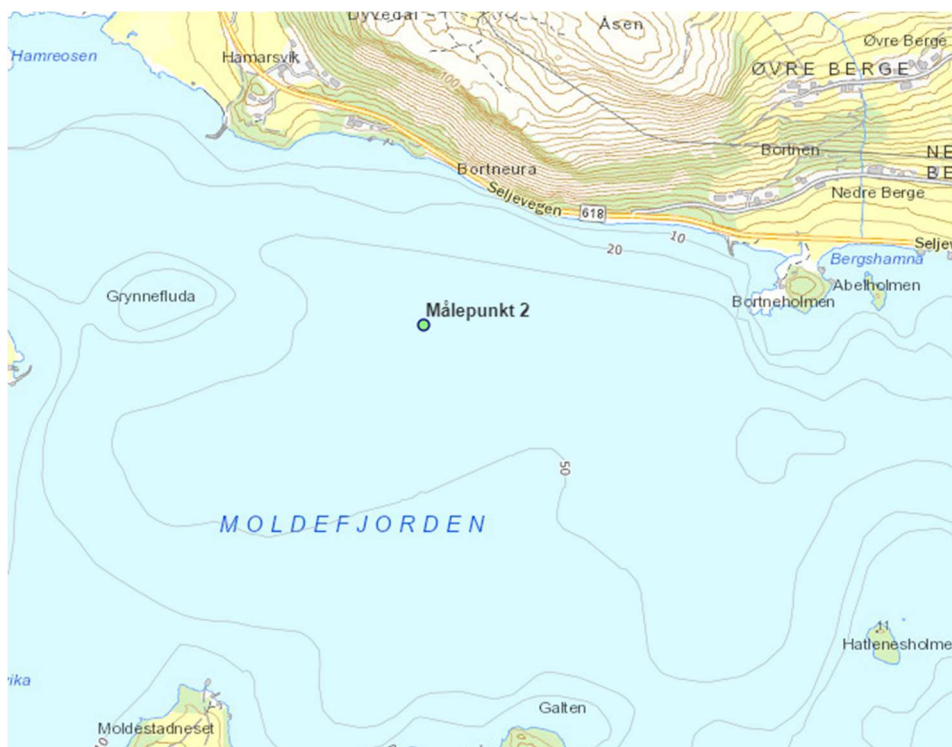
Det er utført strømmålinger i Moldefjorden i perioden mellom 17.02.2022 og 22.03.2022.

Tabell 1 sammenfatter den viktigste bakgrunnsinformasjonen for målingen.

- **Plassering av måler:** Figur 2 viser hvor måleriggen var plassert. Måleren er plassert på dypeste punkt i planlagt deponiområde.
- **Måledybder:** Det ble satt ut en doppler profilmåler ved 85 m dyp.
- **Målingsutstyr:** Måleren ble forankret fra bunn og opp. 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 32 dager.

Tabell 1: Generell informasjon om strømmålingen utført ved Deponi Moldefjorden.

Posisjon	62°1.94 N 5°21.365 Ø
Ca. dybde på målestedet	89 m
Måleperiode	17-Feb-2022 17:00:00 (UTC) til 22-Mar-2022 11:50:00 (UTC)
Varighet	32 dager
Antall målinger	4722
Kompassorientering	Mot magnetisk nord (ikke korrigert for misvisning)
Målertype - 85 m dybde	Doppler profilmåler (Signature500, Serienummer 101638), profilering av horisontal og vertikal strøm fra 10 til 76 m dybde, cellestørrelse 3 m
Type måling - 85 m dybde	Måling i 120 sekunder, Broadband (Antall ping: 101)
Frekvens	Hvert 10. minutt



Figur 2: Sjødeponi ytre Moldefjorden.

