
RAPPORT

Strømmålinger Tjeldsundet og Mågøysundet

Kystsaksnr: 2021/1787

OPPDRAGSGIVER

Kystverket

EMNE

Kobbsteinen utdypning

DATO / REVISJON: 24.11.2021 / 0

DOKUMENTKODE: 10219434-01-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	Strømmålinger Tjeldsundet og Måggøysundet Kystsaksnummer: 2021/1787	DOKUMENTKODE	10219434-01-RIMT-RAP-002
EMNE	Kobbsteinen utdypning	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	Kystverket	OPPDRAGSLEDER	Juni Vaardal-Lunde
KONTAKTPERSON	Bjørn Konopka	UTARBEIDET AV	Juni Vaardal-Lunde
KOORDINATER	68°34.296'N 16°31.759'Ø	ANSVARLIG ENHET	10235042 Tromsø Marint miljø og havbruk

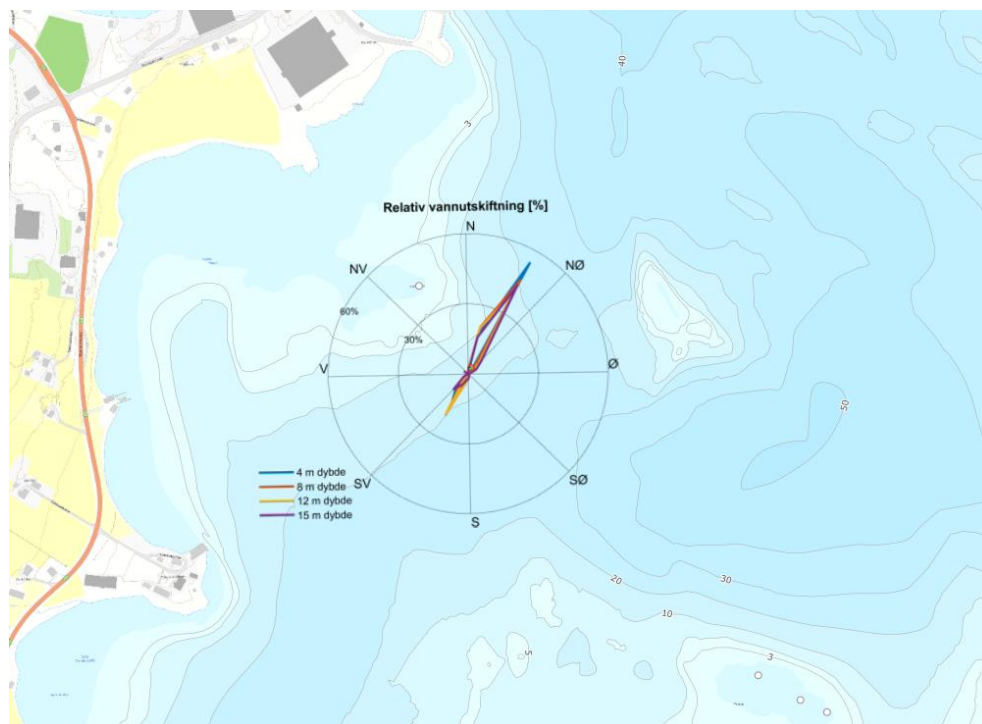
SAMMENDRAG

Det er utført strømmålinger ved Kobbsteinen, Harstad kommune, i forbindelse med planlagt utdypning. Strømmålingene ble utført over en periode på én måned fra 28.09.2021 til 01.11.2021. Det ble målt strøm fra 4 m til 15 m dybde.

Gjennomsnittsstrømmen ved Kobbsteinen var 60 cm/s ved 4 m dybde og 33 cm/s ved 15 m dybde, og avtagende fra overflaten og ned. Maksimalstrømmen er rettet mot nord-nordøst og målt til 196 cm/s ved 8 m dybde.

Målingene viser at strømrretningen ved Kobbsteinen varierer mellom nordøstlig og sørvestlig retning. Strømmens hovedretning er mot nordøst. De kraftigste strømtoppene har en retning mot nordligøstlig retning.

Strømmen ved Kobbsteinen er dominert av tidevannet. De kraftigste strømtoppene opptrer rundt høyvann når strømmen har en retning mot nordøst. Strømmen skifter retning raskt omtrent midt mellom høyvann og lavvann. Strømmen går mot nordøst på fløende sjø og sørvest på fallende sjø.



00	24.11.2021	Strømrappport	MARTIA	JVL	MARTIA	JVL
REV.	DATO	BESKRIVELSE	MÅLING UTFØRT	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

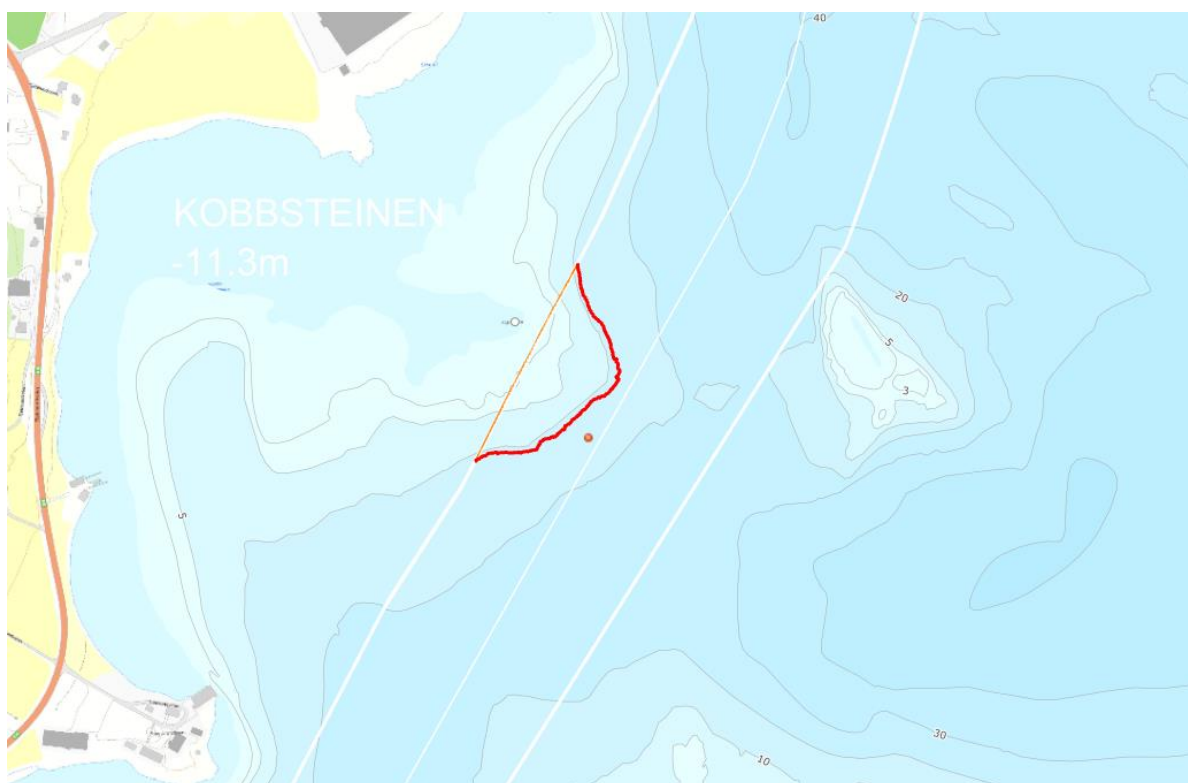
1	Innledning	5
2	Metodebeskrivelse	6
3	Resultater	7
3.1	Strømdata	7
3.2	Vantransport	10
3.3	Tidevann og vindpåvirket strøm	11
3.3.1	Tidevannsanalyse og vannstand	11
3.3.2	Sammenheng mellom vind og strøm	13
3.4	Strøm - Todagersperiode	14
4	Referanser	16
Appendiks A	Måling og kvalitetssikring	17
Appendiks B	Terminologi	20
Appendiks C	Operasjonell strøm og sektorvis statistikk	21
Appendiks D	Tidsserier og fordelinger	29
Appendiks E	Fjernet data	33
Appendiks F	Instrumentspesifikasjoner	33
Appendiks G	Kalibrering Aquadopp Profiler AQD 13696	33

1 Innledning

I forbindelse med innsamling av supplerende data for å bedre beslutningsgrunnlaget i mudre- og dumpesøknaden til Statsforvalter i Troms og Finnmark er det utført strømmålinger i mudrings- og deponiområder ved Mågøya og i Tjeldsundet. Målet med strømmålingene er å få et mer solid grunnlag for å vurdere om det er fare for kritisk transport av finstoff fra planlagte tiltak til sårbare områder i nærheten. I tillegg er informasjon om strømmen viktig i forbindelse med planleggingen av gjennomføring av arbeidet da det er forventet kraftig strøm i enkelt av undersøkelsesområdene.

Det er utført strømundersøkelser ved Mågøysundet (utdypning), sør for Mågøya (deponi), Kobbsteinen (utdypning), Steinstigrunnen (utdypning), Hårvik (deponi) og Steinsvikflua (utdypning).

Denne rapporten tar for seg strømmålinger utført ved Kobbsteinen i forbindelse med utdypningstiltak, se Figur 1.



Figur 1: Oversiktskart over Kobbsteinen. Plassering av strømmåleren er merket med rødt punkt, utdypningsområdet er antydnet.

2 Metodebeskrivelse

Det ble utført strømmålinger ved Kobbsteinen i perioden 28.09.2021 - 01.11.2021.

Tabell 1 sammenfatter den viktigste bakgrunnsinformasjonen for målingen.

- **Plassering av måler:** Figur 1 viser hvor måleriggen var plassert.
- **Måledybder:** Det ble satt ut en doppler profilmåler på 15 m dyp. Målet er å kartlegge strømmen i hele vannsøylen og spesielt dybder hvor utdypningen skal utføres. Alle dybder er referert til gjennomsnittlig vannstand gjennom måleperioden.
- **Målingsutstyr:** Måleren ble forankret i bunnramme. 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 34 dager.

