

Strømrapport

**Måling av overflate (5m), dimensjonering (15m) og
spredningsstrøm ved**

Fætten i

februar – april og mai – juli 2018



Dokument kontroll		
Rapport		
Rapportbeskrivelse og navn	Vurdering av strømforhold ved Fætten. SR-M-05518-Fætten0818-ver01.pdf	
Rapportversjon	Dato	Beskrivelse
01	14.08.18	Første utgivelse
Rapportdistribusjon	Denne rapporten kan kun gjengis i sin helhet. Gjengivelse av deler av rapporten kan kun skje etter skriftlig tillatelse fra Åkerblå AS. I slike tilfeller skal kilde oppgis.	

Lokalitet			
Lokalitetsnavn	Fætten	Lokalitetsnummer	10229
Kommune	Halså	Fylke	Møre og Romsdal

Resultat nøkkeltall			
Måledyp	5m	15m	Spredning (71m)
Maksimal strøm (cm/s) (retning)	55.1 (Ø)	33.9 (V)	23.7 (V)
Gjennomsnitt strøm (cm/s)	11.5	6.8	5.4
Strømstyrke < 1cm/s (%)	1.3	2.4	5.1
Strømstyrke < 3cm/s (%)	9.6	18.6	35.1
Strømstyrke ≥ 30cm/s (%)	4.5	0.1	0.0
Neumann parameter	0.1	0.1	0.3
10-års strøm (maksimal)	91	56	-
50-års strøm (maksimal)	102	63	-

Oppdragsgiver			
Selskap	Lerøy Midt AS, Hestvika 7247		
Kontaktperson	Jøran Skar	joran.skar@leroymidt.no	99 59 99 51
Oppdragsansvarlig			
Selskap	Åkerblå AS; Nordfrøyveien 413; 7260 SISTRANDA Organisasjon nr. 916 763 816		
Feltarbeidsansvarlig	Espen Nordhammer	espen.nordhammer@akerbla.no	99 28 08 58
Rapportansvarlig	Kristine Torkildson	kristine.torkildson@akerbla.no	92 64 23 80
Kontrollert av	Iris Hestnes	iris.hestnes@akerbla.no	48 25 08 83
Akkreditering	Feltarbeid og rapport er utført av Åkerblå og er akkreditert.		

Innholdsfortegnelse

1. Forord	5
2. Områdebeskrivelse	6
3. Metodikk.....	7
4. Resultater.....	9
4.1 Strømdata sammendrag.....	9
4.2 Strømroser	10
4.3 Strømhastighet mot strømretning matrise.	11
4.4 Strømmens hastighetsfordeling.	14
4.5 Strømmens retningsfordeling.	15
4.6 Tidsdiagram - strømhastighet.....	16
4.7 Tidsdiagram - strømretning.....	17
4.8 Tidsdiagram - temperatur.....	18
4.9 Progressivt vektordiagram.	20
4.10 Fordelingsdiagram – maksimal strømhastighet.	21
4.11 Fordelingsdiagram – middelhastighet.	22
4.12 Fordelingsdiagram – relativ vannfluks.....	23
4.13 Fordelingsdiagram – antall observasjoner.	24
4.14 Maksimal strømhastighet for 8 retningssektorer.....	25
4.15 Gjennomsnittlig strømhastighet for 8 retningssektorer.....	25
4.16 Antall målinger i 8 retningssektorer.....	25
4.17 Relativ vannutskiftning for 8 retningssektorer.....	25
4.18 10-års og 50-års strømhastighet per 8 retningssektorer på 5m	26
4.19 10-års og 50-års strømhastighet per 8 retningssektorer på 15m	26
4.20 Prosentfordeling av strømhastighet per dyp.	27
4.21 Prosentfordeling av strømhastighet per dyp.....	27
4.22 Tidevannsanalyse	28
4.23 Todagersperiode.....	33
4.24 Vind under måleperioden.....	34
4.25 CTD-måling	37
5. Diskusjon strøm	38
5.1 Temperatur	38
5.2 Strømhastighet.....	38
5.2.1 Maksimal, signifikant maksimal og høye strømmålinger (> 30 cm/s)	38
5.2.2 Gjennomsnittlig strømhastighet	38

5.2.3	Nullmålinger (< 1cm/s) og varighet.....	39
5.2.4	Vannutskifting og Neumann parameter	39
5.2.5	Sprednings- og bunnstrøm	39
5.3	CTD.....	40
6.	Vedlegg - opplysning strømmåling	41
7.	Vedlegg - riggoppsett, måleprinsipp og valg av målested	42
7.1	Riggoppsett	42
7.2	Måleprinsipp	43
8.	Vedlegg - Databearbeiding og kvalitetssikring	45
8.1	Databearbeiding	45
8.2	Kvalitetssikring av data.....	47
8.3	Fjernede dataverdier.....	51
8.3.1	Måleperiode	51
8.3.2	Enkelte datapunkter.....	51
9.	Vedlegg - Strømmens tilstandsklasser	52
10.	Vedlegg - Månedlige tidevannsvariasjoner under måleperioden	53
11.	Vedlegg - Måleenheter og forkortelser	55
12.	Vedlegg - Parametere og Beskrivelse	56
13.	Vedlegg - Referanser.....	57

1. Forord

Åkerblå AS har på oppdrag fra Lerøy Midt AS utført strømmålinger ved oppdrettslokalitet Fætten som er vurdert etter beliggenhet, strømforhold, temperatur, vannutskiftning, tidevann og vind.

NYTEK-forskriften har som mål å begrense rømming av fisk fra oppdrettsanlegg. NS 9415:2009 krever at alle lokaliteter undersøkes og beskrives ut fra topografi og eksponeringsgrad i form av parametere som danner grunnlag for beregning av miljølaster på et anlegg.

Alle omsøkte akvakulturlokaliteter skal også kunne ivareta artens krav til et godt levemiljø (Mattilsynet, 2014). Det må være tilstrekkelig tilførsel av vann av egnet kvalitet. Spesielt relevant er oksygen – som er vurdert etter blant annet strømforhold og vannutskiftning – og temperatur.