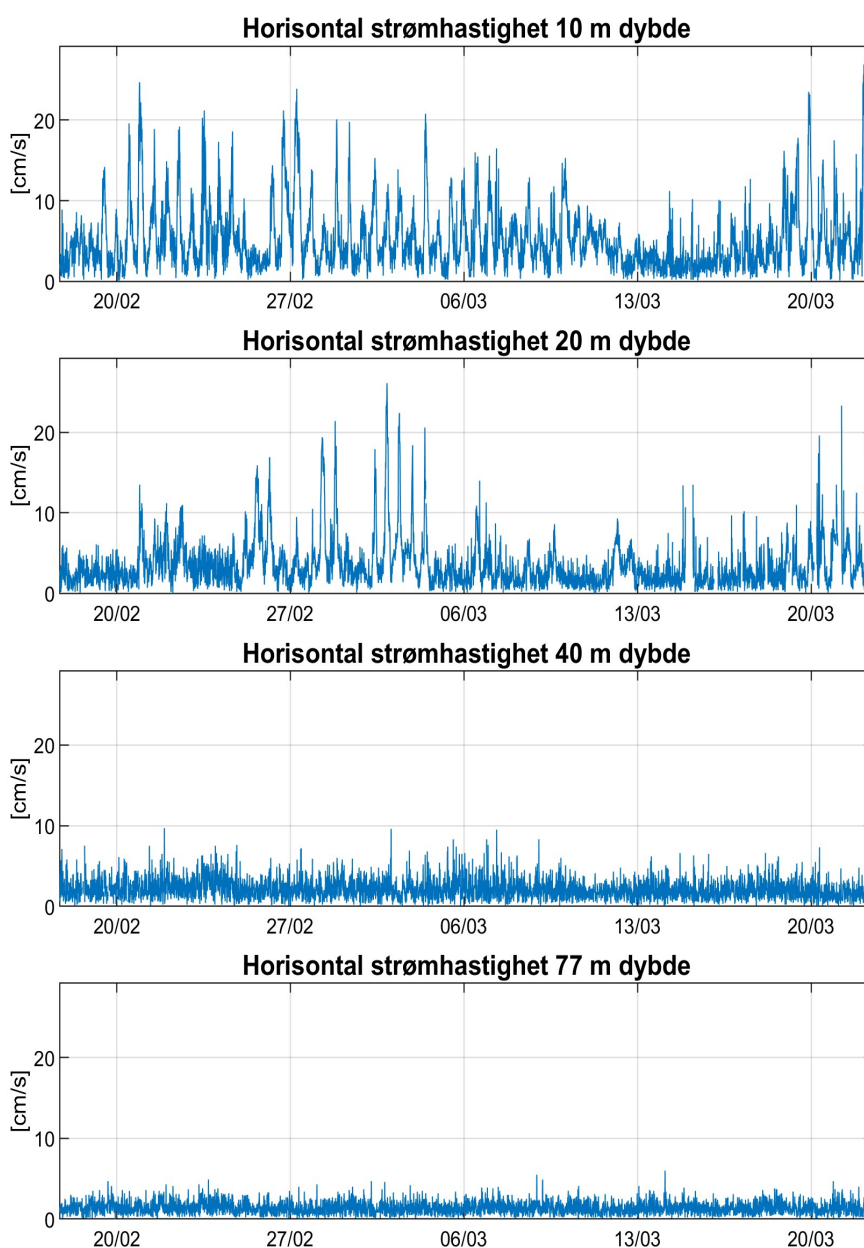
3 Resultater

3.1 Strømdata

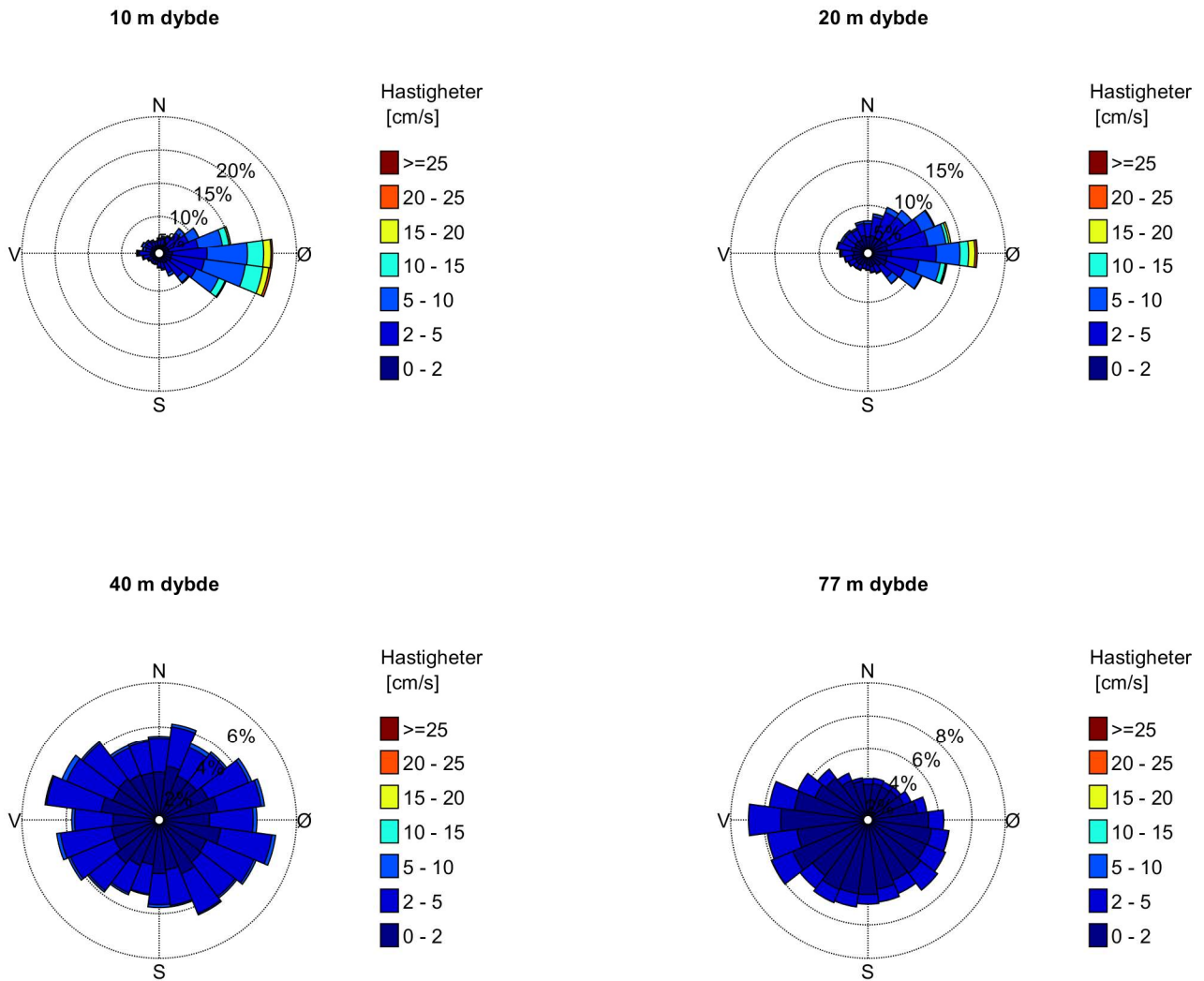
Tidsserien av målt strøm, samt strømrøsen for valgte dybder er gitt i Figur 3 og Figur 4. Figur 5 viser maksimal- og gjennomsnittsstrøm i 15 graders sektorer for forskjellige dybder. Figur 6 viser minimum, middel- og maksimalstrøm ved forskjellige dybder. Hovedresultater fra strømmålingene er oppsummert i Tabell 2. Operasjonell og sektorvis strømstatistikk, strømhastighet-retnings matrise og fordelinger er gitt i Appendiks C og Appendiks D.

Gjennomsnittsstrømmen ved Deponi Moldefjorden er målt til 5 cm/s ved 10 m, 4 cm/s ved 20 m, 2 cm/s ved 40 m og 1 cm/s ved 77 m dybde.

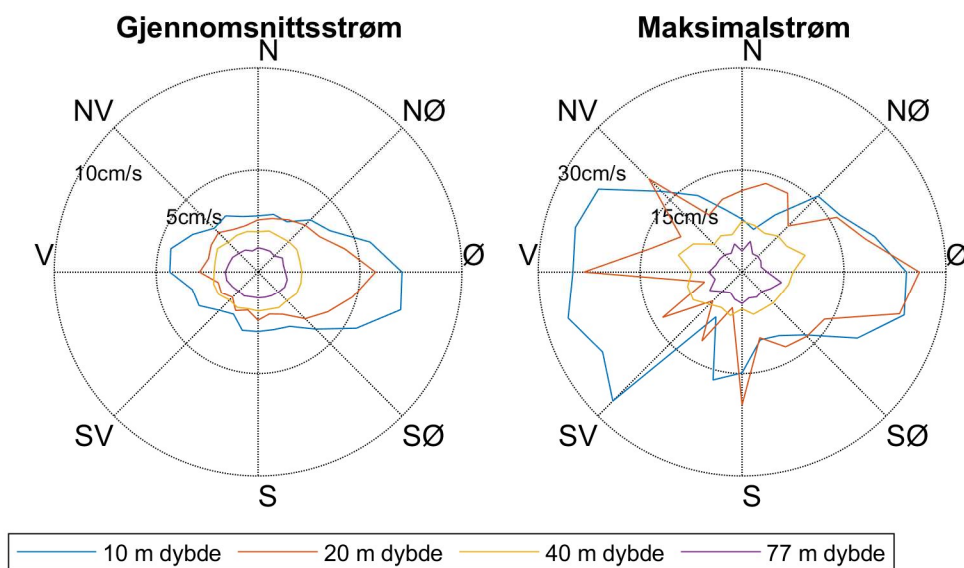
Målingene viser at strømmen ved Deponi Moldefjorden i hovedsak er rettet mot øst ved 10 m og 20 m dybde, mens under 40 m dybde er strømmen lav og retningen er ikke klart definert.



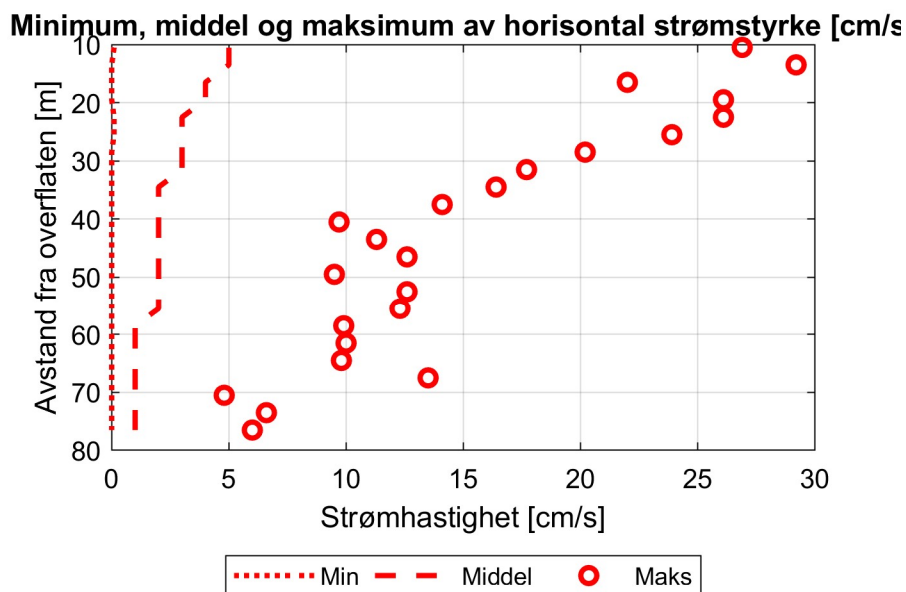
Figur 3: Tidsserier av horisontal strømhastighet.



Figur 4: Rosediagram som viser fordelingen av retninger i kompasset og hastigheter i farge.



Figur 5: Gjennomsnitts- og maksimalstrøm for forskjellige retninger (15 graders sektorer) og dybder.



Figur 6: Minimal, middel og maksimal horisontal strøm ved alle målte dybder.

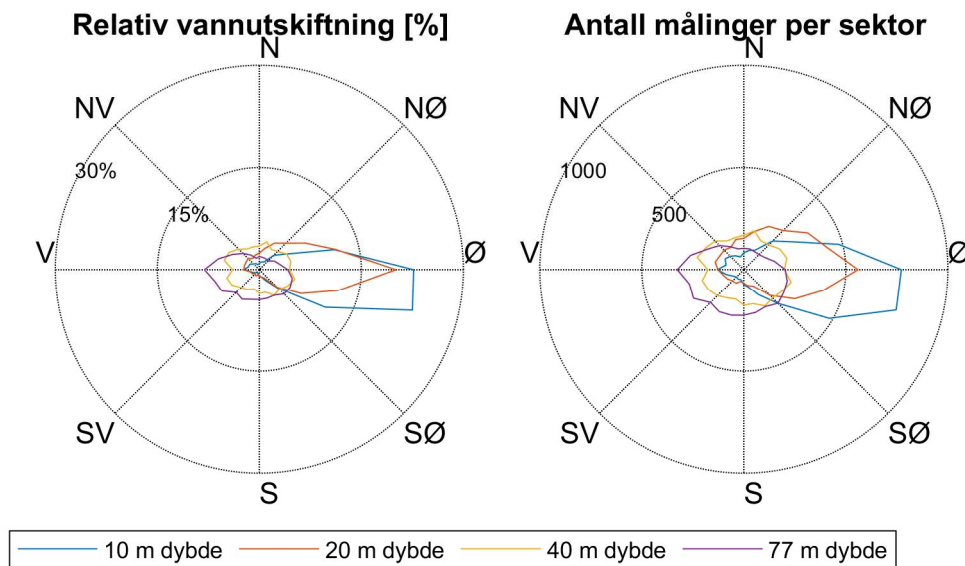
Tabell 2: Statistikk fra strømmålingene ved Deponi Moldefjorden.