Tabell 1: Generell informasjon om strømmålingen utført ved Kobbsteinen

Posisjon	68°34.296 N 16°31.759 Ø
Ca. dybde på målestedet	15 m
Måleperiode	28-Sep-2021 08:00:00 til 01-Nov-2021 12:10:00 (UTC)
Varighet	34 dager
Antall målinger	4922
Kompassorientering	Mot magnetisk nord (ikke korrigert for misvisning)
Målertype - 15 m dybde	Doppler profilmåler (Nortek Aquadopp profiler, Serienummer 13696), profilering av horisontal og vertikal strøm fra 2 til 14 m dybde, cellestørrelse 1 m
Type måling - 15 m dybde	Burst (måling i 180 sekunder)
Frekvens	Hvert 10. minutt

3 Resultater

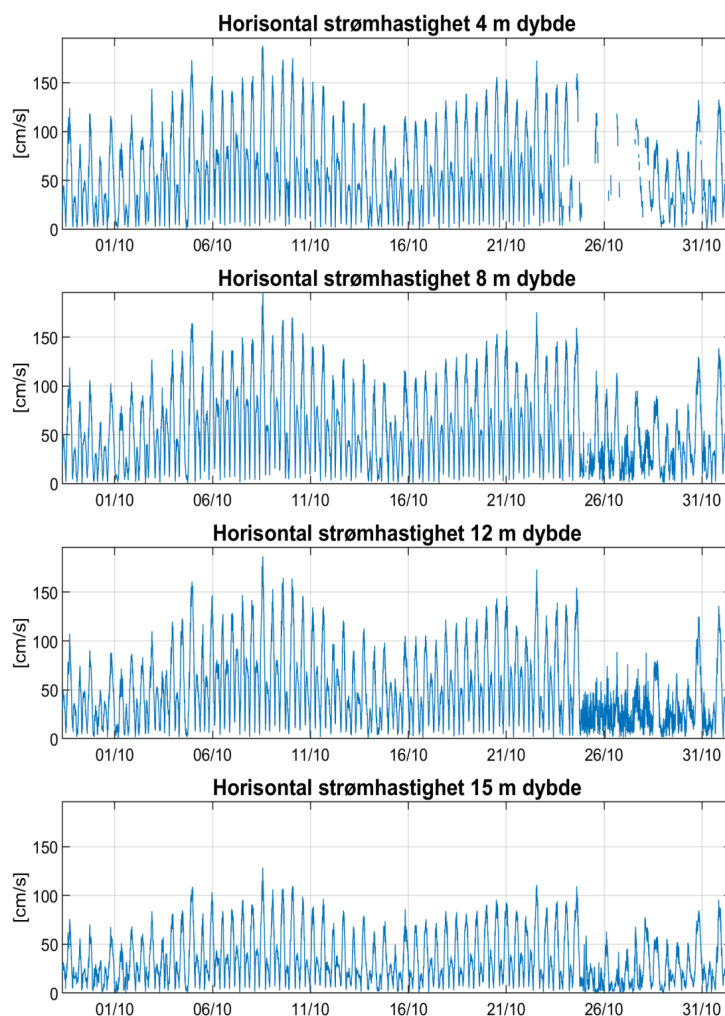
3.1 Strømdata

Tidsserien av målt strøm, samt strømrøsen for valgte dybder er gitt i Figur 2 og Figur 3. Figur 4 viser maksimal- og gjennomsnittsstrøm i 15 graders sektorer for forskjellige dybder. Figur 5 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.

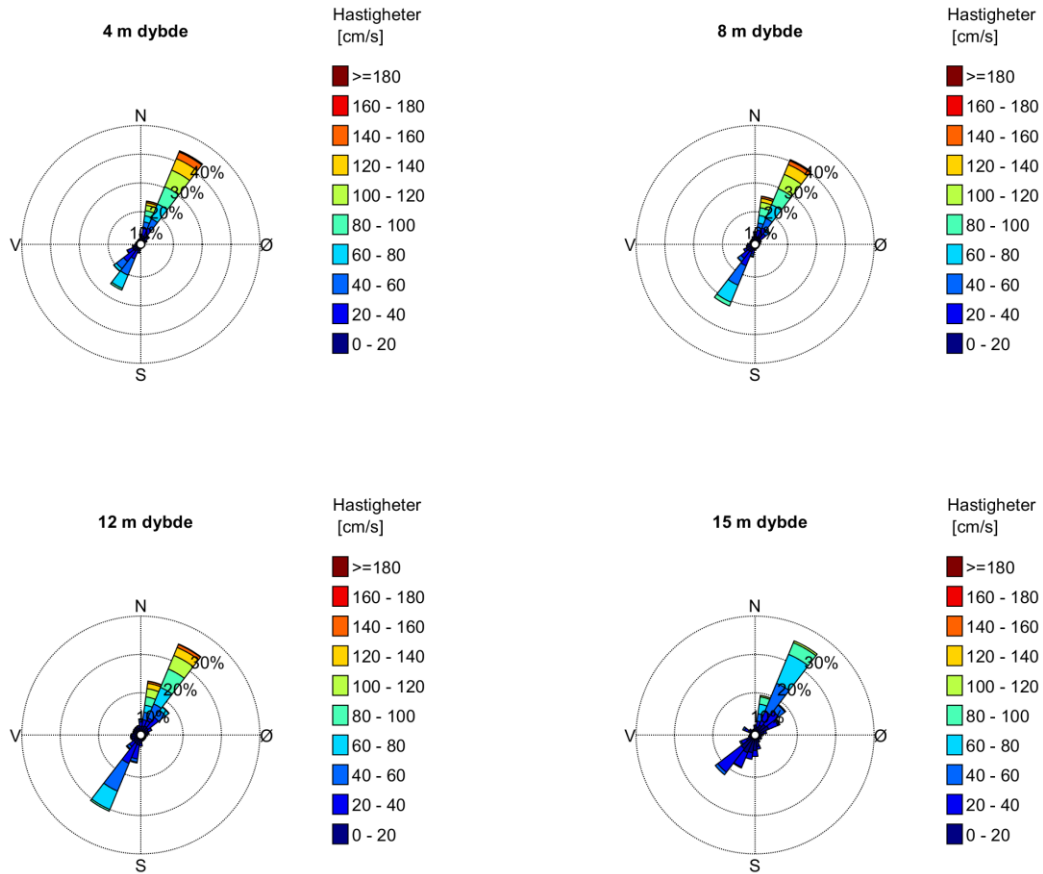
Det ble målt strøm fra 5 m til 19 m dybde. Gjennomsnittsstrømmen ved Kobbsteinen er 60 cm/s ved 4 m dybde og 33 cm/s ved 15 m dybde, og avtagende fra overflaten og ned. Maksimalstrømmen er rettet mot nord-nordøst og målt til 196 cm/s ved 8 m dybde.

Målingene viser at strømrretningen ved Kobbsteinen varierer mellom nordøst og sørvest for hele vannsøylen. Strømmens hovedretninger er mot nordøst. De kraftigste strømmottoppene har en nordøstlig retning.

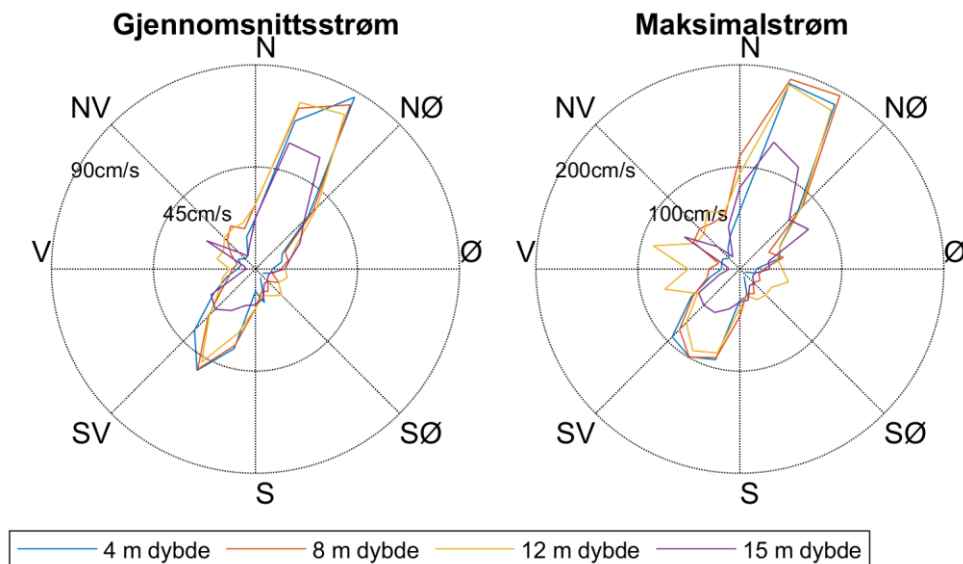
Mot slutten av måleperioden (fra 24.10.2021) viser målingene en endring i strømbildet hvor tidevannet ikke er like framtreddende, og strømmen generelt har lavere hastigheter. Resultatene skiller seg tydelig ut fra måleperioden for øvrig, det stilles tvil om dataene er korrekte. Ut ifra kvalitetsparameterne er det imidlertid ikke noe som tilsier at målingene mot slutten av måleperioden er feil, men man bør være oppmerksom på at det kan være forstyrrelser i denne perioden som har påvirket strømmålingene.