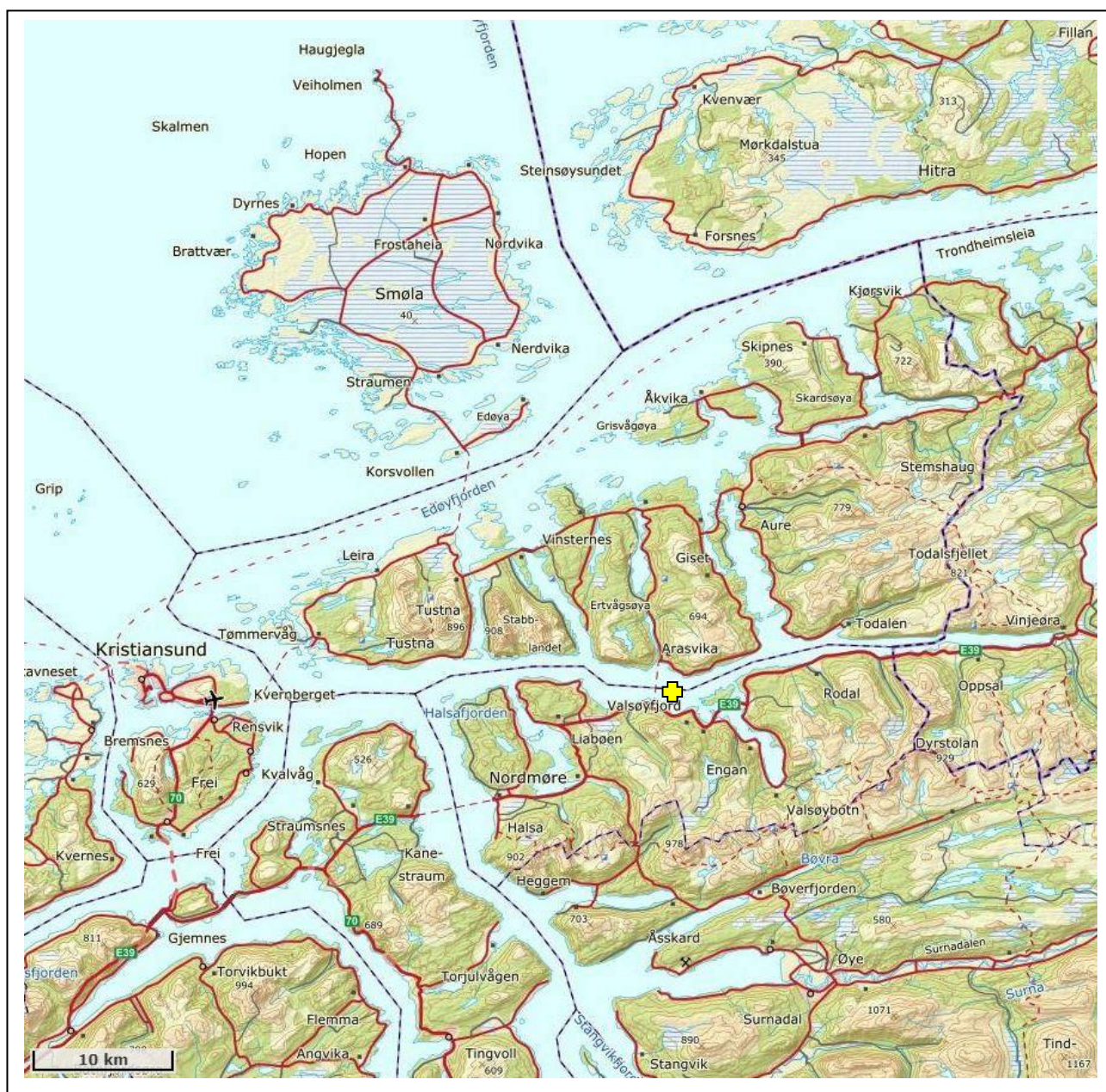
Denne rapporten tilfredsstiller kravene i NS 9415:2009, samt kravene i Fiskeridirektoratets veileder for utfylling av søknadsskjema for tillatelse til akvakultur (2012).

2. Områdebeskrivelse

Målepunktet for Fætten ligger i Halsa kommune, Møre og Romsdal. Fætten ligger midt i Arasvikfjorden med Vågosen i nord og Valsøyfjord i sør. Plasseringen er åpen mot Arasvikfjorden i øst og vest.

På grunn av omkringliggende topografi er lokaliteten relativt eksponert for vind fra vest og øst.

Bunntopografi er ca. 100 m dyp og dybdekonturene er orientert Ø - V i området for strømmålingsposisjonen.



Figur 2.1. Oversiktskart over området rundt måleposisjonen, anvist med . Kart er hentet fra Fiskeridirektoratets kartverktøy.