Dybde	10 m dybde	20 m dybde	40 m dybde	77 m dybde
Gjennomsnittsstrøm [cm/s]	5	4	2	1
Median [cm/s]	4	3	2	1
Standardavvik [cm/s]	4	3	1	1
Maksimumstrøm [cm/s]	27	26	10	6
Retning maksimumstrøm [°]	230	86	289	111
95 prosentil [cm/s]	13	9	4	3
Andel målinger >30 cm/s [%]	0.0	0.0	0.0	0.0
Vannutskiftning/Vanntransport				
Neumanns parameter	0.68	0.55	0.01	0.22
Vektormidlet strøm [cm/s]	3	2	0	0
Vektormidlet strømrretning [°]	95	77	52	215
Nullmålinger				
Andel målinger < 1cm/s [%]	6	11.2	18.8	37.3
Lengste periode < 1cm/s [min]	70	60	40	130

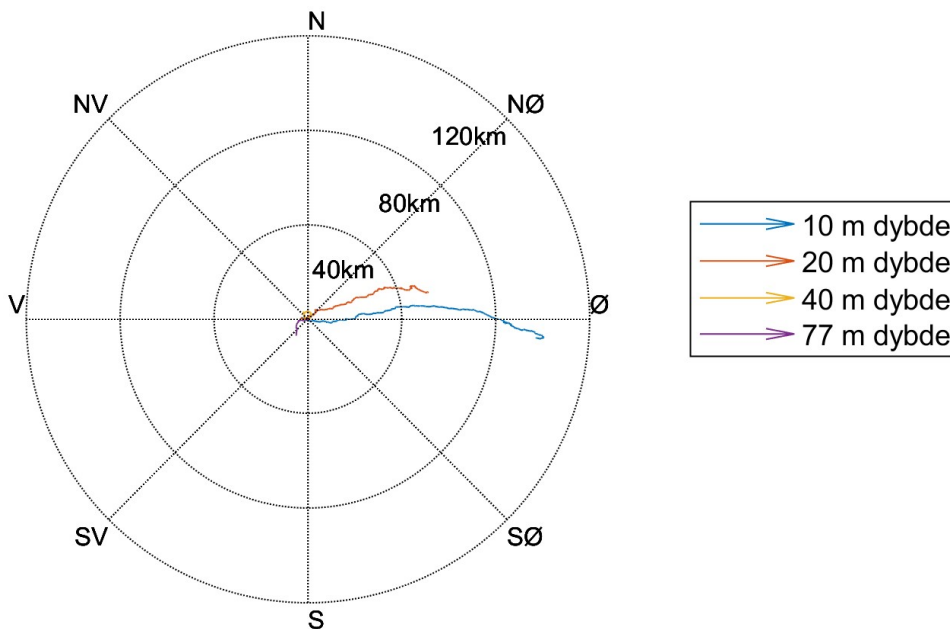
3.2 Vanntransport

Relativ vannutskiftning, samt antall målinger per retningssektor (15 graders sektorer) er gitt i Figur 7. Et progressiv vektor-diagram er vist i Figur 8. For forklaring av vannutskiftning og progressiv vektor-diagram se Appendiks B.

Vannutskiftning og antall målinger per sektor er gitt i Appendiks C. Figurene viser at netto vanntransport er mot øst ved 10 og 20 m dybde.



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



Figur 8: Progressiv vektor-diagram, viser forflytningen av en tenkt vannpartikkel i løpet av måleperioden.

3.3 Tidevann, vindpåvirket strøm og andre strømkomponenter

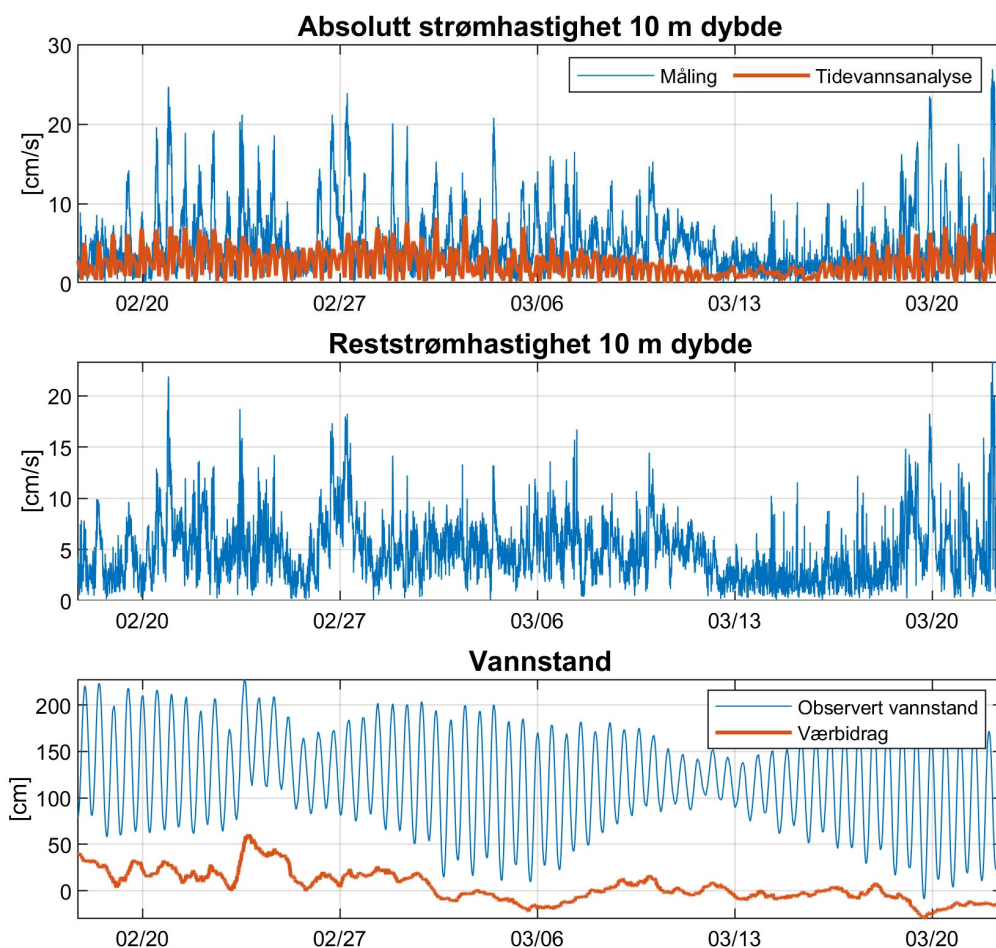
3.3.1 Tidevannsanalyse og vannstand

Det ble foretatt en tidevannsanalyse av den målte strømmen ved forskjellige dyp, 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), se Appendiks B for mer informasjon om tidevann.

Resultatene fra tidevannsanalysen er gitt i Figur 9 og Figur 10.

Figur 9 viser tidsserien av strømmen ved 10 m dybde med beregnet tidevann fra tidevannsanalysen, reststrøm og vannstand fra sehavniva.no.

Tidevannsanalysen av strømmålingene viser at tidevannet forklarer 30 % av variansen i datasettet ved 10 m dybde. Maksimal beregnet tidevannsstrøm ved 10 m dybde er 8 cm/s. Reststrømmen er stort sett under 9 cm/s (signifikant maksimum), men har en maksimalverdi på 23 cm/s.



Figur 9: Horisontal strømhastighet, 10 m dybde, med tidevannsanalyse (vannstand fra Målløy, tidsforskjell: 0, høydekorreksjonsfaktor: 1.00 (sehavnivå.no).