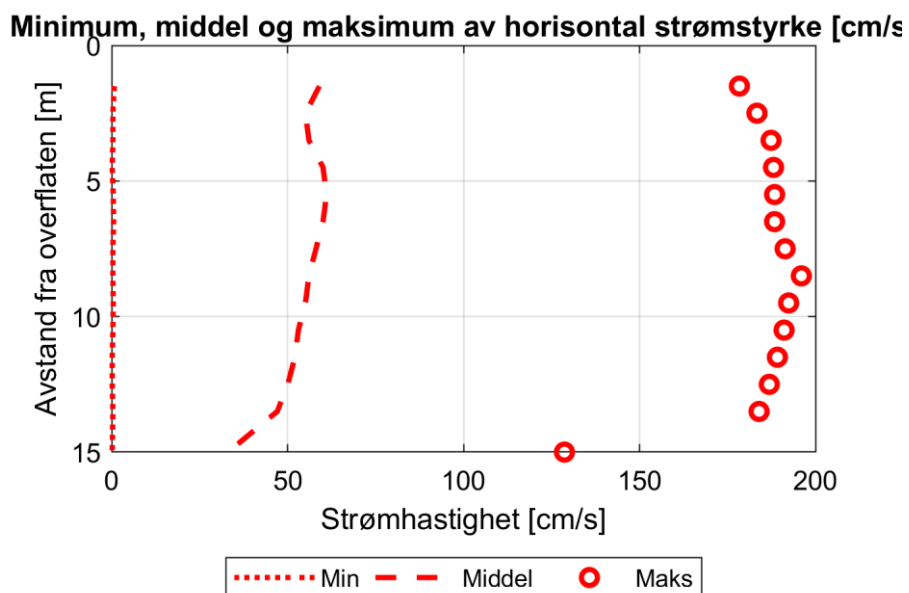
Figur 2: Tidsserier av horisontal strømhastighet



Figur 3: Rosediagram som viser fordelingen av retninger i kompasset og hastigheter i farge



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



Figur 5: Minimal, middel og maksimal horisontal strøm ved alle målte dybder

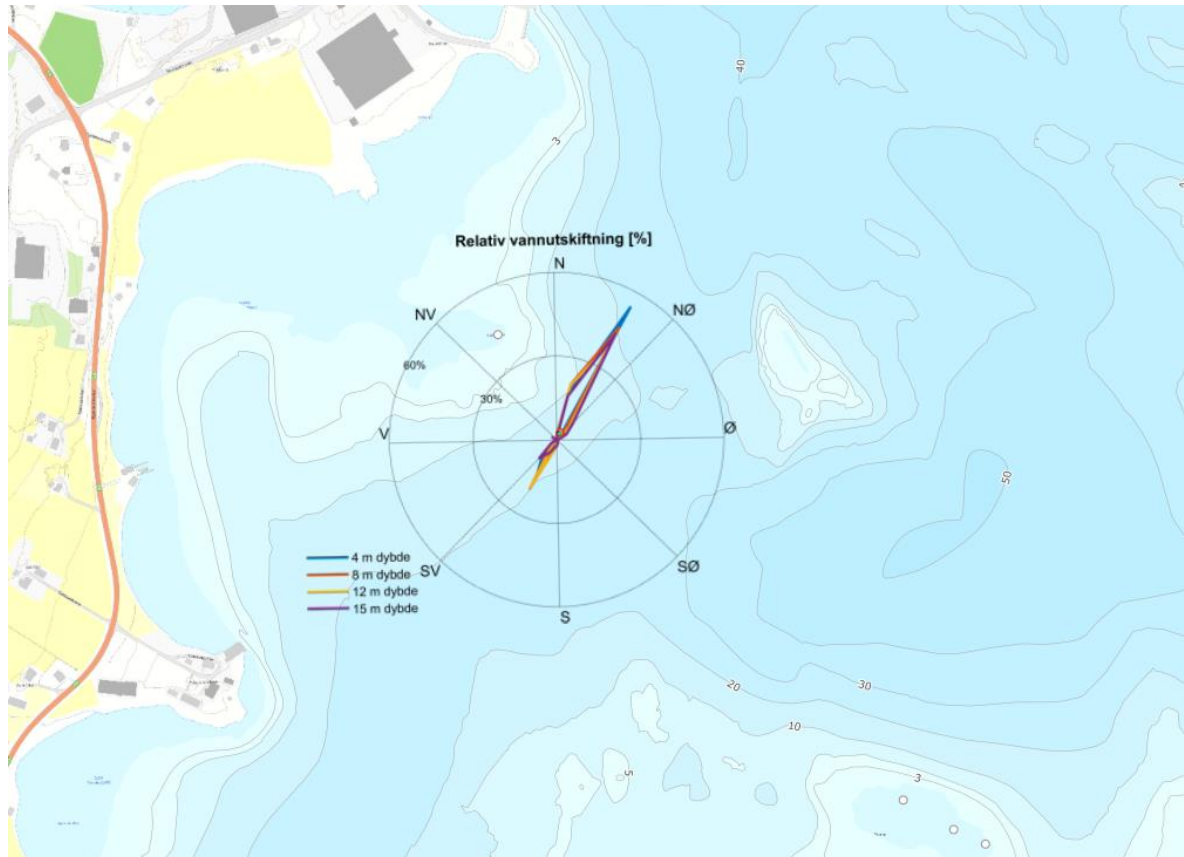
Tabell 2: Statistikk fra strømmålingene ved Kobbsteinen

Dybde	4 m dybde	8 m dybde	12 m dybde	15 m dybde
Gjennomsnittsstrøm [cm/s]	60	56	50	33
Median [cm/s]	54	49	42	27
Standardavvik [cm/s]	40	38	36	25
Maksimumstrøm [cm/s]	188	196	187	129
Retning maksimumstrøm [°]	22	25	22	21
95 prosentil [cm/s]	135	130	121	82
Andel målinger >30 cm/s [%]	66.2	68.8	63.6	44.0
Vannutskifting/Vanntransport				
Neumanns parameter	0.49	0.45	0.42	0.51
Vektormidlet strøm [cm/s]	30	25	21	17
Vektormidlet strømretning [°]	20	20	22	27
Nullmålinger				
Andel målinger < 1cm/s [%]	0.2	0.2	0.1	0.5
Lengste periode < 1cm/s [min]	10	10	20	20

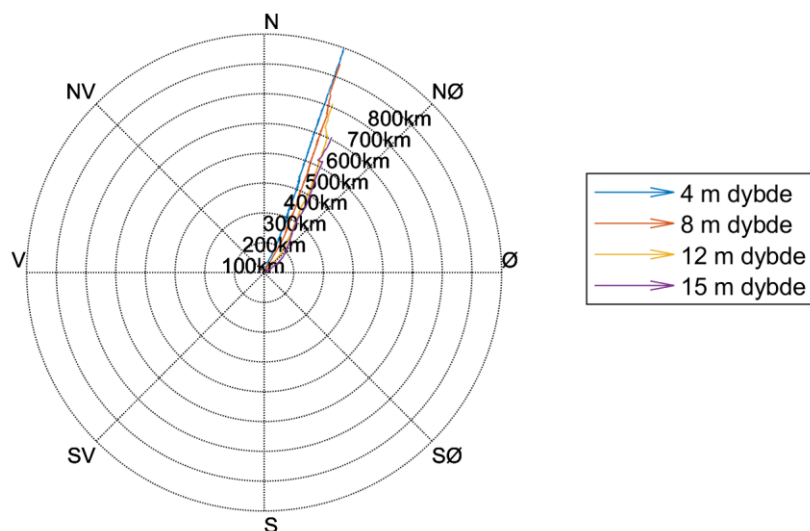
3.2 Vanntransport

Relativ vannutskiftning, samt antall målinger per retningssektor (15 graders sektorer) er gitt i Figur 6 og viser en hovedtransport mot nordøst. Et progressiv vektor-diagram er vist i Figur 7. For forklaring av vannutskiftning og progressiv vektor-diagram se Appendiks B.

Vannutskiftning og antall målinger per sektor er gitt i Appendiks C.



Figur 6: Relativ vannutskiftning per 15 graders sektor



Figur 7: Progressiv vektor-diagram, viser forflytningen av en tenkt vannpartikkel i løpet av måleperioden

3.3 Tidevann og vindpåvirket strøm

3.3.1 Tidevannsanalyse og vannstand

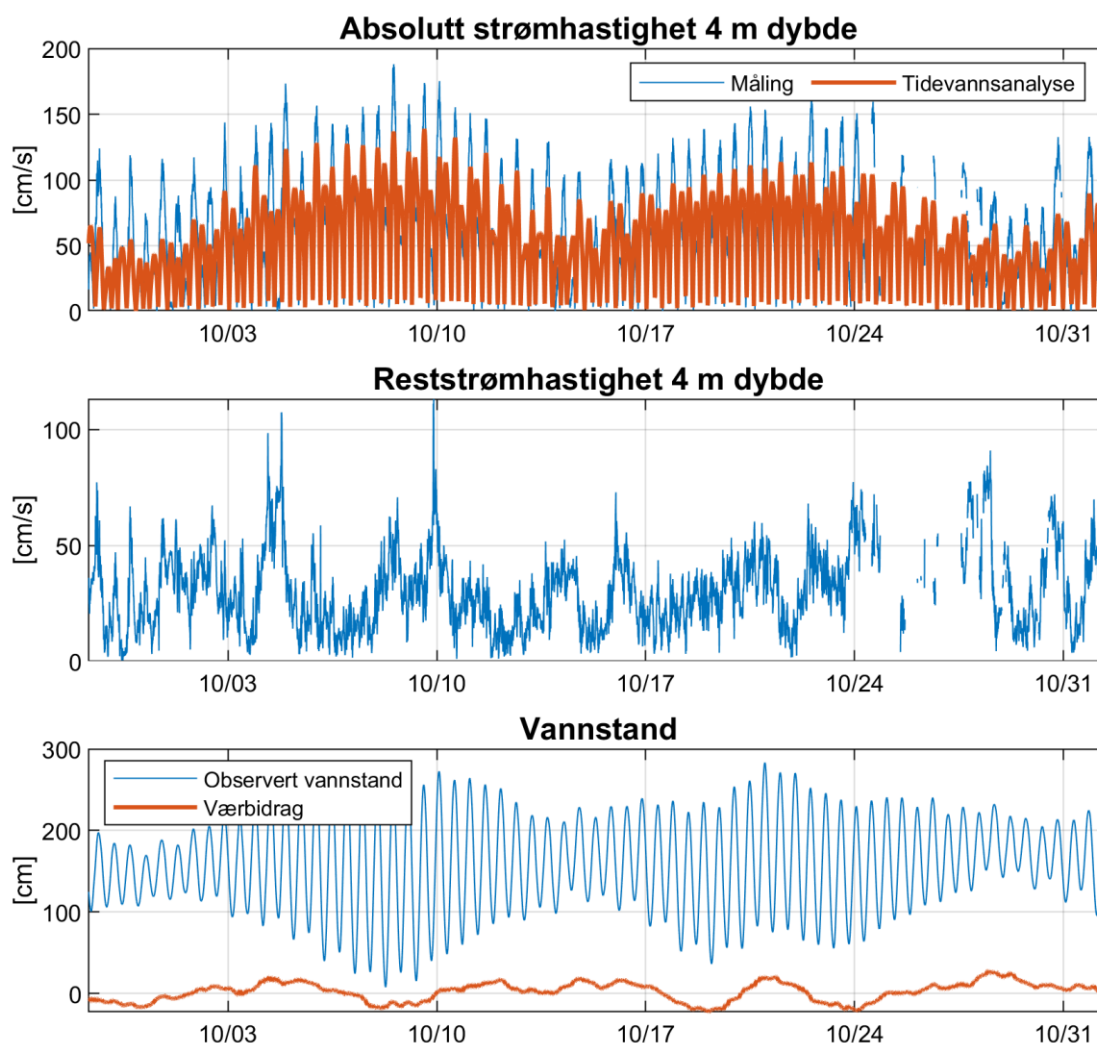
Det ble foretatt en tidevannsanalyse av den målte strømmen ved forskjellige dyp, som gir informasjon om tidevannets bidrag til strømbildet (Codiga, 2011). Tidevannet er en følge av tiltrekningskreftene mellom jord, måne og sol og de relative bevegelsene i jord-måne-solsystemet (Kartverket, 2014), se Appendiks B for mer informasjon om tidevann.