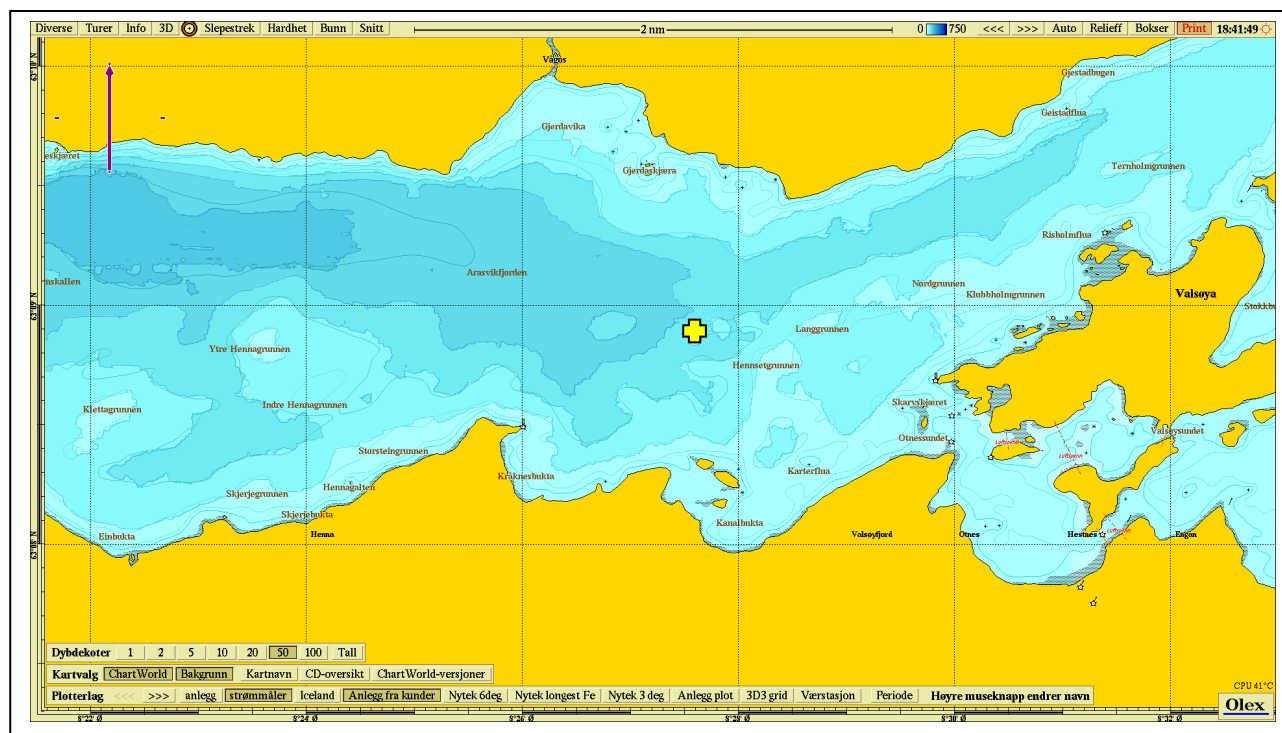
3. Metodikk

Strømmålinger ble kvalitetssikret av Åkerblå AS og informasjon om måleperiode og instrumenter som ble benyttet er oppgitt i tabellen under.

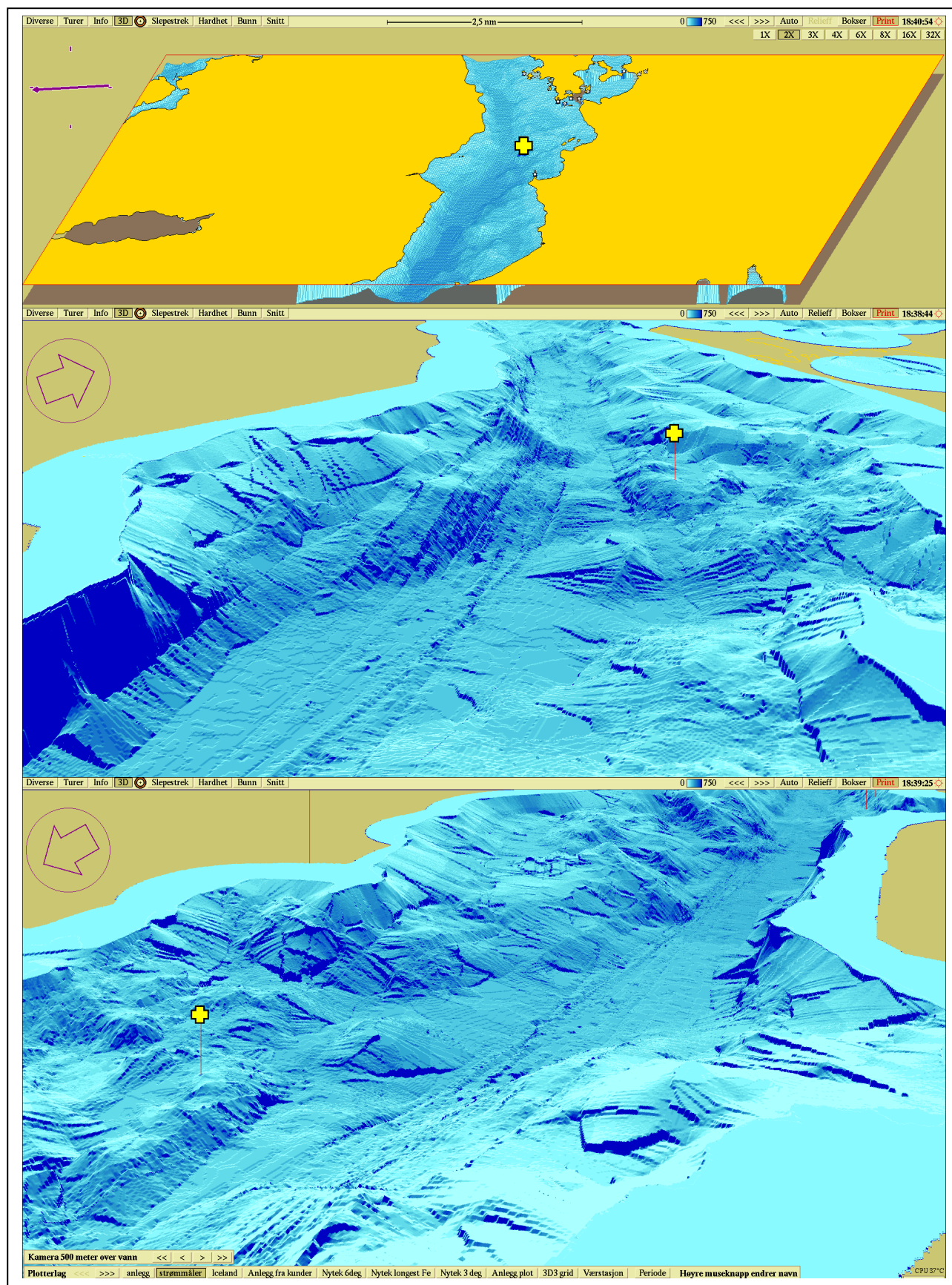
Det ble kun tatt målinger på spredningsdyp under den første måleperioden. Målinger på 5 og 15m ble tatt under den andre måleperioden. Det er ca. 11m mellom riggposisjonen under måleperiode 1 og riggposisjonen under måleperiode 2. Siden det er kort avstand mellom posisjonene er samme merke (✚) brukt til å markere begge måleposisjonene.