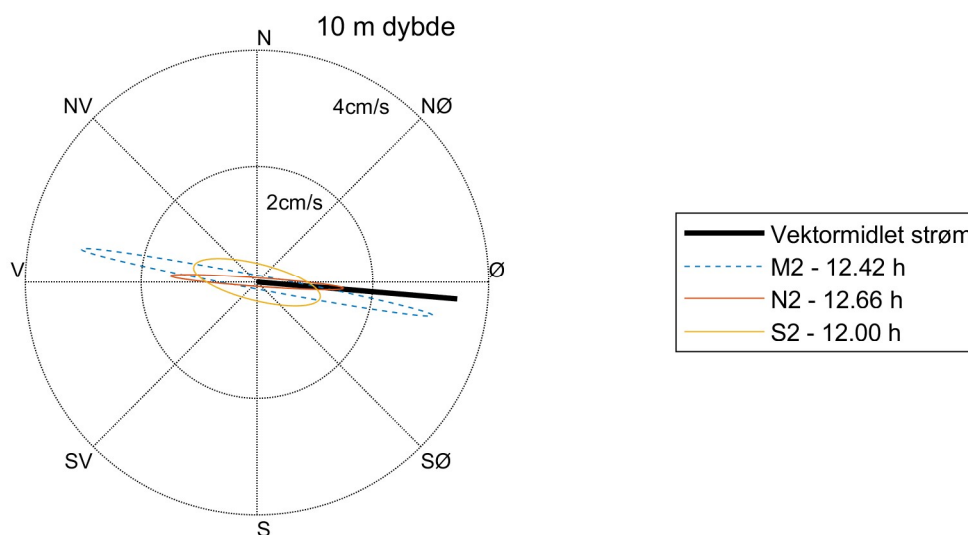
Tidevannsstrømmer følger en ellipse, dvs. at strømrretningen roterer og strømhastigheten når maksimumsverdien og minimumsverdien to ganger i løpet av tidevannsperioden. Figur 10 viser tidevannsellipsene for de sterkeste tidevannskomponentene til strømmen ved 10 m dybde.

Hovedperiodene i tidevannssignalet ved 10 m dybde er 12.42 timer, 12.66 timer og 12.00 timer. Det

er tidevannet fra månen M2 (to perioder per døgn) som er mest framtreddende, og figuren viser at tidevannsstrømmen oscillerer mellom nordøstlig og sørvestlig retning.

Vektormidlet strøm er vist som en svart strek i Figur 10. Den vektormidlete strømmen viser at vanntransporten er mot øst ved Deponi Moldefjorden.

Resultatene tyder på at tidevannet har en betydelig innvirkning på strømbildet ved 10 og 20 m dybde, altså over terkseldyp.



Figur 10: Tidevanssellipsene av strømmen ved 10 m dybde. M2, N2 og S2 refererer til tidevannskomponentene. Middelstrømmen er vektorbasert.

3.3.2 Sammenheng mellom vind og strøm

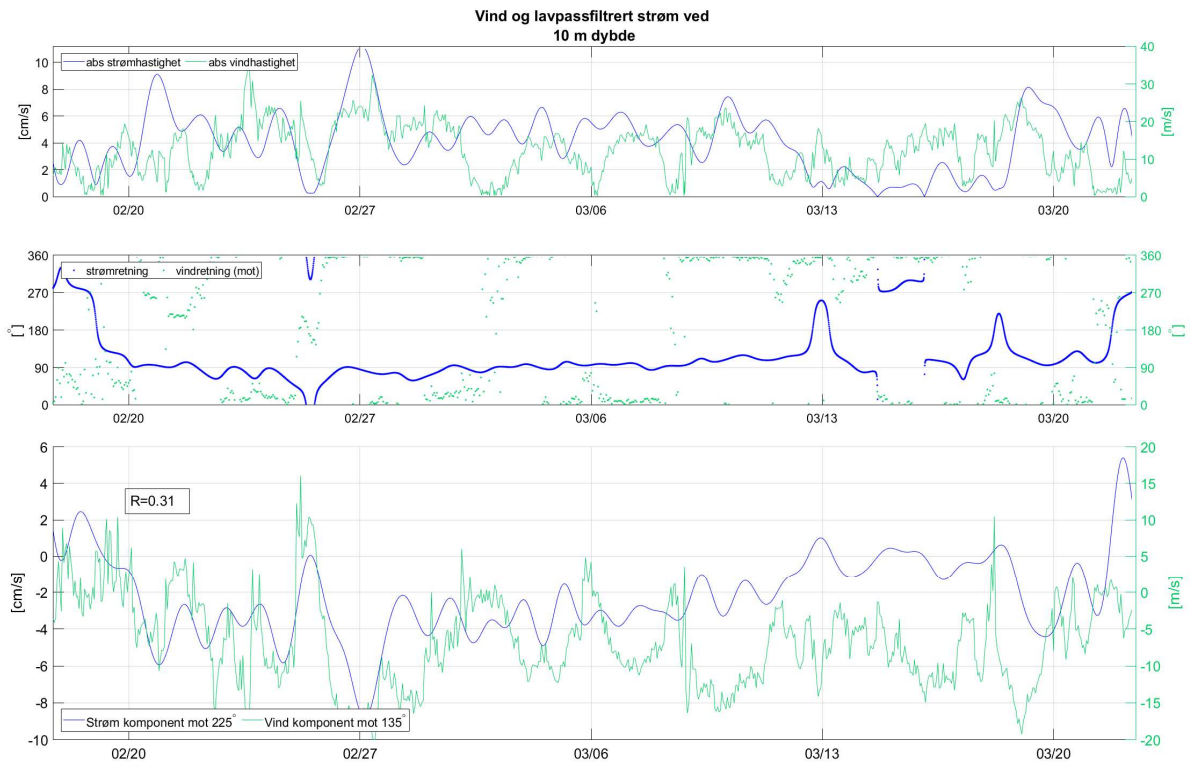
Sammenhengen mellom vind og strøm er også undersøkt. Det ble brukt vindmålinger fra Kråkenes målestasjon (Frost) som ligger 25 km vest for Deponi Moldefjorden og anses som mest representativ for lokaliteten. Verdiene er 10 minutters middelerverdier 10 meter over bakken. For å lettere kunne sammenligne strøm med vind, er strømmen lavpassfiltrert (se forklaring i Appendiks B). Figur 11 viser vindhastighet og vindretning, samt hastighet og retning på lavpassfiltrert strøm ved 10 m dybde.

Figur 12 viser fordeling av retninger og styrke av både vind og lavpassfiltrert strøm ved 10 m dybde.

Det er undersøkt korrelasjon mellom vind og strøm dekomponert langs 8 himmelretninger (0°, 45°, 90° osv.) for å finne ut hvilke retninger av vind og strøm som viser størst samvariasjon. Dette er gjort for å fange opp innvirkning fra eventuelle topografiske effekter på vindens og strømmens retning. Nederste panel i Figur 11 viser vind og lavpassfiltrert strøm dekomponert langs den retningen med høyest korrelasjon.

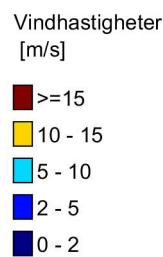
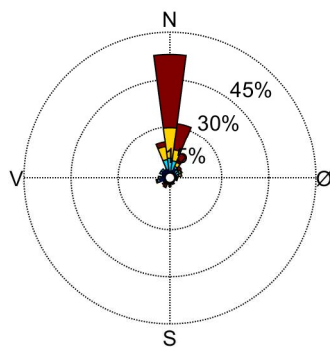
For samtidig vind og lavpassfiltrert strøm ved 10 m dybde er korrelasjonen 0.31. Dette betyr at vind som blåser fra sørøst og nordvest retning ved Kråkenes ser ut til å ha påvirket strømmen ved overflaten mest i løpet av måleperioden.

Resultatene viser at vinden har vært med på å påvirke strømbildet ved Deponi Moldefjorden i måleperioden.

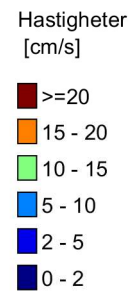
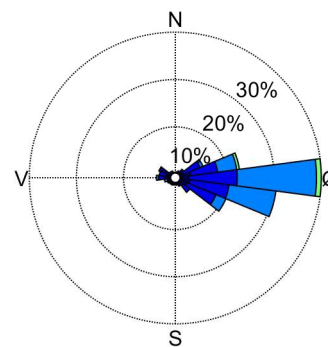


Figur 11: De to øverste paneler viser vindretning og vindhastighet (grønn) samt retning og hastighet på lavpassfiltrert strøm (blå). Det nederste panelet viser hastighet på vind og lavpassfiltrert strøm dekomponert langs retninger som gir høyest korrelasjon mellom strøm og vind.