Resultatene fra tidevannsanalysen er gitt i Figur 8 og Figur 9.

Figur 8 viser tidsserien av strømmen ved 4 m dybde med beregnet tidevann fra tidevannsanalysen, reststrøm og vannstand fra sehavniva.no.

Tidevannsanalysen av strømmålingene viser at tidevannet forklarer 89 % av variansen i datasettet ved 4 m dybde. Maksimal beregnet tidevannsstrøm ved 4 m dybde er 139 cm/s. Reststrømmen er stort sett under 50 cm/s (signifikant maksimum), men har en maksimalverdi på 113 cm/s.

De kraftigste strømtoppene opptrer rundt høyvann når strømmen har en retning mot nordøst. Strømmen skifter retning raskt omtrent midt mellom høyvann og lavvann. Strømmen går mot nordøst når det flør og mot sørvest på fallende sjø.

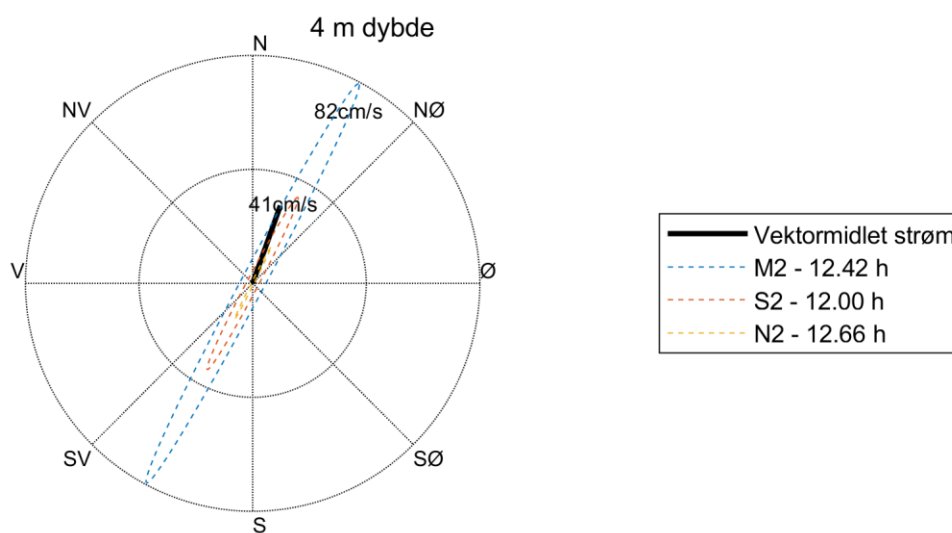


Figur 8: Horisontal strømshastighet, 4 m dybde, med tidevannsanalyse (vannstand fra Harstad, tidsforskjell: -5, høydekorreksjonsfaktor: 1.07 (sehavnivå.no))

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 tidevannskomponentene til strømmen ved 4 m dybde. Hovedperiodene i tidevannssignalet ved 4 m dybde er 12.42 timer, 12.00 timer og 12.66 timer. Det er tidevannet fra månen M2 (to perioder per døgn) som er mest framtrepende, og figuren viser at tidevannsstrømmen oscillerer mellom nordøstlig og sørvestlig retning.

Vektormidlet strøm er vist som en svart strek i Figur 9. Den vektormidlete strømmen viser at netto vantransport er mot nord-nordøst ved Kobbsteinen.

Resultatene viser at strømmen ved Kobbsteinen er dominert av tidevannet.



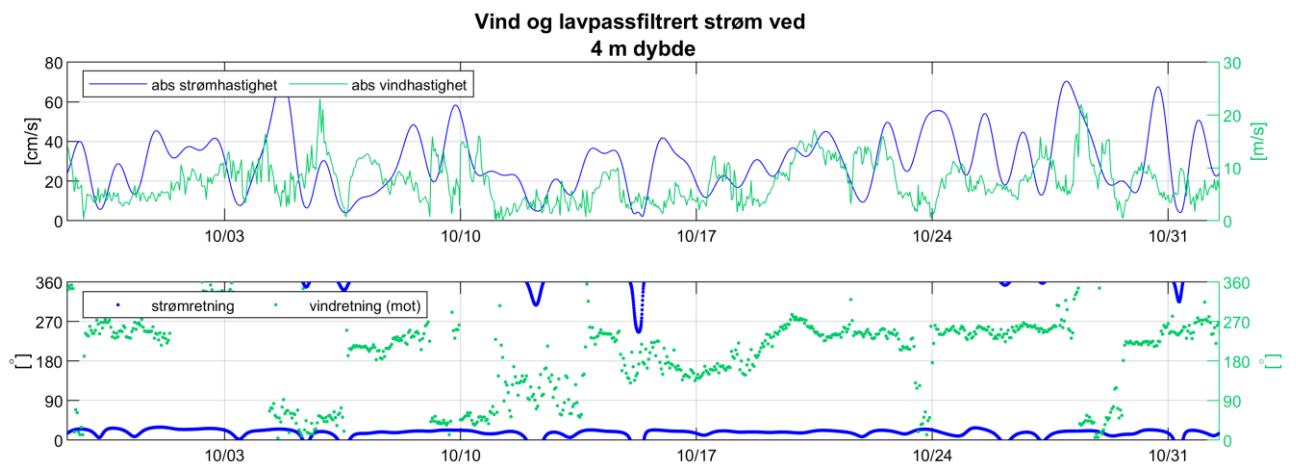
Figur 9: Tidevanssellipsene av strømmen ved 4 m dybde. M2, S2 og N2 refererer til tidevannskomponentene. Middelsestrømmen er vektorbasert

3.3.2 Sammenheng mellom vind og strøm

Sammenhengen mellom vind og strøm er også undersøkt. Det ble brukt vindmålinger fra Rotvær målestasjon (Frost) som ligger ca. 33 km sørvest for Kobbsteinen og anses som mest representativ for sammenligning med strømmålingene. Verdiene er 10 minutters middelværdier 10 meter over bakken. For å lettere kunne sammenligne strøm med vind, er strømmen lavpassfiltrert (se forklaring i Appendiks B).

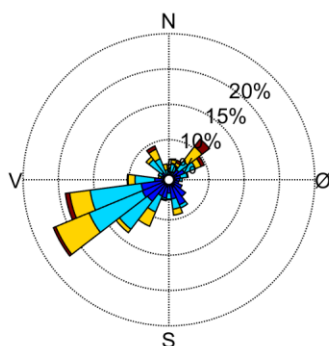
Figur 10 viser vindhastighet og vindretning, samt hastighet og retning på lavpassfiltrert strøm ved 4 m dybde. Figur 11 viser fordeling av retninger og styrke av både vind og lavpassfiltrert strøm ved 4 m dybde.

Strømmen ved Kobbsteinen er hovedsakelig drevet av tidevannet og det er ikke funnet en direkte sammenheng mellom vind ved Rotvær og strømmen ved Kobbsteinen.

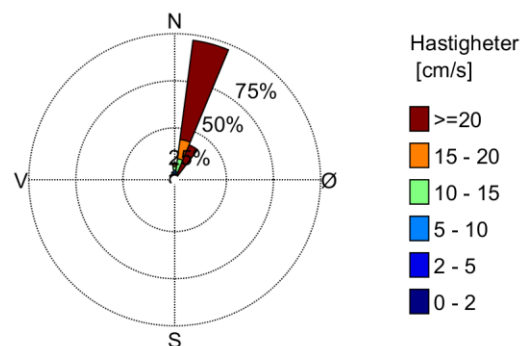


Figur 10: Vindretning og vindhastighet (grønn) samt retning og hastighet på lavpassfiltrert strøm (blå).

Vind ved Rotvær målestasjon (mot)