Tabell 3.1. Bakgrunnsinformasjon om strømmåling.

Måledyp	5m	15m	Spredning (71m)
Merke	✚	✚	✚
Instrumenttype	Aanderaa Punktmåler	Aanderaa Punktmåler	Aanderaa Punktmåler
Posisjon	63°08.844' N 008°27.586' Ø	63°08.844' N 008°27.586' Ø	63°08.844' N 008°27.597' Ø
Dyp på målested	100m	100m	100m
Måleperiode	28.05.18 - 10.07.18	28.05.18 - 10.07.18	20.02.18 - 03.04.18
Måleintervall	10 minutter	10 minutter	10 minutter
Antall døgn	43.1	43.1	42.0



Figur 3.1. Plassering av strømmålere i området anvist med ✚. Kart er hentet fra Olex. Kompasspila øverst i venstre hjørne indikerer kartets orientering.



Figur 3.2. 3D bilde av bunntopografi i området.

Kartene er hentet fra Olex. Den tynne kompasspila øverst i venstre hjørne indikerer kartets orientering (øverst) og den tykke kompasspila indikerer kameraets orientering (midterst og nederst).

4. Resultater

4.1 Strømdata sammendrag

Resultater per måledyp over hele måleperioden er sammenfattet i Tabell 4.1.1.

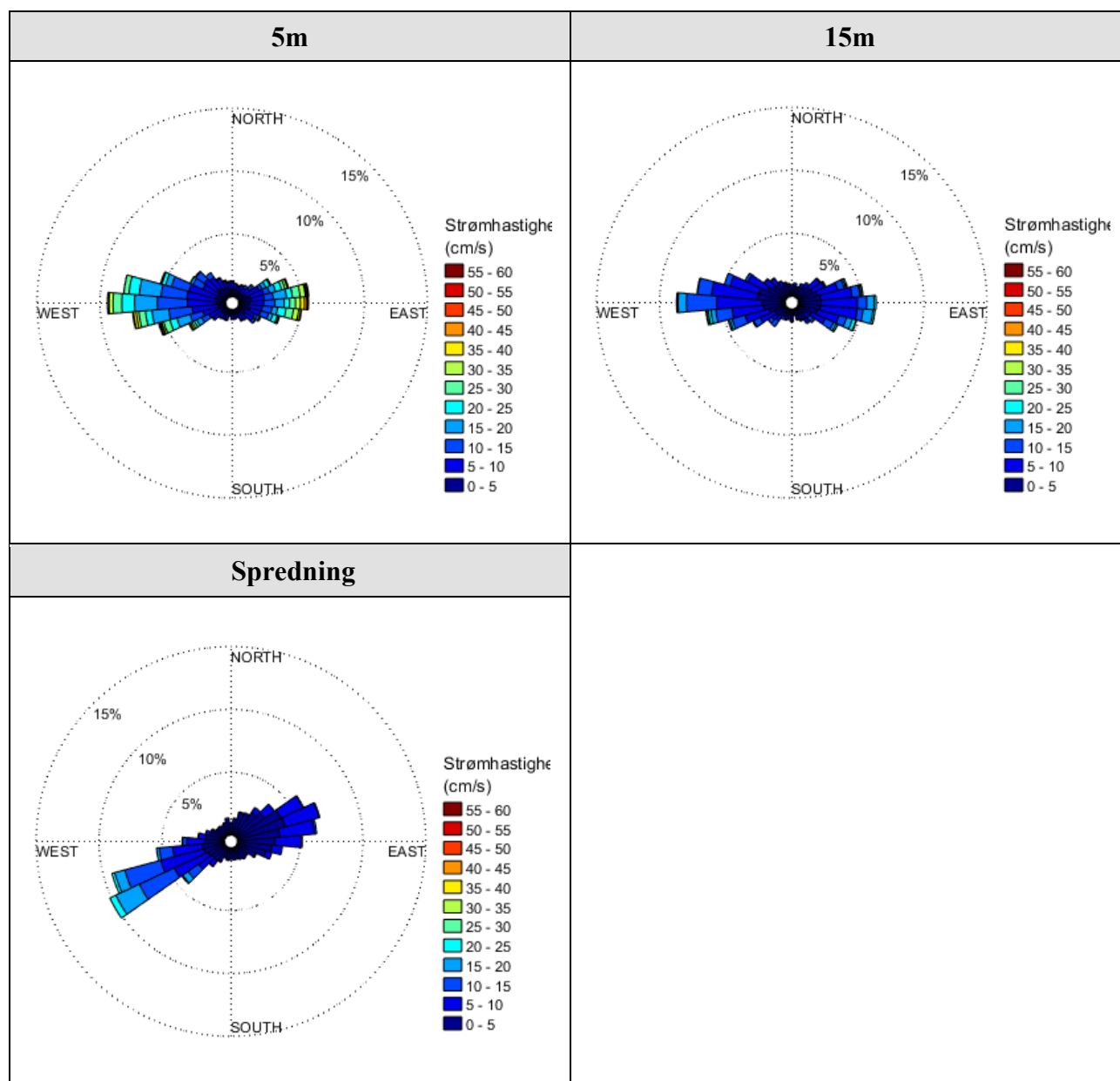
Tabell 4.1.1. Sammendrag av strømdata fra 5m, 15m og spredningsdyp.

Verdiene er klassifisert (fargelagt) etter: Vedlegg – Strømmens tilstandsklasser.