Vind ved Kråkenes målestasjon (mot)



Lavpassfiltrert strøm 10 m dybde



Figur 12: Vind og reststrøm ved 10 m dybde (retninger mot).

4 Referanser

Nortek, 2017: "Nortek Manuals, Signature Operations".

Codiga, D.L., 2011. Unified Tidal Analysis and Prediction Using the UTide Matlab Functions. Technical Report 2011-01. Graduate School of Oceanography, University of Rhode Island, Narragansett, RI. 59pp.

Frost (<https://frost.met.no>): Meteorologisk data fra Meteorologisk Institutt.

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

Appendiks A Måling og kvalitetssikring

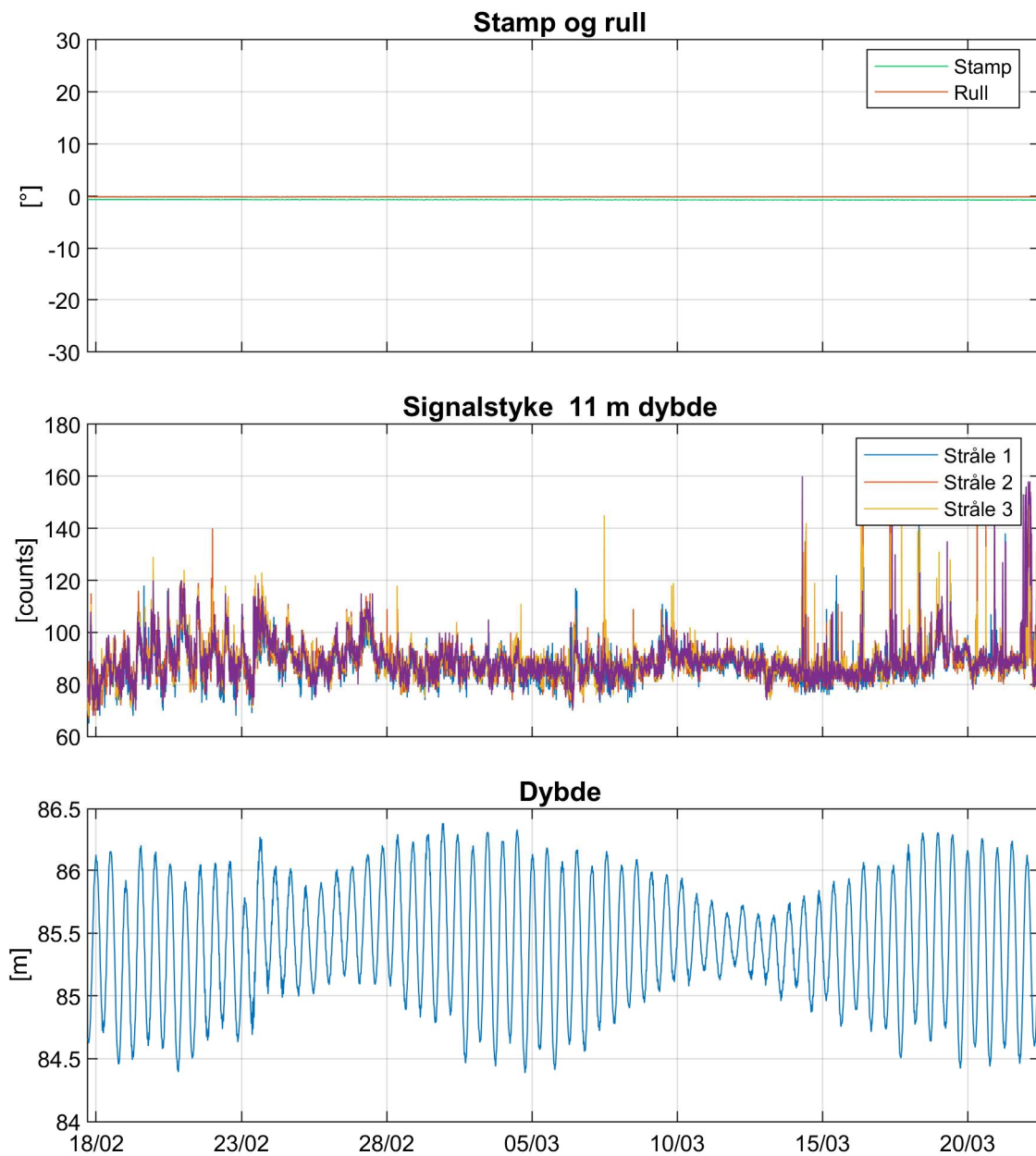
Strømmen ble målt med en akustisk doppler profilmåler Signature 250 (Nortek, 2015).

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. Signature 250 sender ut pulser i fire stråler i forskjellige retninger for å kunne rekonstruere den horisontale og vertikale strømhastigheten i mange dyp. Måleren ble forankret som vist i Figur 13.



Figur 13: Skisse av riggen.

Tilfeller hvor disse kriteriene ikke blir møtt, har blitt vurdert nøye. I tillegg til anbefalingene over ble målingene sjekket for uteliggere som også ble fjernet. Data som ble fjernet er beskrevet i Appendiks E. Strømretningen er ikke korrigert for misvisning og alle retninger er referert mot magnetisk nord. Deviasjon er tatt hensyn til gjennom kalibrering av kompasset før utsett. Figur 14 viser noen av parameterne etter datarensing.



Figur 14: Kvalitetssikring Signature500 ved 85 m etter datarensing.

Appendiks B Terminologi

Tabell 3: Begrepsbeskrivelse.

Lavpassfiltrert	Et Gauss lavpassfilter med cut-off frekvens på 1/33 time har blitt benyttet for å fjerne svingningene skapt av tidevannet. Lavpassfilter er benyttet til fordel for bruk av reststrømmen som ble beregnet i Kapittel kap4. Dette er fordi reststrømproduktet fra tidevannsanalysen ikke alltid er fri for energi fra tidevannet.
Korrelasjonskoeffisient	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.
Median	Median er den midterste målingen av måledata sortert etter størrelse. Median er mindre påvirket av enkelte ekstremverdier.
Middelverdi	Middelverdien er summen av alle målte hastigheter delt på antall målinger.
Neumanns parameter	Neumanns parameter er et mål for hvor stabil strømmretningen har vært. Den beregnes ut ifra for eksempel et progressivt vektor-diagram 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 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.
Progressiv vektordiagram	Et progressiv vektordiagram 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 tyder det på at vannutskiftningen er bra. Dersom vannmassene driver fram og tilbake, kan utskiftningen være redusert.
Reststrøm	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.
Tidevann	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. Tidevannsanalysen forutsetter stasjonære forhold og uavhengige komponenter og har naturlige begrensninger på grunn av andre faktorer som påvirker strømmen og kan føre til ikke-stasjonære forhold (f.eks. vind, lufttrykk, elveavrenning). Tidevannsstrømmen som oscillerer fram og tilbake vil alltid ha 0 cm/s som vektormiddel.
Vannstand	Høyden av vannflaten på et bestemt sted på et gitt tidspunkt. For havet påvirkes vannstanden av tidevann og værrets virkning (vind, lufttrykk, med mer).
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 .
Vektormidlet strøm	Vektormidlet strøm er den vektormidlete strømmen over hele perioden. Den er i praksis alltid lavere enn gjennomsnittsstrømmen. 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.

Appendiks C Operasjonell strøm og sektorvis statistikk

Tabell 4: Sektorvis strømstatistikk.

	Retning (mot)								Alle retninger
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	
Dybde	Gjennomsnitt horisontal strøm [cm/s]								
10	3	4	7	5	3	3	4	3	5
20	3	3	5	3	2	2	3	3	4
40	2	2	2	2	2	2	2	2	2
77	1	1	1	1	1	1	2	1	1
Dybde	95 prosentil [cm/s]								
10	6	8	16	12	9	6	12	8	13
20	6	7	15	8	5	5	5	6	9
40	4	5	4	4	4	4	4	5	4
77	2	3	3	3	2	3	3	3	3
Dybde	Horisontal maksimalstrøm [cm/s]								
10	10	17	25	20	16	27	26	24	27
20	14	16	26	14	20	14	23	19	26
40	8	8	10	7	7	8	10	8	10
77	5	3	6	5	5	6	5	4	6
Dybde	Relativ vannutsiftning [%]								
10	3	9	57	17	3	2	5	4	100
20	8	18	44	12	3	3	6	6	100
40	11	12	15	13	10	12	14	13	100
77	6	6	12	15	13	16	21	10	100
Dybde	Antall målinger [%]								
10	5	12	43	18	5	4	7	6	100
20	11	19	30	12	5	5	8	9	100
40	12	12	14	14	11	12	14	13	100
77	7	7	12	14	14	16	19	11	100

Tabell 5: Operasjonell strøm - prosentandel av målinger med forskjellig hastighet og retning, 10 m dybde.