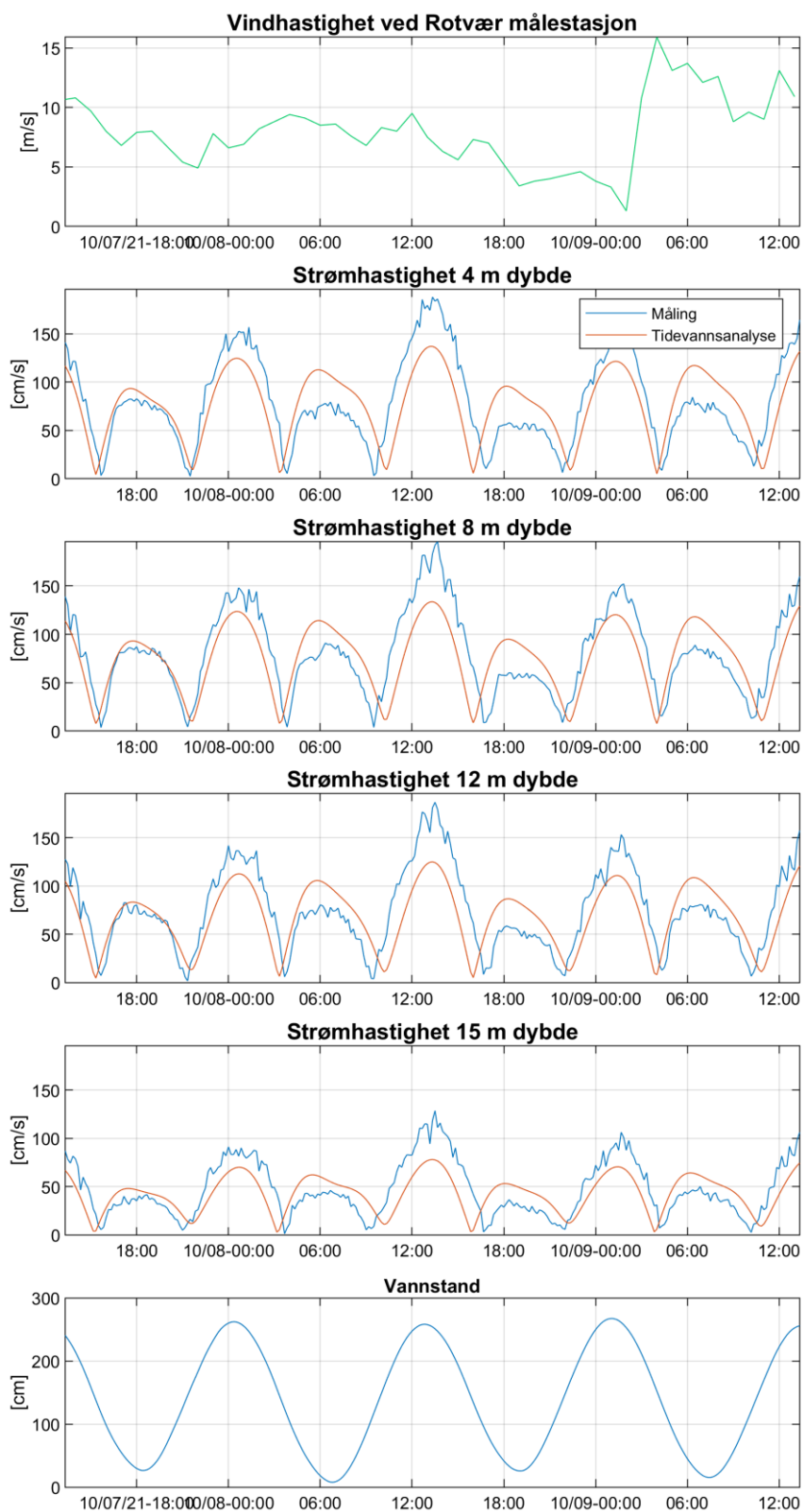
Lavpassfiltrert strøm 4 m dybde



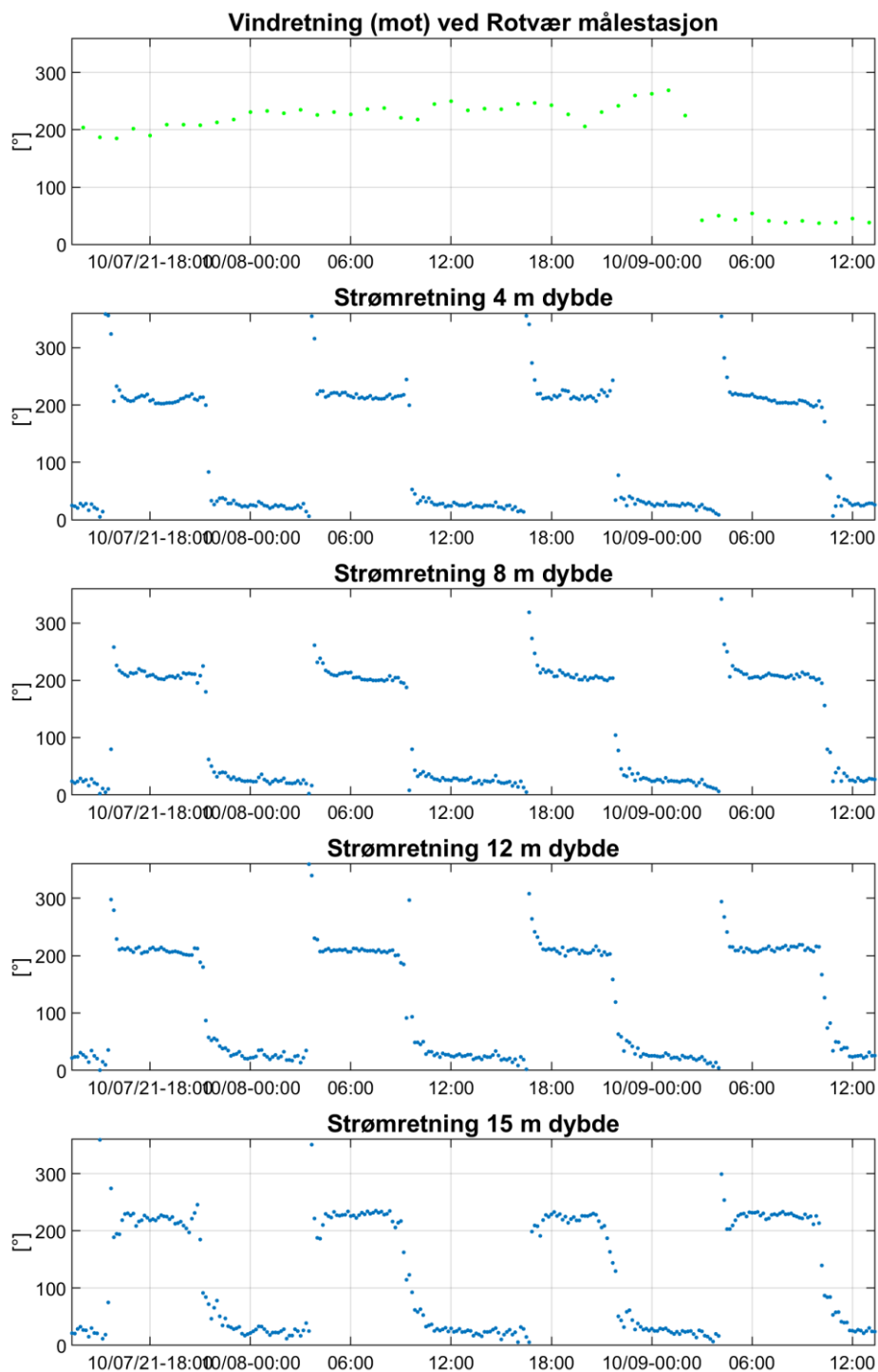
Figur 11: Vind og reststrøm ved 4 m dybde (retninger mot)

3.4 Strøm - Todagersperiode

Figur 12 og Figur 13 viser vind, strøm og vannstand i todagersperioden rundt maksimalstrømmen ved 4 m dyp, 07.10.2021 - 09.10.2021. De kraftigste strømmottoppene opptrer rundt høyvann når strømmen har en retning mot nordøst. Strømmen skifter retning raskt omtrent midt mellom høyvann og lavvann. Strømmen går mot nordøst når det flør og mot sørvest på fallende sjø.



Figur 12: Vind, strøm og vannstand i todagersperioden 07.10.2021-09.10.2021 (UTC)



Figur 13: Vindretning og strømretning i todagersperioden 07.10.2021-09.10.2021 (UTC)

4 Referanser

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

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 Aquadopp Profiler (Nortek, 2015) i bunnramme.

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. Aquadopp Profiler sender ut pulser i tre stråler i forskjellige retninger for å kunne rekonstruere den horisontale og vertikale strømhastigheten i mange dyp. Målerne ble forankret som vist i Figur 14 og Figur 15.



Figur 14: Skisse av riggen ved Kobbsteinen, i bunnramme

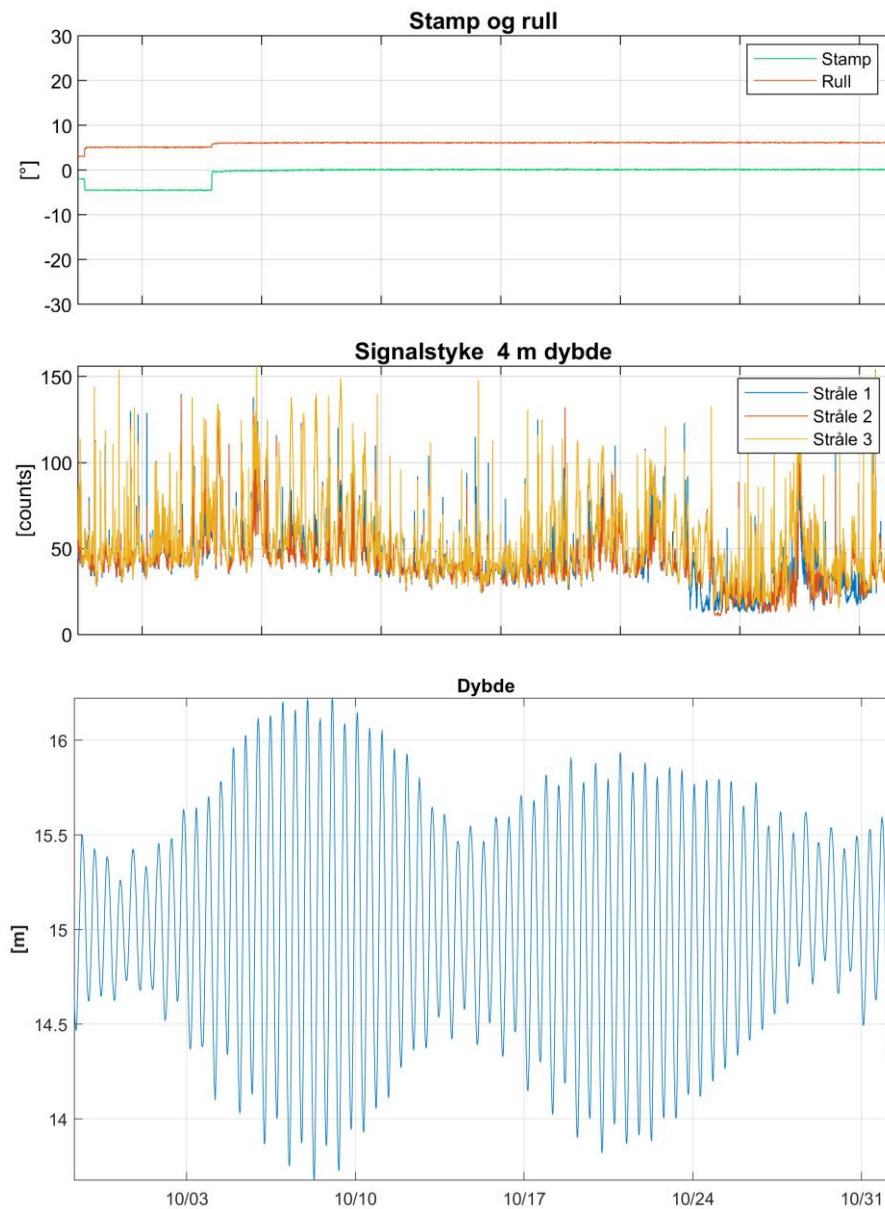
Det er gjennomført kvalitetssikring etter anbefalingene av instrumentenes produsent. Generelt er anbefalingene som følger for en Aquadopp Profiler:

- stamp og rull mindre enn 30°,
- signalstyrke mer enn 7 counts over støygulvet

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 korrigeret for misvisning og alle retninger er referert mot magnetisk nord. Der instrumentprodusenten anbefaler det, er deviasjon tatt hensyn til gjennom kalibrering av kompasset før utsett. Figur 16 viser noen av parameterne etter datarensing.