	5m	15m	Spredning (71m)
Sjøtemperatur (°C)	7.4 - 14.3	6.0 - 11.1	5.4 - 8.4
Strømhastighet			
Maksimum (cm/s)	55.1	33.9	23.7
Gjennomsnitt (cm/s)	11.5	6.8	5.4
Minimum (cm/s)	0.1	0.1	0.0
Signifikant maks (cm/s)	21.5	11.9	10.2
Signifikant min (cm/s)	3.9	2.7	1.8
Varsians (cm/s) ²	75.0	20.9	18.1
Standard avvik (cm/s)	8.7	4.6	4.3
% < 1cm/s	1.3	2.4	5.1
Lengst periode < 1cm/s (min)	30	80	70
% < 3cm/s (dvs. 0 - < 3cm/s)	9.6	18.6	35.1
Lengst periode < 3cm/s (min)	140	230	500
% ≥ 30cm/s	4.5	0.1	0.0
Lengst periode ≥ 30cm/s (min)	440	30	0
Effektiv transport			
Hastighet (cm/s)	1.6	0.5	1.6
Retning grader (deg)	281	239	241
Neumann parameter	0.1	0.1	0.3
Gjennomsnitt vannforflytning (m ³ /m ² /d)	9944	5859	4670

4.2 Strømroser

Strømrosene viser strømshastighet og strømretning under hele måleperioden. Strømroser gir en indikasjon på hovedstrømretning og om tidevannsellipsen er rettlinjet eller sirkulær.



4.3 Strømhastighet mot strømretning matrise.

Strømretninger er fordelt over 15°-sektorer (sektorene er vist i venstre kolonne).

Den nederste linjen viser den prosentvise fordelingen av de registrerte strømhastighetene.

Kolonnen til høyre viser den prosentvise fordelingen av de ulike 15°-sektorene og utregning av antall kubikkmeter vann som i måleperioden vil passere et tenkt vindu på 1x1 meter i den aktuelle strømretningen.

Kolonnen til høyre viser også maksimal strømhastighet i hver 15°-sektor.

Hastighetsfordeling er $\geq$ (lavest verdi) og $<$ (høyest verdi) i oppgitt hastighetsrekkevidde.

Strømhastighet og retning (5m dyp)

Retning (grader)		Strømhastighetsgruppe															Total flow		Maks strøm
		0-1	1-3	3-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-40	40-50	50-75	75-100	>100	Antall obs	%	m ³ /m ²	%	cm/s
N	0	6	17	33	56	1	3	0	0	0	0	0	0	0	116	1.9	3645	0.9	15.2
N	15	3	23	20	41	6	0	0	0	0	0	0	0	0	93	1.5	3025	0.7	14.2
NØ	30	6	20	28	46	11	0	0	0	0	0	0	0	0	111	1.8	3820	0.9	13.9
NØ	45	5	10	30	59	30	3	1	0	0	0	0	0	0	138	2.2	6014	1.4	22.0
NØ	60	5	24	34	98	20	28	30	10	2	0	0	0	0	251	4.0	15971	3.7	31.0
Ø	75	6	35	50	106	62	77	45	44	35	7	2	0	0	469	7.6	41999	9.8	53.1
Ø	90	2	31	48	105	78	67	42	44	64	26	3	0	0	510	8.2	52994	12.4	55.1
Ø	105	0	19	60	93	69	39	56	36	31	2	0	0	0	405	6.5	35244	8.2	41.2
SØ	120	2	18	43	80	26	16	6	3	0	0	0	0	0	194	3.1	9503	2.2	27.5
SØ	135	2	19	36	73	13	2	0	0	0	0	0	0	0	145	2.3	5291	1.2	16.1
SØ	150	3	10	28	50	5	0	0	0	0	0	0	0	0	96	1.5	3149	0.7	11.8
S	165	2	21	17	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66	1.1	1644	0.4	9.2
S	180	1	21	11	30	4	0	0	0	0	0	0	0	0	67	1.1	2150	0.5	10.4
S	195	6	26	15	31	3	0	0	0	0	0	0	0	0	81	1.3	2235	0.5	11.3
SV	210	5	16	30	28	5	1	0	0	0	0	0	0	0	85	1.4	2466	0.6	15.2
SV	225	2	19	28	58	8	3	0	0	0	0	0	0	0	118	1.9	4255	1.0	18.7
SV	240	4	14	25	106	54	38	23	19	18	4	0	0	0	305	4.9	24265	5.7	46.4
V	255	2	25	34	151	130	115	51	49	31	13	1	0	0	602	9.7	54759	12.8	53.0
V	270	3	22	38	220	210	183	88	61	35	2	0	0	0	862	13.9	75138	17.5	40.9
V	285	3	21	47	225	168	87	51	20	1	0	0	0	0	623	10.0	43060	10.1	32.5
NV	300	4	27	44	122	88	20	2	4	0	0	0	0	0	311	5.0	16278	3.8	28.7
NV	315	1	27	58	109	62	3	0	0	0	0	0	0	0	260	4.2	11368	2.7	16.8
NV	330	3	26	50	82	12	3	0	0	0	0	0	0	0	176	2.8	6279	1.5	15.9
N	345	2	24	37	46	11	0	0	0	0	0	0	0	0	120	1.9	3867	0.9	15.0
Antall obs		78	515	844	2041	1076	688	395	290	217	54	6	0	0	6204	100	0	0	0
%		1.3	8.3	13.6	32.9	17.3	11.1	6.4	4.7	3.5	0.9	0.1	0.0	0.0	100	0	0	0	0

Strømhastighet og retning (15m dyp)