Strømhastighet	Strømretning								Sum
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
0-1 cm/s	0.6	0.7	0.7	1.0	0.6	0.4	0.5	0.7	5.2
1-5 cm/s	4.0	8.9	17.4	10.8	3.4	2.8	5.0	4.2	56.5
5-10 cm/s	0.7	2.7	16.1	5.2	0.4	0.3	0.7	0.9	26.9
10-20 cm/s		0.1	8.4	1.5	0.1	0.0	0.1	0.1	10.4
20-30 cm/s			0.6			0.1	0.3	0.0	1.0
Sum	5.2	12.4	43.2	18.4	4.6	3.6	6.6	5.9	100.0

Tabell 6: Operasjonell strøm - prosentandel av målinger med hastigheter over visse grenser, 10 m dybde.

Strømhastighet	Strømreretning								Sum
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
>10 cm/s		0.1	9.0	1.5	0.1	0.1	0.4	0.2	11.4
>20 cm/s			0.6			0.1	0.3	0.0	1.0

Tabell 7: Operasjonell strøm - prosentandel av målinger med forskjellig hastighet og retning, 20 m dybde.

Strømhastighet	Strømreretning								Sum
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
0-1 cm/s	1.4	1.5	1.3	1.2	0.8	1.2	1.1	1.0	9.6
1-5 cm/s	8.6	14.4	18.2	8.0	3.5	3.9	6.7	7.1	70.4
5-10 cm/s	0.9	3.2	7.4	3.1	0.2	0.2	0.3	0.6	15.9
10-20 cm/s	0.1	0.1	3.1	0.2	0.0	0.0	0.1	0.1	3.8
20-30 cm/s			0.3				0.0		0.3
Sum	11.0	19.3	30.3	12.4	4.6	5.4	8.3	8.8	100.0

Tabell 8: Operasjonell strøm - prosentandel av målinger med hastigheter over visse grenser, 20 m dybde.

Strømhastighet	Strømreretning								Sum
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
>10 cm/s	0.1	0.1	3.4	0.2	0.0	0.0	0.2	0.1	4.1
>20 cm/s			0.3				0.0		0.3

Tabell 9: Operasjonell strøm - prosentandel av målinger med forskjellig hastighet og retning, 40 m dybde.

Strømhastighet	Strømreretning								Sum
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
0-1 cm/s	2.0	2.1	2.0	2.2	2.0	1.9	2.1	1.8	16.1
1-5 cm/s	9.2	9.2	11.8	11.1	8.7	9.7	11.1	10.3	81.1
5-10 cm/s	0.3	0.5	0.5	0.3	0.2	0.3	0.4	0.5	2.9
Sum	11.5	11.8	14.3	13.5	10.9	11.9	13.6	12.5	100.0

Tabell 10: Operasjonell strøm - prosentandel av målinger med hastigheter over visse grenser, 40 m dybde.

Strømhastighet	Strømreretning								Sum
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	

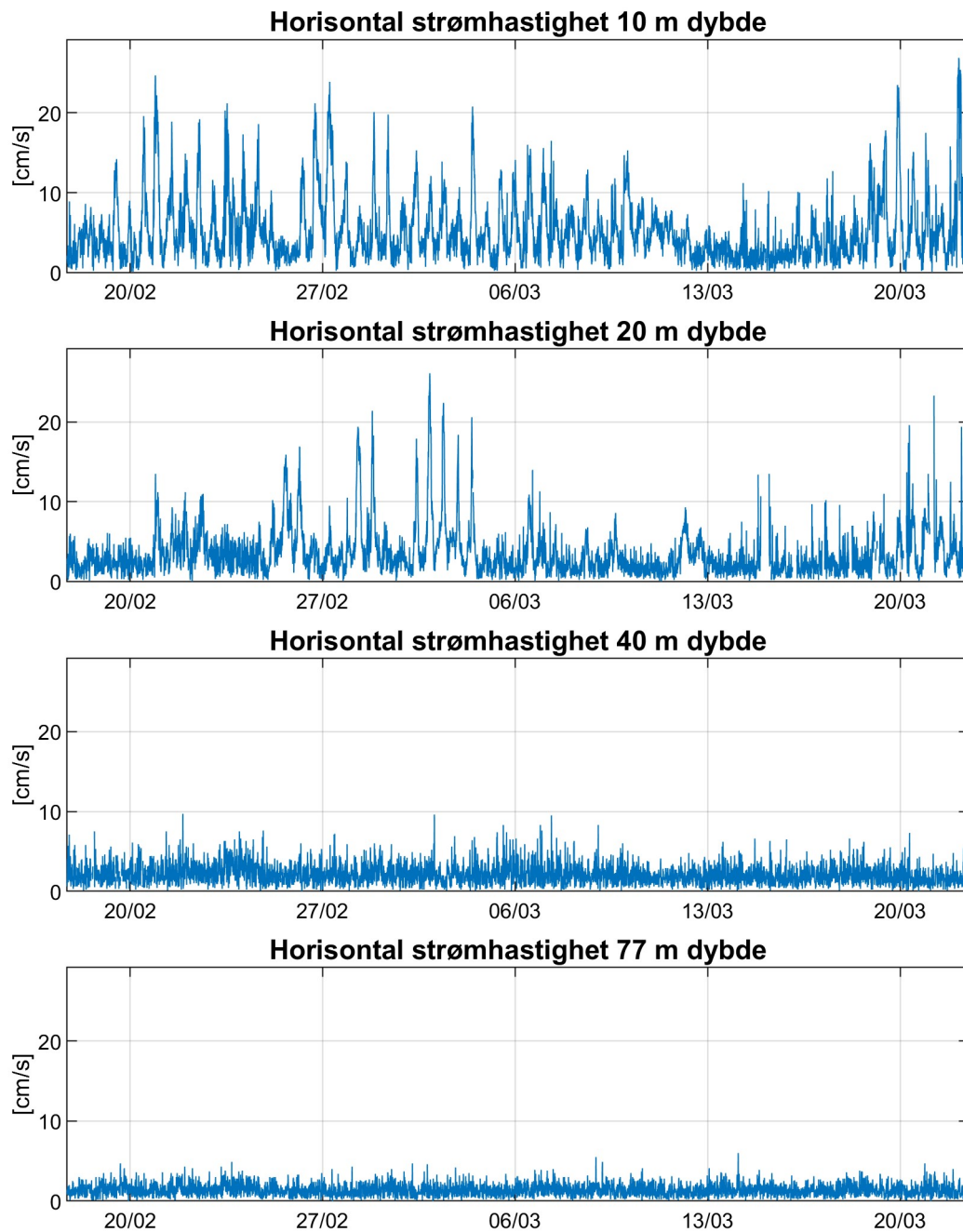
Tabell 11: Operasjonell strøm - prosentandel av målinger med forskjellig hastighet og retning, 77 m dybde.