Figur 15: Kobbsteinen – Rigg etter utsett



Figur 16: Kvalitetssikring Aquadopp Profiler ved 15 m etter datarensing (rel. gjennomsnittlig vannstand gjennom måleperioden)

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 strømrretningen 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 - nippesyklus (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]								
4	60	82	9	4	32	43	11	7	60
8	63	75	12	10	30	43	11	18	56
12	63	66	15	14	25	43	14	19	50
15	51	46	13	7	16	23	6	19	33
Dybde	95 prosentil [cm/s]								
4	135	146	23	8	66	76	25	19	135
8	134	140	34	24	76	79	21	48	130
12	134	129	32	35	49	74	35	45	121
15	97	85	26	16	30	40	14	49	82
Dybde	Horisontal maksimalstrøm [cm/s]								
4	188	186	40	8	92	99	30	23	188
8	192	196	44	28	90	100	33	56	196
12	187	179	49	36	85	92	88	65	187
15	129	115	29	19	40	50	20	63	129
Dybde	Relativ vannutskiftning [%]								
4	18	56	0	0	1	24	1	0	100
8	22	49	0	0	2	24	1	1	100
12	23	46	1	0	5	22	1	2	100
15	17	56	1	1	6	17	0	2	100
Dybde	Antall målinger [%]								
4	18	41	1	0	2	33	3	1	100
8	20	37	1	1	4	31	4	2	100
12	18	35	2	2	9	26	4	4	100
15	12	41	4	3	13	24	1	4	100

Tabell 5: Operasjonell strøm - prosentandel av målinger med forskjellig hastighet og retning, 4 m dybde

Strømhastighet	Strømretning								Sum
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
0-1 cm/s	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
1-5 cm/s	0.4	0.4	0.2	0.1	0.2	0.5	0.6	0.4	2.8
5-10 cm/s	0.9	1.1	0.2	0.0	0.1	1.1	1.0	0.5	4.9
10-20 cm/s	2.2	1.7	0.2		0.4	3.3	0.9	0.2	8.9
20-30 cm/s	2.3	2.8	0.0		0.3	4.5	0.4	0.0	10.4
30-40 cm/s	1.7	2.2	0.0		0.4	6.1			10.3
40-50 cm/s	1.6	1.9	0.0		0.2	5.5			9.2
50-60 cm/s	1.3	2.5			0.3	4.9			9.0
60-70 cm/s	1.3	3.1			0.1	3.8			8.3
70-80 cm/s	1.1	3.4			0.0	2.9			7.4
80-90 cm/s	1.0	3.7			0.0	0.7			5.5
90-100 cm/s	1.0	3.5			0.0	0.1			4.6
100-110 cm/s	1.0	3.9							4.9
110-120 cm/s	1.0	3.0							4.0
120-130 cm/s	0.5	2.6							3.2
130-140 cm/s	0.5	2.1							2.6
140-150 cm/s	0.3	1.7							2.1
150-160 cm/s	0.2	1.0							1.2
160-170 cm/s	0.0	0.2							0.3
170-180 cm/s	0.0	0.2							0.2
180-190 cm/s	0.0	0.1							0.1
Sum	18.4	41.1	0.6	0.1	2.3	33.4	3.0	1.2	100.0

Tabell 6: Operasjonell strøm - prosentandel av målinger med hastigheter over visse grenser, 4 m dybde

Strømhastighet	Strømretning								Sum
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
>10 cm/s	17.0	39.6	0.2		1.9	31.8	1.3	0.2	92.2
>20 cm/s	14.9	37.9	0.0		1.5	28.5	0.4	0.0	83.3
>30 cm/s	12.6	35.1	0.0		1.2	24.0			72.9
>40 cm/s	10.9	33.0	0.0		0.8	17.9			62.6
>50 cm/s	9.3	31.1			0.6	12.4			53.4
>60 cm/s	8.1	28.6			0.2	7.5			44.4
>70 cm/s	6.8	25.5			0.1	3.8			36.1
>80 cm/s	5.7	22.1			0.1	0.8			28.7
>90 cm/s	4.7	18.4			0.0	0.1			23.2
>100 cm/s	3.7	14.9							18.6
>110 cm/s	2.7	11.0							13.7
>120 cm/s	1.7	8.0							9.7
>130 cm/s	1.1	5.4							6.5
>140 cm/s	0.6	3.2							3.9
>150 cm/s	0.3	1.5							1.8
>160 cm/s	0.1	0.5							0.6
>170 cm/s	0.0	0.3							0.3
>180 cm/s	0.0	0.1							0.1

Tabell 7: Operasjonell strøm - prosentandel av målinger med forskjellig hastighet og retning, 8 m dybde

Strømhastighet	Strømretning								Sum
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
0-1 cm/s	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
1-5 cm/s	0.6	0.4	0.3	0.2	0.2	0.4	0.4	0.3	2.8
5-10 cm/s	0.8	0.7	0.2	0.1	0.4	1.1	1.2	0.8	5.3
10-20 cm/s	1.8	2.4	0.4	0.2	0.8	3.7	1.6	0.3	11.4
20-30 cm/s	2.2	3.2	0.1	0.0	0.9	4.3	0.2	0.2	11.2
30-40 cm/s	1.9	2.5	0.1		0.8	5.0	0.1	0.2	10.5
40-50 cm/s	1.7	2.1	0.0		0.5	4.8		0.2	9.4
50-60 cm/s	1.5	2.7			0.3	3.9		0.1	8.4
60-70 cm/s	1.4	3.0			0.1	3.6			8.1
70-80 cm/s	1.4	2.7			0.1	2.9			7.1
80-90 cm/s	1.3	3.1			0.1	1.1			5.8
90-100 cm/s	1.4	3.0				0.3			4.7
100-110 cm/s	1.0	2.7							3.7
110-120 cm/s	1.0	2.7							3.7
120-130 cm/s	0.7	2.0							2.6
130-140 cm/s	0.7	1.7							2.4
140-150 cm/s	0.4	1.0							1.4
150-160 cm/s	0.2	0.5							0.7
160-170 cm/s	0.0	0.3							0.4
170-180 cm/s	0.0	0.1							0.1
180-190 cm/s	0.0	0.0							0.1
190-200 cm/s	0.0	0.0							0.0
Sum	20.2	37.0	1.1	0.6	4.3	31.4	3.5	2.1	100.0

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

Strømhastighet	Strømretning								Sum
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
>10 cm/s	18.7	35.9	0.6	0.3	3.6	29.8	1.9	1.0	91.7
>20 cm/s	16.9	33.4	0.2	0.0	2.8	26.1	0.2	0.7	80.4
>30 cm/s	14.7	30.2	0.1		1.9	21.8	0.1	0.5	69.2
>40 cm/s	12.8	27.7	0.0		1.1	16.7		0.3	58.6
>50 cm/s	11.1	25.6			0.6	11.9		0.1	49.3
>60 cm/s	9.6	22.9			0.3	8.0			40.8
>70 cm/s	8.2	19.9			0.2	4.4			32.7
>80 cm/s	6.8	17.2			0.1	1.5			25.6
>90 cm/s	5.5	14.1				0.3			19.8
>100 cm/s	4.1	11.0							15.1
>110 cm/s	3.1	8.3							11.4
>120 cm/s	2.1	5.6							7.7
>130 cm/s	1.5	3.6							5.0
>140 cm/s	0.8	1.9							2.6
>150 cm/s	0.3	0.9							1.2
>160 cm/s	0.1	0.4							0.6
>170 cm/s	0.1	0.1							0.2
>180 cm/s	0.0	0.1							0.1
>190 cm/s	0.0	0.0							0.0

Tabell 9: Operasjonell strøm - prosentandel av målinger med forskjellig hastighet og retning, 12 m dybde

Strømhastighet	Strømretning								Sum
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
0-1 cm/s	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
1-5 cm/s	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.4	0.4	0.4	2.8
5-10 cm/s	0.8	1.0	0.5	0.5	1.0	1.0	1.3	0.8	6.8
10-20 cm/s	2.2	2.6	0.9	0.4	2.2	2.4	2.0	1.3	13.9
20-30 cm/s	1.6	3.4	0.5	0.3	2.6	3.3	0.4	0.7	12.8
30-40 cm/s	1.8	3.4	0.1	0.2	1.8	4.2	0.1	0.3	11.9
40-50 cm/s	1.4	3.1	0.0		0.6	5.0	0.1	0.3	10.6
50-60 cm/s	1.3	3.2			0.2	3.6	0.1	0.1	8.4
60-70 cm/s	1.0	2.7			0.1	3.5	0.0	0.0	7.3
70-80 cm/s	1.0	3.0			0.1	2.0	0.0		6.1
80-90 cm/s	1.1	2.9			0.0	0.4	0.0		4.5
90-100 cm/s	1.2	2.4				0.1			3.6
100-110 cm/s	1.0	2.0							3.0
110-120 cm/s	1.2	1.8							3.0
120-130 cm/s	0.7	1.5							2.3
130-140 cm/s	0.7	0.7							1.4
140-150 cm/s	0.3	0.4							0.7
150-160 cm/s	0.2	0.4							0.6
160-170 cm/s	0.0	0.1							0.1
170-180 cm/s	0.0	0.1							0.1
180-190 cm/s	0.0								0.0
Sum	17.9	35.1	2.3	1.5	8.9	25.9	4.4	4.0	100.0

Tabell 10: Operasjonell strøm - prosentandel av målinger med hastigheter over visse grenser, 12 m dybde