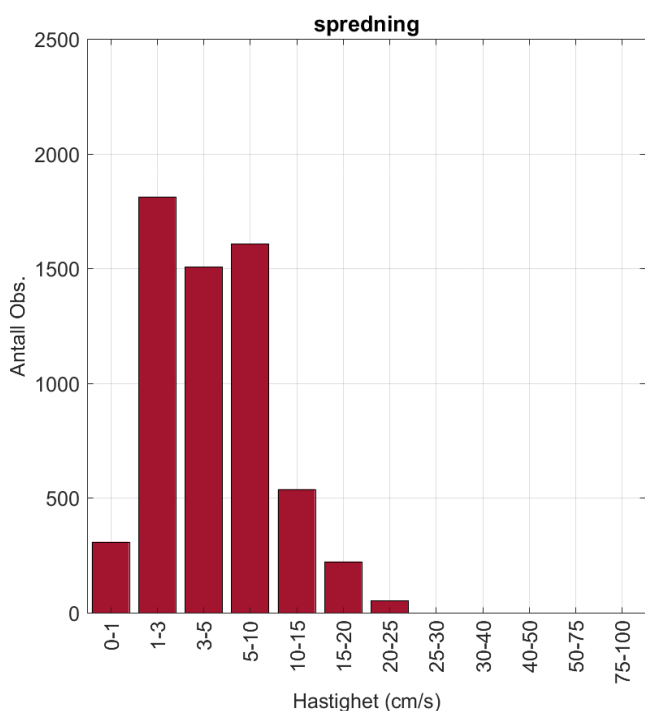
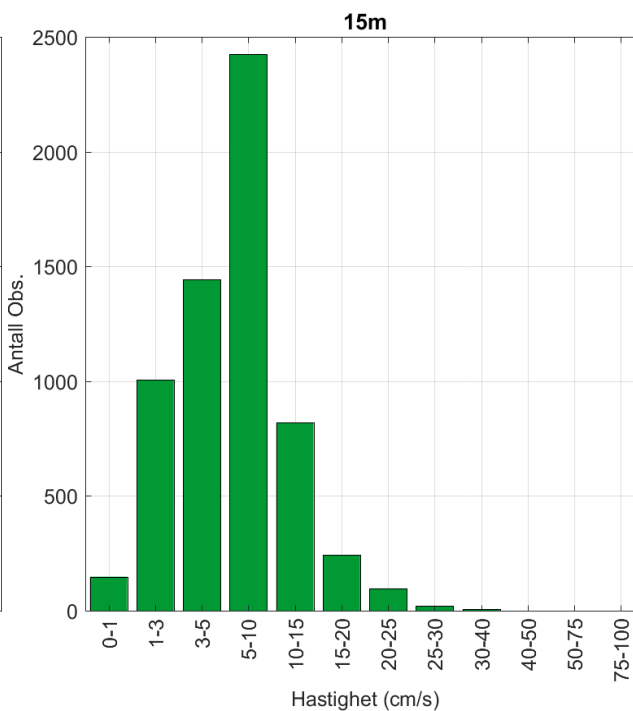
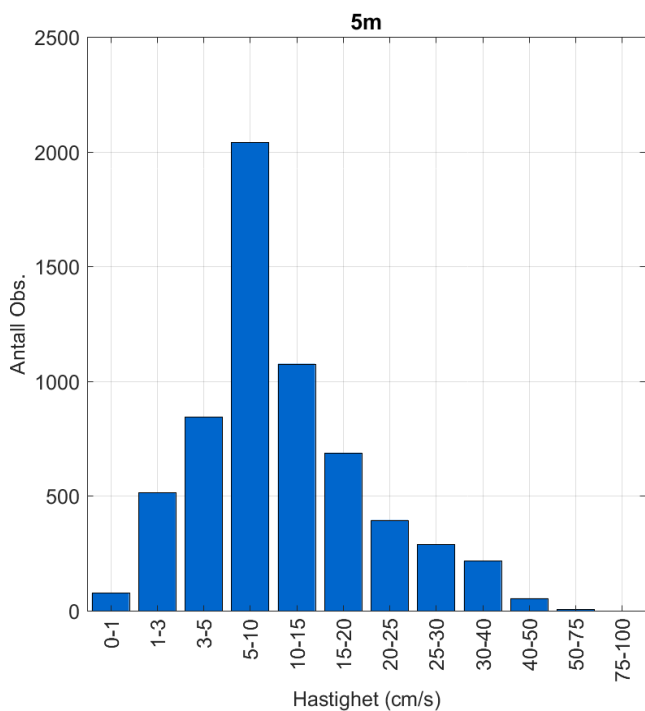
Retning (grader)		Strømhastighetsgruppe															Total flow		Maks strøm
		0-1	1-3	3-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-40	40-50	50-75	75-100	>100	Antall obs	%	m³/m²	%	cm/s
N	0	2	36	22	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85	1.4	2010	0.8	9.7
N	15	7	36	33	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96	1.5	1999	0.8	9.0
NØ	30	4	20	49	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	101	1.6	2480	1.0	8.1
NØ	45	7	48	52	58	3	0	4	0	0	0	0	0	0	172	2.8	4840	1.9	24.1
NØ	60	5	54	73	115	13	1	9	0	0	0	0	0	0	270	4.4	9520	3.8	24.5
Ø	75	6	55	91	202	55	12	7	2	0	0	0	0	0	430	6.9	17805	7.1	26.1
Ø	90	9	63	104	258	64	54	14	0	0	0	0	0	0	566	9.1	26587	10.5	23.3
Ø	105	6	48	95	218	51	56	23	5	0	0	0	0	0	502	8.1	25937	10.3	29.7
SØ	120	3	41	72	112	60	25	13	1	0	0	0	0	0	327	5.3	16140	6.4	27.7
SØ	135	6	47	35	39	21	6	3	0	0	0	0	0	0	157	2.5	5562	2.2	21.0
SØ	150	7	37	39	13	8	0	0	0	0	0	0	0	0	104	1.7	2404	1.0	14.9
S	165	1	22	22	18	5	0	0	0	0	0	0	0	0	68	1.1	1941	0.8	13.0
S	180	3	32	25	19	6	0	0	0	0	0	0	0	0	85	1.4	2276	0.9	13.1
S	195	2	31	18	29	3	0	0	0	0	0	0	0	0	83	1.3	2311	0.9	13.1
SV	210	8	16	29	23	23	0	0	0	0	0	0	0	0	99	1.6	3548	1.4	14.8
SV	225	9	33	44	43	44	1	0	0	0	0	0	0	0	174	2.8	6711	2.7	16.0
SV	240	4	41	50	113	56	11	1	0	0	0	0	0	0	276	4.4	11878	4.7	21.4
V	255	14	46	82	202	108	23	19	6	2	0	0	0	0	502	8.1	25435	10.1	32.8
V	270	10	53	127	338	192	52	4	6	4	0	0	0	0	786	12.7	40044	15.9	33.9
V	285	7	60	124	279	74	2	0	0	0	0	0	0	0	546	8.8	21017	8.3	16.5
NV	300	7	55	101	151	19	0	0	0	0	0	0	0	0	333	5.4	10843	4.3	13.9
NV	315	7	49	74	60	7	0	0	0	0	0	0	0	0	197	3.2	5281	2.1	11.7
NV	330	5	45	46	45	3	0	0	0	0	0	0	0	0	144	2.3	3692	1.5	12.3
N	345	9	38	35	15	4	0	0	0	0	0	0	0	0	101	1.6	2151	0.9	11.4
Antall obs		148	1006	1442	2423	819	243	97	20	6	0	0	0	0	6204	100	0	0	0
%		2.4	16.2	23.2	39.1	13.2	3.9	1.6	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	100	0	0	0	0