Strømhastighet	Strømretning								Sum
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
0-1 cm/s	2.9	2.9	4.2	4.6	4.9	4.8	4.6	3.4	32.3
1-5 cm/s	3.8	4.1	8.1	9.8	9.5	11.3	13.9	7.2	67.7
5-10 cm/s			0.0			0.0			0.0
Sum	6.7	7.0	12.3	14.3	14.4	16.1	18.5	10.6	100.0

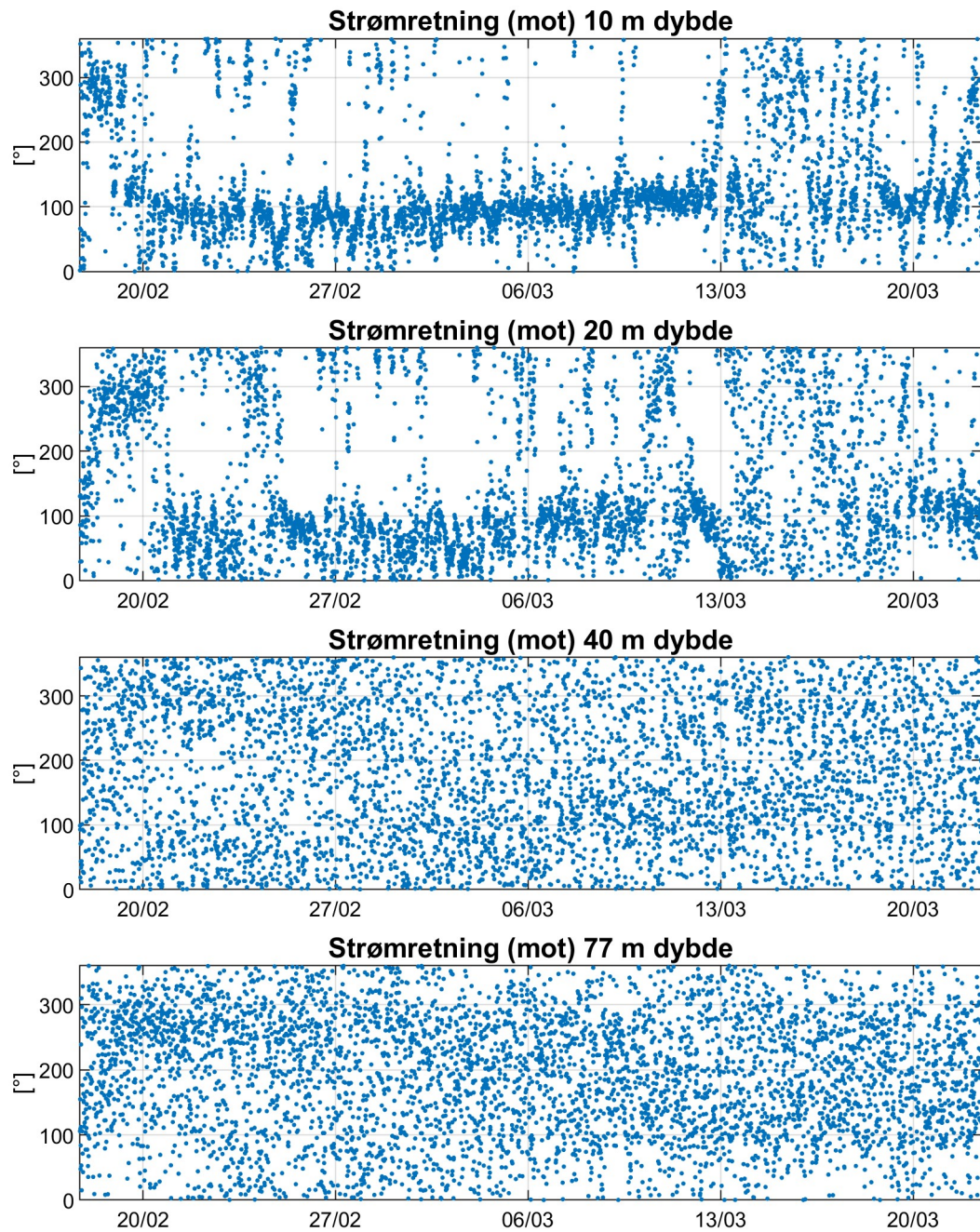
Tabell 12: Operasjonell strøm - prosentandel av målinger med hastigheter over visse grenser, 77 m dybde.

Strømhastighet	Strømretning								Sum
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	