Strømhastighet	Strømretning								Sum
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
>10 cm/s	16.7	33.7	1.5	0.8	7.7	24.4	2.7	2.8	90.3
>20 cm/s	14.5	31.1	0.6	0.4	5.5	22.1	0.7	1.5	76.4
>30 cm/s	12.8	27.8	0.1	0.2	2.9	18.7	0.3	0.7	63.6
>40 cm/s	11.0	24.4	0.0		1.0	14.5	0.2	0.4	51.6
>50 cm/s	9.6	21.3			0.4	9.5	0.1	0.1	41.0
>60 cm/s	8.4	18.1			0.2	5.9	0.0	0.0	32.7
>70 cm/s	7.4	15.4			0.1	2.5	0.0		25.4
>80 cm/s	6.4	12.4			0.0	0.5	0.0		19.3
>90 cm/s	5.3	9.4				0.1			14.8
>100 cm/s	4.1	7.0							11.2
>110 cm/s	3.2	5.1							8.2
>120 cm/s	2.0	3.2							5.2
>130 cm/s	1.3	1.7							2.9
>140 cm/s	0.6	1.0							1.5
>150 cm/s	0.3	0.6							0.9
>160 cm/s	0.1	0.1							0.2
>170 cm/s	0.0	0.1							0.1
>180 cm/s	0.0								0.0

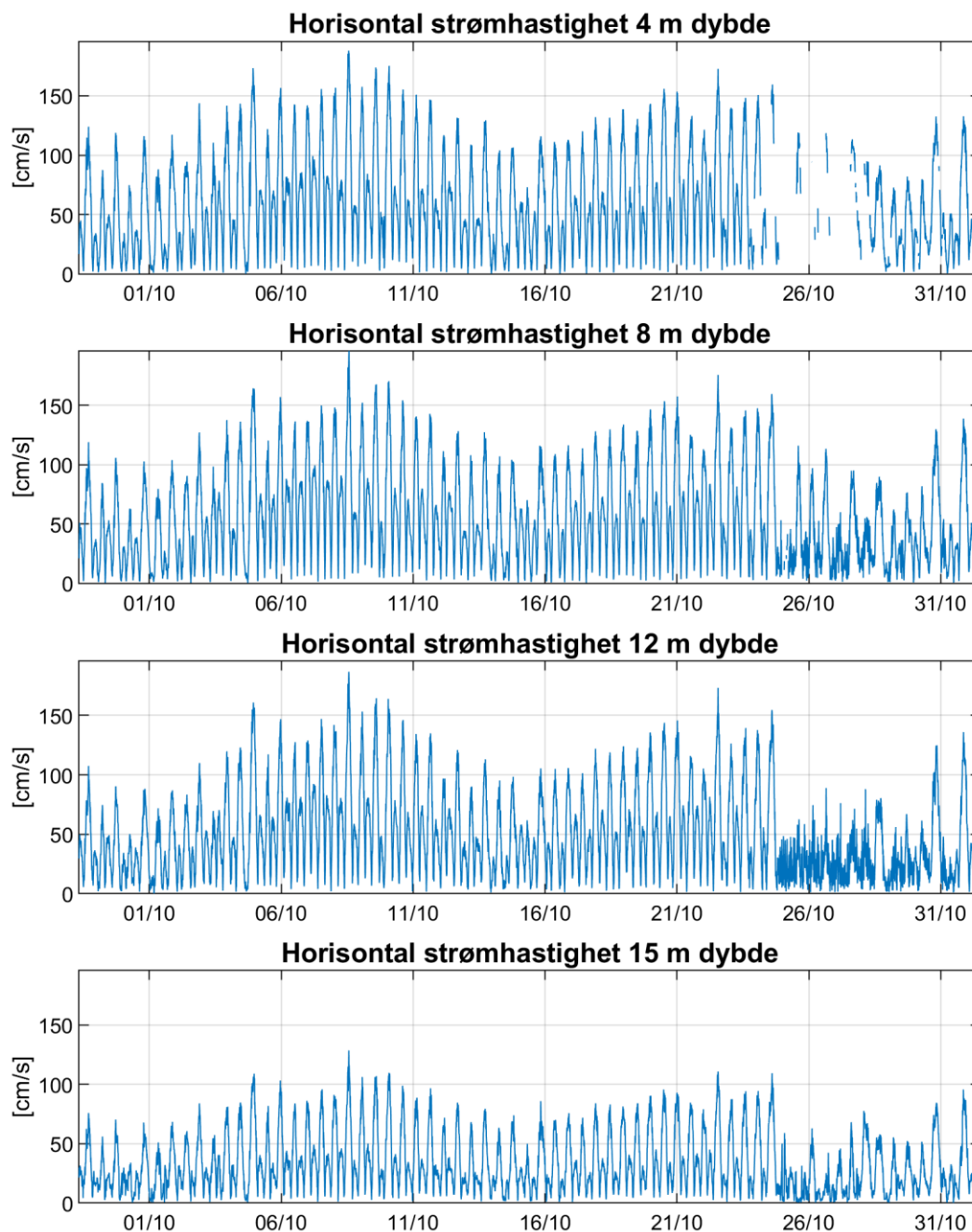
Tabell 11: Operasjonell strøm - prosentandel av målinger med forskjellig hastighet og retning, 15 m dybde

Strømhastighet	Strømretning								Sum
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
0-1 cm/s	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.5
1-5 cm/s	0.7	0.5	0.6	0.9	1.2	1.1	0.7	0.5	6.2
5-10 cm/s	0.5	1.4	0.6	0.9	2.4	2.0	0.5	0.8	9.2
10-20 cm/s	1.1	5.1	1.6	0.6	5.1	5.9	0.2	0.9	20.4
20-30 cm/s	1.1	5.8	0.8		3.4	8.0	0.0	0.7	19.7
30-40 cm/s	1.1	4.9			0.6	5.3		0.4	12.2
40-50 cm/s	1.1	5.0			0.0	1.4		0.3	7.9
50-60 cm/s	1.0	5.4				0.0		0.1	6.5
60-70 cm/s	1.1	5.1						0.0	6.2
70-80 cm/s	1.5	3.6							5.1
80-90 cm/s	1.3	2.4							3.7
90-100 cm/s	0.7	0.9							1.5
100-110 cm/s	0.3	0.4							0.8
110-120 cm/s	0.1	0.1							0.2
120-130 cm/s	0.0								0.0
Sum	11.5	40.6	3.5	2.5	12.7	23.7	1.5	3.9	100.0

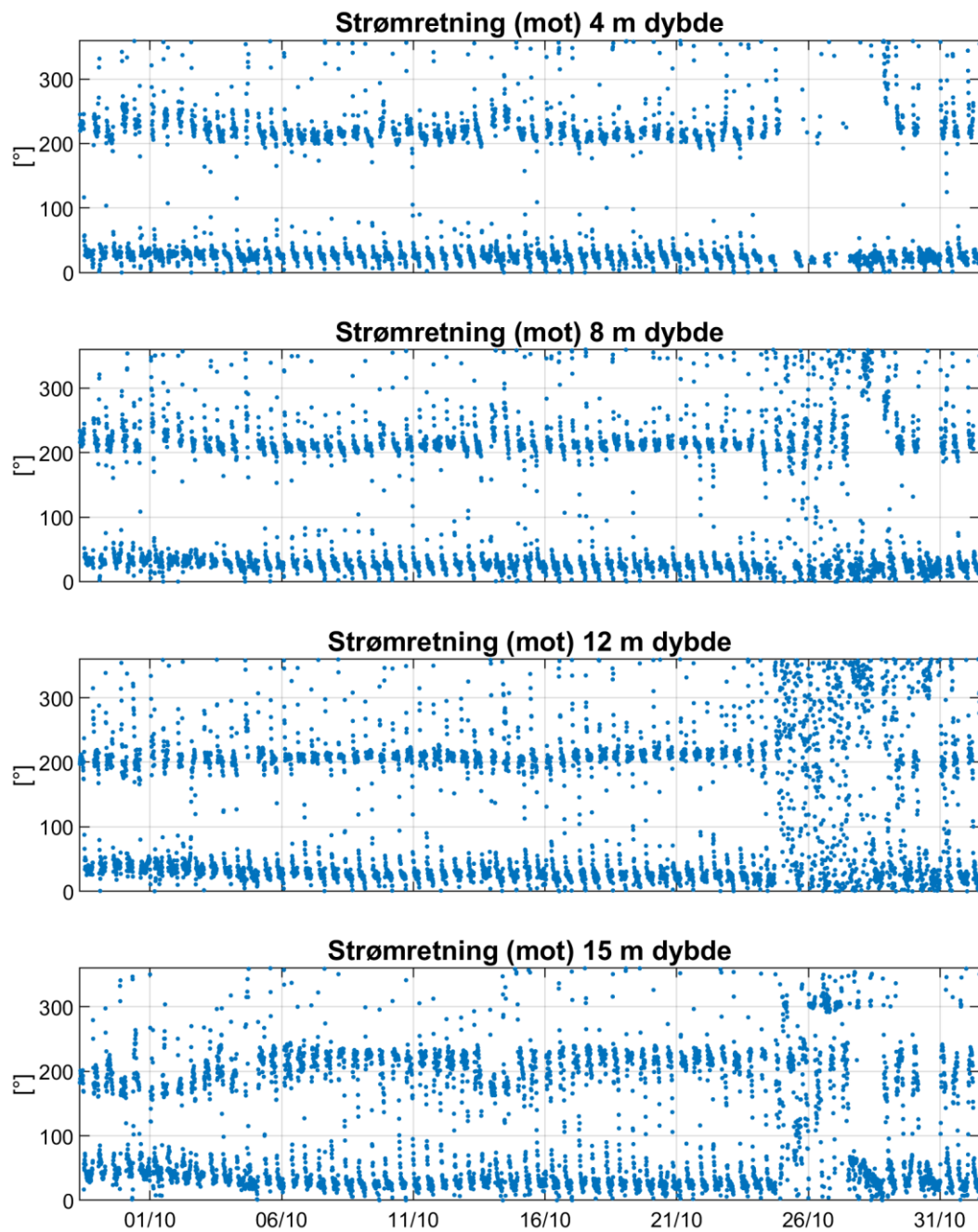
Tabell 12: Operasjonell strøm - prosentandel av målinger med hastigheter over visse grenser, 15 m dybde

Strømhastighet	Strømretning								Sum
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
>10 cm/s	10.2	38.6	2.3	0.6	9.1	20.6	0.2	2.5	84.1
>20 cm/s	9.1	33.5	0.8		4.0	14.7	0.0	1.6	63.7
>30 cm/s	8.0	27.8			0.6	6.7		0.9	44.0
>40 cm/s	7.0	22.9			0.0	1.4		0.5	31.8
>50 cm/s	5.9	17.9				0.0		0.1	23.9
>60 cm/s	4.9	12.5						0.0	17.5
>70 cm/s	3.8	7.5							11.2
>80 cm/s	2.3	3.8							6.1
>90 cm/s	1.1	1.4							2.5
>100 cm/s	0.4	0.5							0.9
>110 cm/s	0.1	0.1							0.2
>120 cm/s	0.0								0.0