Strømhastighet og retning (spredningsdyp)

Retning (grader)		Strømhastighetsgruppe															Total flow		Maks strøm
		0-1	1-3	3-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-40	40-50	50-75	75-100	>100	Antall obs	%	m³/m²	%	cm/s
N	0	12	60	41	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	114	1.9	1631	0.8	5.3
N	15	16	80	45	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	145	2.4	2228	1.1	6.8
NØ	30	11	98	66	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	187	3.1	3249	1.7	7.0
NØ	45	13	101	115	68	1	0	0	0	0	0	0	0	0	298	4.9	6653	3.4	10.3
NØ	60	19	125	199	177	4	0	0	0	0	0	0	0	0	524	8.7	13626	6.9	10.6
Ø	75	15	133	192	249	10	0	0	0	0	0	0	0	0	599	9.9	17193	8.8	12.4
Ø	90	12	118	139	188	8	0	0	0	0	0	0	0	0	465	7.7	13148	6.7	11.1
Ø	105	18	127	93	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	298	4.9	6193	3.2	9.5
SØ	120	12	92	44	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	163	2.7	2668	1.4	7.5
SØ	135	17	59	25	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	105	1.7	1426	0.7	5.9
SØ	150	13	67	21	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	103	1.7	1356	0.7	5.6
S	165	9	60	15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85	1.4	1157	0.6	6.2
S	180	9	57	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	91	1.5	1231	0.6	4.7
S	195	12	52	18	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86	1.4	1183	0.6	5.7
SV	210	10	58	36	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	117	1.9	2134	1.1	7.3
SV	225	10	65	53	78	48	15	2	0	0	0	0	0	0	271	4.5	10730	5.5	21.8
SV	240	8	64	67	259	249	161	42	0	0	0	0	0	0	850	14.0	55249	28.2	23.6
V	255	16	68	74	280	192	43	8	0	0	0	0	0	0	681	11.3	35084	17.9	23.7
V	270	8	54	84	124	25	4	0	0	0	0	0	0	0	299	4.9	10274	5.2	16.7
V	285	13	57	62	48	1	0	0	0	0	0	0	0	0	181	3.0	4182	2.1	11.1
NV	300	11	51	25	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	101	1.7	1727	0.9	7.2
NV	315	15	53	26	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	98	1.6	1354	0.7	6.1
NV	330	17	50	18	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87	1.4	1133	0.6	6.0
N	345	13	63	25	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	102	1.7	1374	0.7	5.2
Antall obs		309	1812	1508	1608	538	223	52	0	0	0	0	0	0	6050	100	0	0	0
%		5.1	30.0	24.9	26.6	8.9	3.7	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100	0	0	0	0

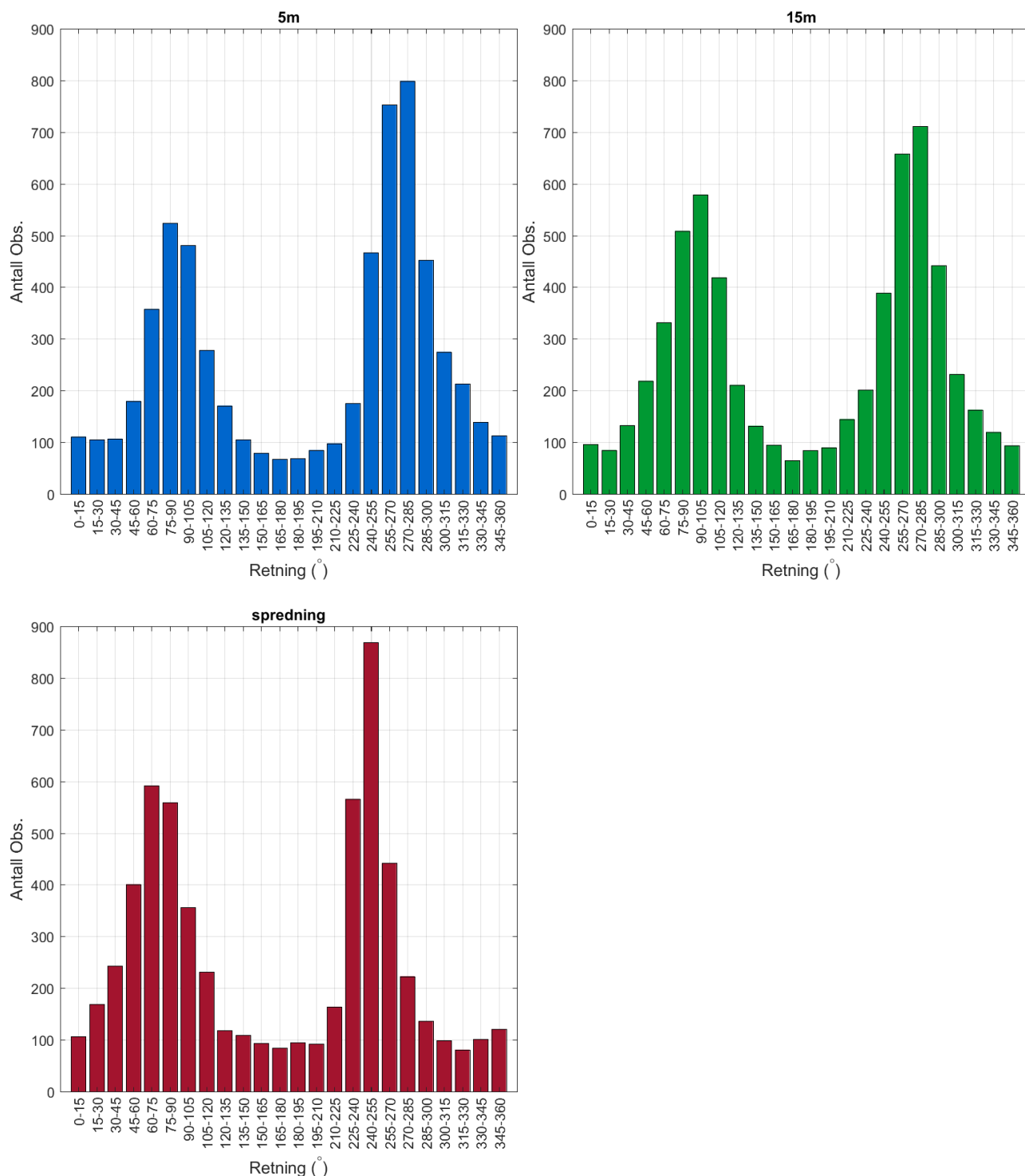
4.4 Strømmens hastighetsfordeling.