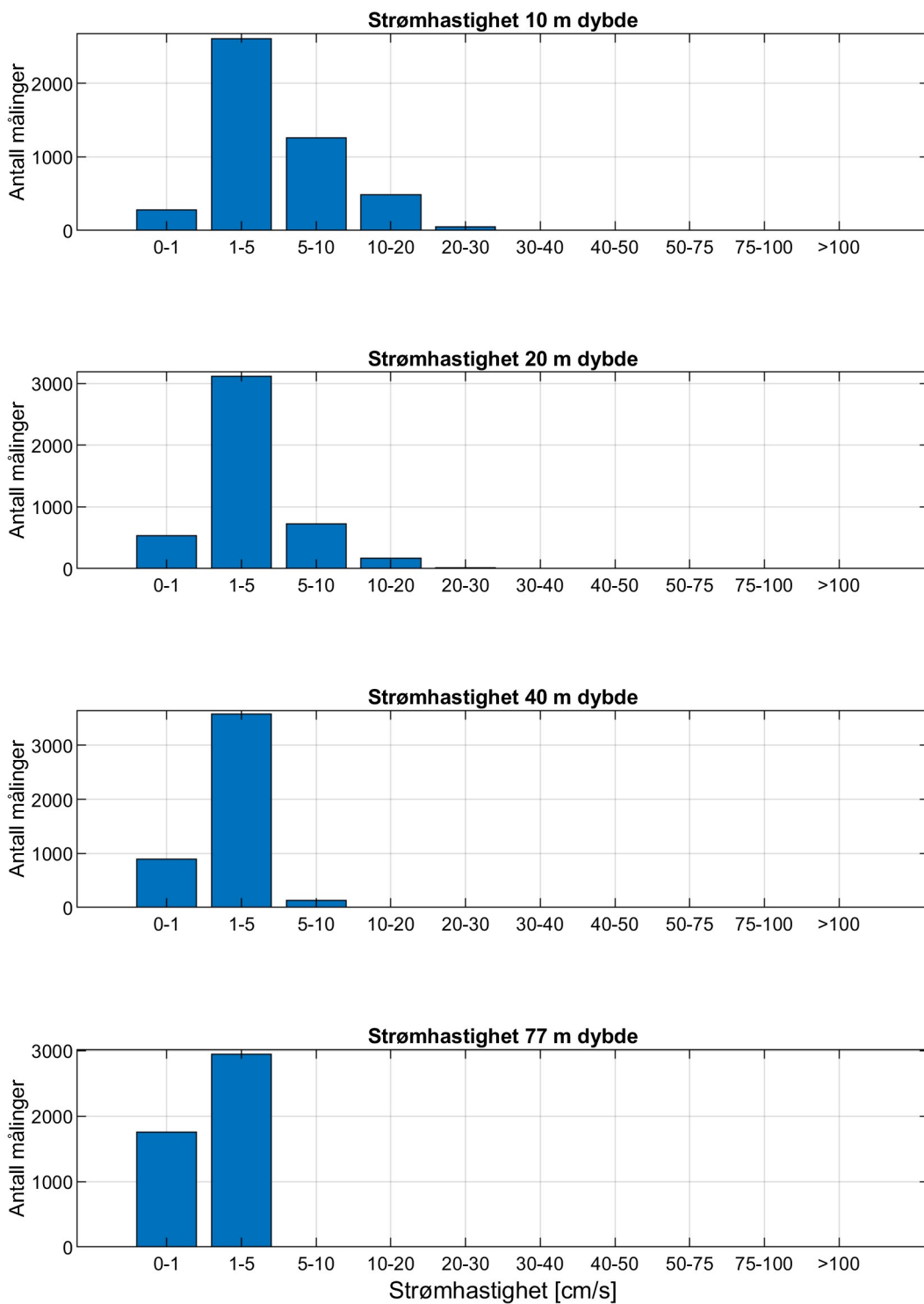
Appendiks D Tidsserier og fordelinger



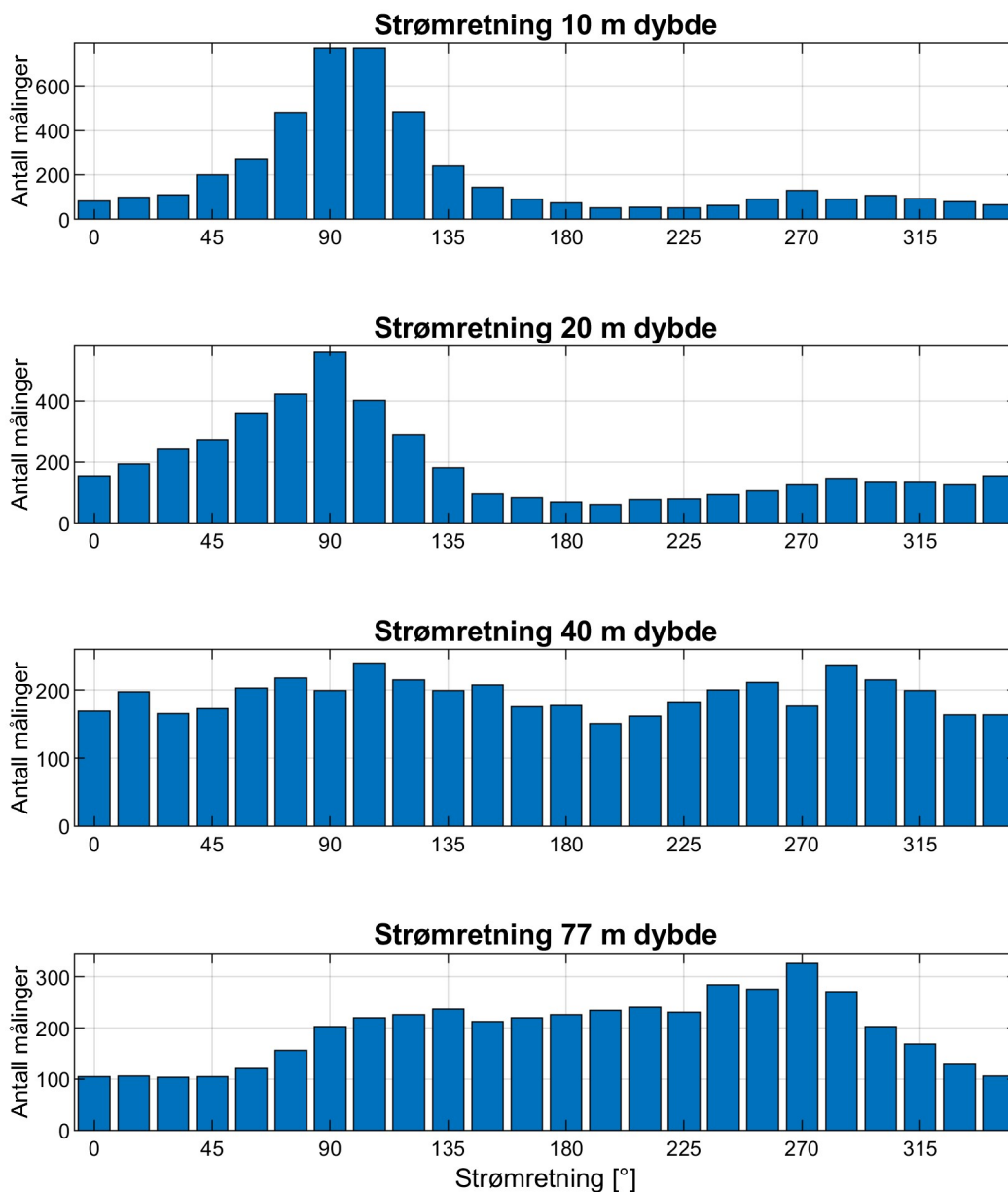
Figur 15: Tidsserier av horisontal strømhastighet.



Figur 16: Tidsserier av horisontal strømretning.



Figur 17: Histogram av horisontal strømhastighet.



Figur 18: Histogram av horisontal strømretning.

Appendiks E Fjernet data

Signature data:

Fjernet 135 punkter på grunn av måling i luft:

22-Mar-2022 12:00:00 til 23-Mar-2022 10:20:00

Antall NaN (hull) i intervallet: 0

Instrumentet er overflatereferert basert på alle målte instrumentdybder.

Støygulvet er til instrumentet er satt til 25 counts.

Høyeste godkjente celle er valgt på grunnlag av moden for de tre strålene. Data med lav signalstyrke (under støygulvet + 7 counts) er også fjernet.

Høyeste godkjente celle er på 10.5 m dyp. Fjerner 5 celler over dette.

Correlation limit er satt til 50.

Grensen for topper i signalstyrken er satt til 20 counts.

23 punkter er fjernet fra cellen ved 10.5 m dyp pga refleksjoner

67 punkter er fjernet fra cellen ved 13.5 m dyp pga refleksjoner

118 punkter er fjernet fra cellen ved 16.5 m dyp pga refleksjoner

159 punkter er fjernet fra cellen ved 19.5 m dyp pga refleksjoner

180 punkter er fjernet fra cellen ved 22.5 m dyp pga refleksjoner

181 punkter er fjernet fra cellen ved 25.5 m dyp pga refleksjoner

162 punkter er fjernet fra cellen ved 28.5 m dyp pga refleksjoner

116 punkter er fjernet fra cellen ved 31.5 m dyp pga refleksjoner

96 punkter er fjernet fra cellen ved 34.5 m dyp pga refleksjoner

102 punkter er fjernet fra cellen ved 37.5 m dyp pga refleksjoner

121 punkter er fjernet fra cellen ved 40.5 m dyp pga refleksjoner

148 punkter er fjernet fra cellen ved 43.5 m dyp pga refleksjoner

165 punkter er fjernet fra cellen ved 46.5 m dyp pga refleksjoner

186 punkter er fjernet fra cellen ved 49.5 m dyp pga refleksjoner

196 punkter er fjernet fra cellen ved 52.5 m dyp pga refleksjoner

182 punkter er fjernet fra cellen ved 55.5 m dyp pga refleksjoner

149 punkter er fjernet fra cellen ved 58.5 m dyp pga refleksjoner

107 punkter er fjernet fra cellen ved 61.5 m dyp pga refleksjoner

89 punkter er fjernet fra cellen ved 64.5 m dyp pga refleksjoner

64 punkter er fjernet fra cellen ved 67.5 m dyp pga refleksjoner

41 punkter er fjernet fra cellen ved 70.5 m dyp pga refleksjoner

28 punkter er fjernet fra cellen ved 73.5 m dyp pga refleksjoner

12 punkter er fjernet fra cellen ved 76.5 m dyp pga refleksjoner

Outliers:

Fjernet 8 punkter ved 10.5 m dybde:

13-Mar-2022 17:20:00, 15-Mar-2022 01:40:00, 15-Mar-2022 02:10:00, 16-Mar-2022 01:20:00, 16-Mar-2022 08:20:00, 16-Mar-2022 09:40:00, 18-Mar-2022 08:40:00, 18-Mar-2022 09:40:00

Fjernet 6 punkter ved 19.5 m dybde:

19-Feb-2022 09:20:00, 13-Mar-2022 17:20:00, 15-Mar-2022 07:20:00, 17-Mar-2022 13:10:00, 18-Mar-2022 05:50:00, 18-Mar-2022 08:40:00

Fjernet 6 punkter ved 25.5 m dybde:

15-Mar-2022 07:20:00, 15-Mar-2022 18:50:00, 16-Mar-2022 19:00:00, 17-Mar-2022 12:10:00, 18-Mar-2022 03:20:00, 18-Mar-2022 08:40:00

Fjernet 3 punkter ved 40.5 m dybde:

06-Mar-2022 04:00:00, 08-Mar-2022 19:20:00, 22-Mar-2022 09:50:00

Fjernet 1 punkter ved 46.5 m dybde:

08-Mar-2022 19:20:00

Fjernet 11 punkter ved 49.5 m dybde:

26-Feb-2022 13:50:00, 27-Feb-2022 11:40:00, 27-Feb-2022 15:40:00, 01-Mar-2022 09:10:00, 03-Mar-2022 00:20:00, 04-Mar-2022 19:30:00, 05-Mar-2022 04:10:00, 05-Mar-2022 06:50:00, 06-Mar-2022 22:00:00, 21-Mar-2022 04:50:00, 22-Mar-2022 08:30:00

Fjernet 1 punkter ved 55.5 m dybde:

05-Mar-2022 01:20:00

Fjernet 3 punkter ved 70.5 m dybde:

24-Feb-2022 02:30:00, 16-Mar-2022 14:30:00, 21-Mar-2022 21:30:00

Appendiks F Instrumentspesifikasjoner

Tabell 13: Instrumentspesifikasjonene.

	Signature500
Horisontal nøyaktighet	$\pm 0.3\% \pm 0.3 \text{ cm/s}$
Nøyaktighet retning	$\pm 2^\circ$
Temperatur nøyaktighet	$\pm 0.1^\circ$

Appendiks G Kalibrering Signature500 SIG101638

Tabell 14: Test og spesifikasjoner.

	Dato	Utført av
Service/test	06.05.2020	Nortek
Funksjonstest	17.02.2022	Multiconsult
Tilt	17.02.2022	Multiconsult
Temperatur	17.02.2022	Multiconsult
Kompass	17.02.2022	Multiconsult
Ping sjekk	17.02.2022	Multiconsult

Tabell 15: Kalibrering.

	Dato	Utført av
Kompasskalibrering	17.02.2022	Multiconsult
Støygulv (måling i luft)	22.03.2022	Multiconsult