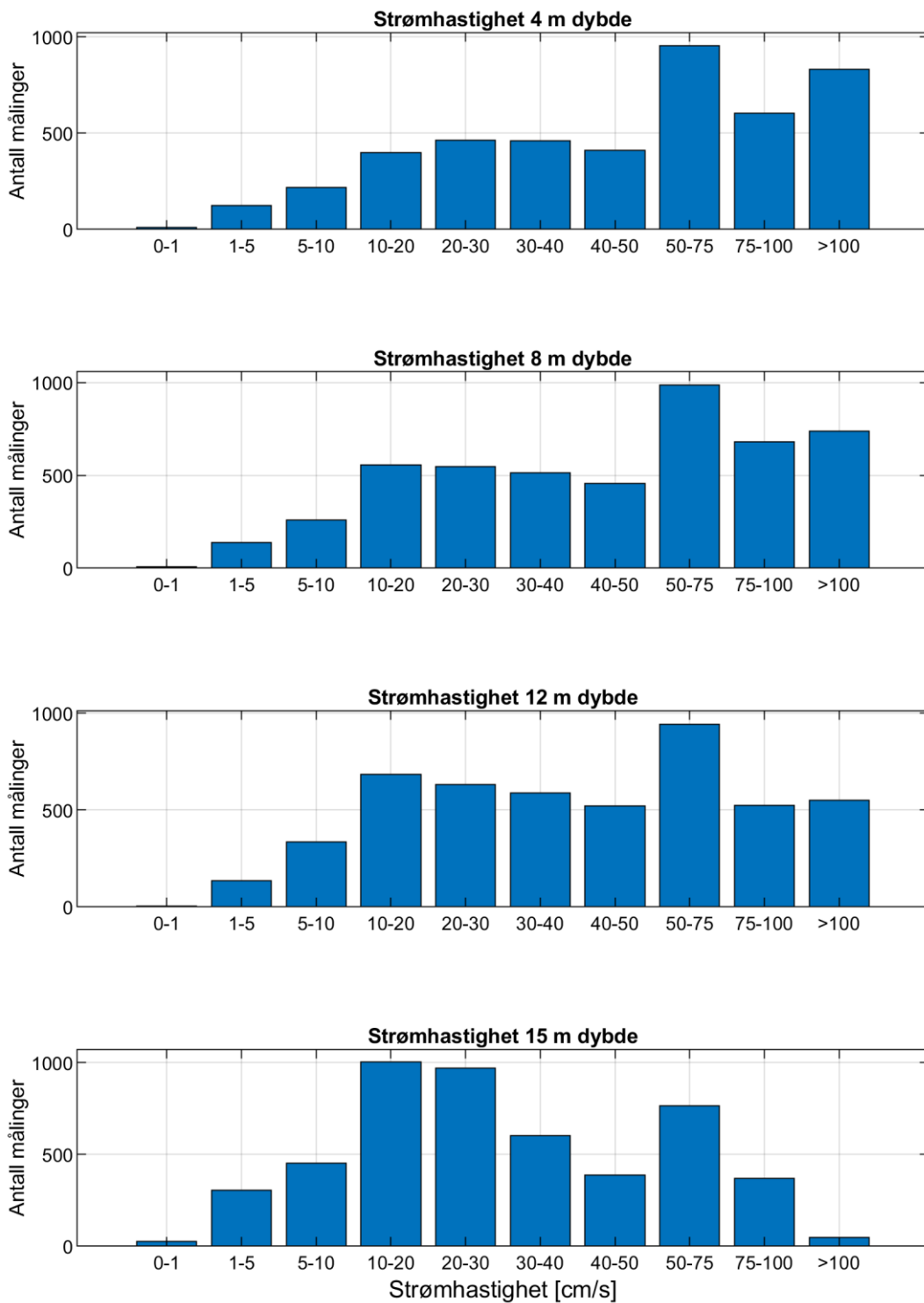
Appendiks D Tidsserier og fordelinger



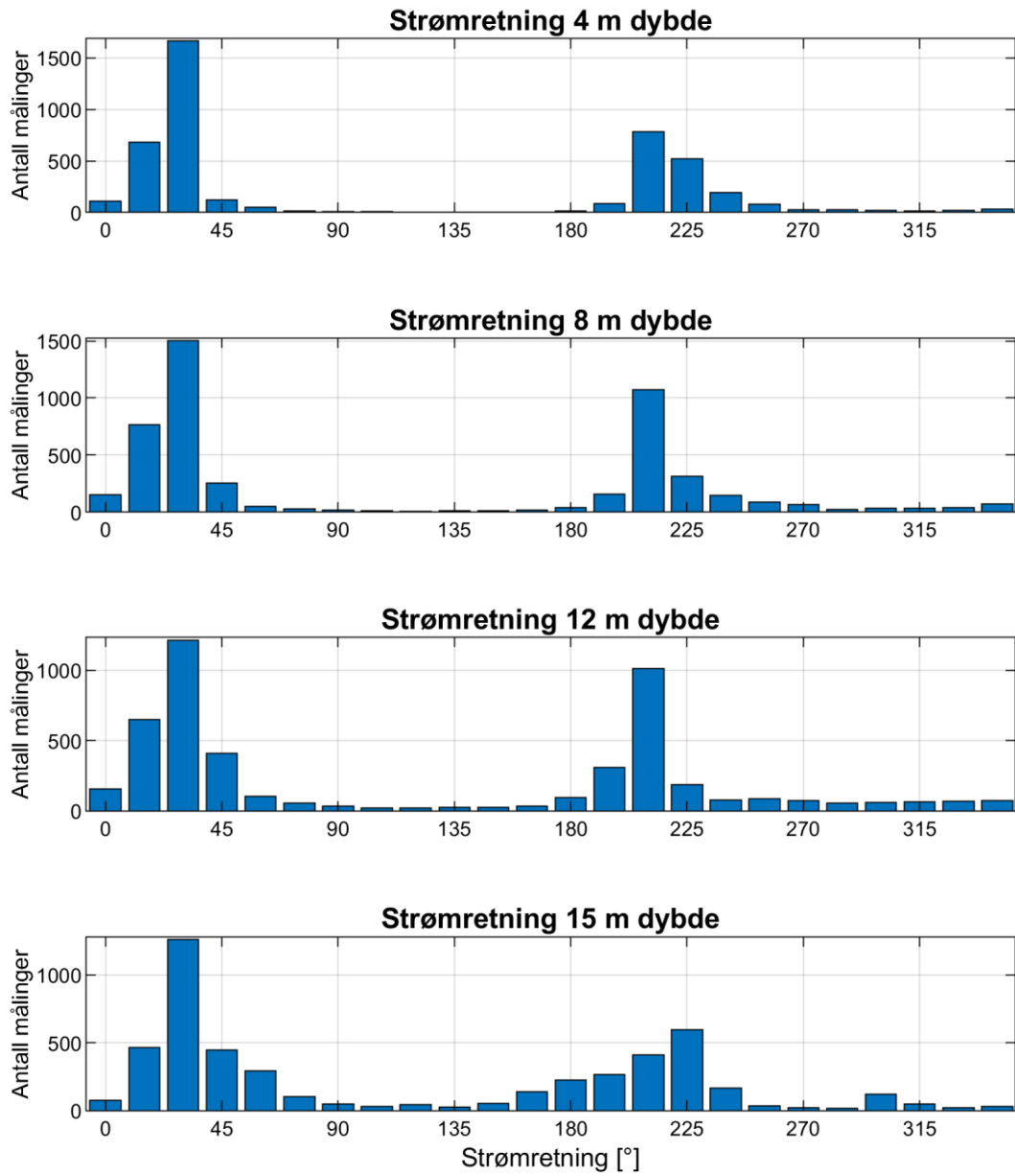
Figur 17: Tidsserier av horisontal strømhastighet



Figur 18: Tidsserier av horisontal strømretning



Figur 19: Histogram av horisontal strømhastighet



Figur 20: Histogram av horisontal strømretning

Appendiks E Fjernet data

Aquadopp Profiler:

Antall NaN (hull) i intervallet: 0

Instrumentet er instrumentreferert, rel. gjennomsnittlig vannstand gjennom måleperioden.

Støygulvet er til instrumentet er satt til 12 counts.

Ingen punkter er fjernet pga. topper i signalstyrke.

450 punkter er fjernet fra cellen ved 4 m dyp pga. for lav signalstyrke

392 punkter er fjernet fra cellen ved 5 m dyp pga. for lav signalstyrke

312 punkter er fjernet fra cellen ved 6 m dyp pga. for lav signalstyrke

130 punkter er fjernet fra cellen ved 7 m dyp pga. for lav signalstyrke

30 punkter er fjernet fra cellen ved 8 m dyp pga. for lav signalstyrke

3 punkter er fjernet fra cellen ved 9 m dyp pga. for lav signalstyrke

Celler over 4 m dyp er fjernet pga. overflatestøy.

Celle ved 13 m og 14 m dyp er fjernet pga. profilerende målinger for nært instrument.

Fjernet punkter utenfor intervallet 28-Sep-2021 08:00:00 - 01-Nov-2021

12:10:00 grunnet målinger før utsett og etter opptak.

Appendiks F Instrumentspesifikasjoner

Tabell 13: Instrumentspesifikasjonene

	Aquadopp Profiler
Horisontal nøyaktighet	± 0.5 cm/s, $\pm 1\%$ (her: 2.1 cm/s)
Vertikal nøyaktighet	0.7 cm/s
Nøyaktighet retning	$\pm 2^\circ$
Temperatur nøyaktighet	$\pm 0.1^\circ$

Appendiks G Kalibrering Aquadopp Profiler AQD 13696

Tabell 14: Test og spesifikasjoner

	Dato	Utført av
Service/test		Nortek
Funksjonstest	28.09.2021	Multiconsult
Tilt	28.09.2021	Multiconsult
Temperatur	28.09.2021	Multiconsult
Kompass	28.09.2021	Multiconsult
Ping sjekk	28.09.2021	Multiconsult

Tabell 15: Kalibrering

	Dato	Utført av
Kompasskalibrering	28.09.2021	Multiconsult
Støygulv (måling i luft)	01.11.2021	Multiconsult