Strømmens hastighetsfordeling uten hensyn til retning, med antall registreringer på stående akse og hastighetsgruppe på liggende akse.



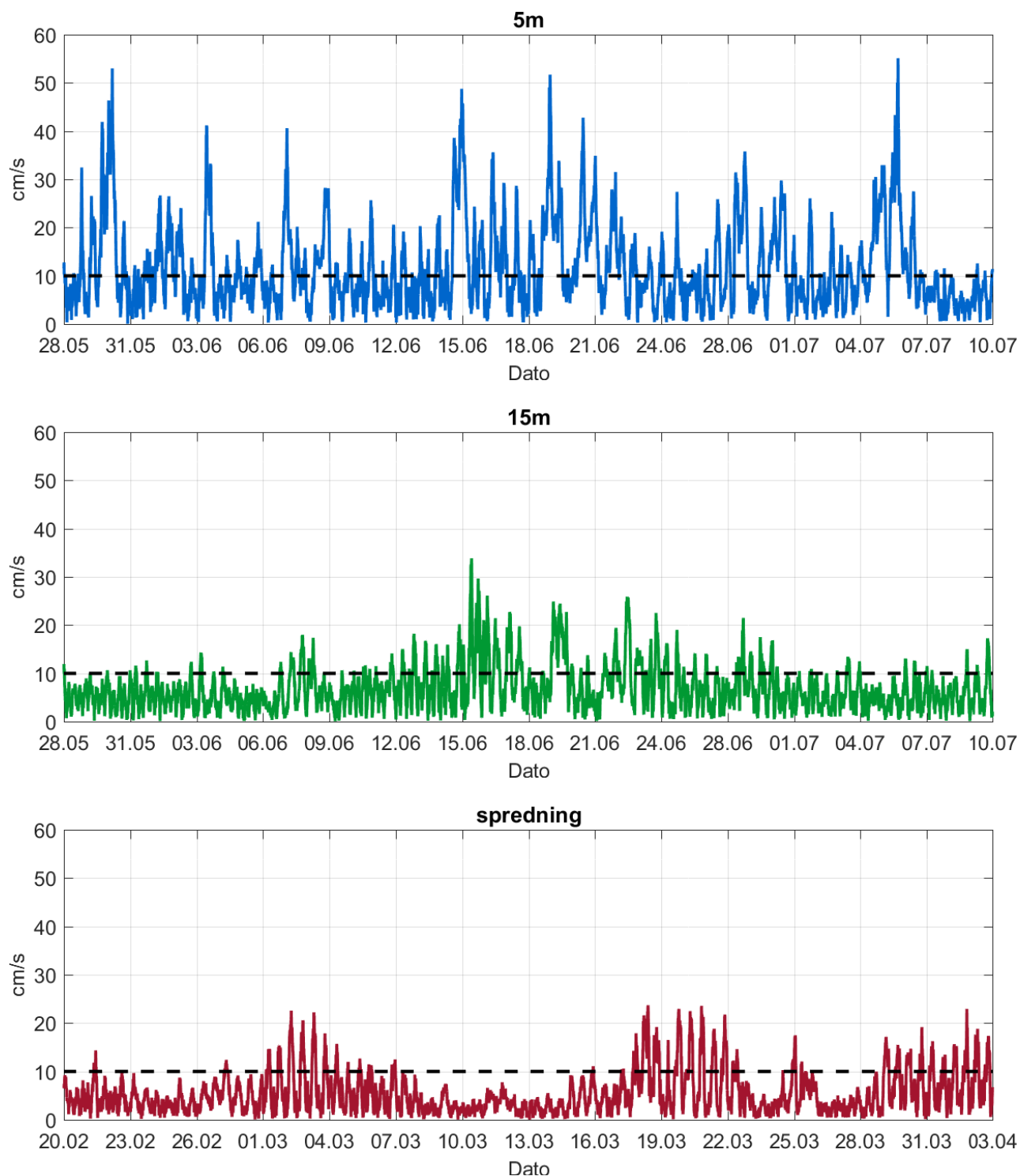
4.5 Strømmens retningsfordeling.

Strømmens retning fordelt over 15°-sektorer, med antall registreringer på stående akse og 15°-sektorer på liggende akse.



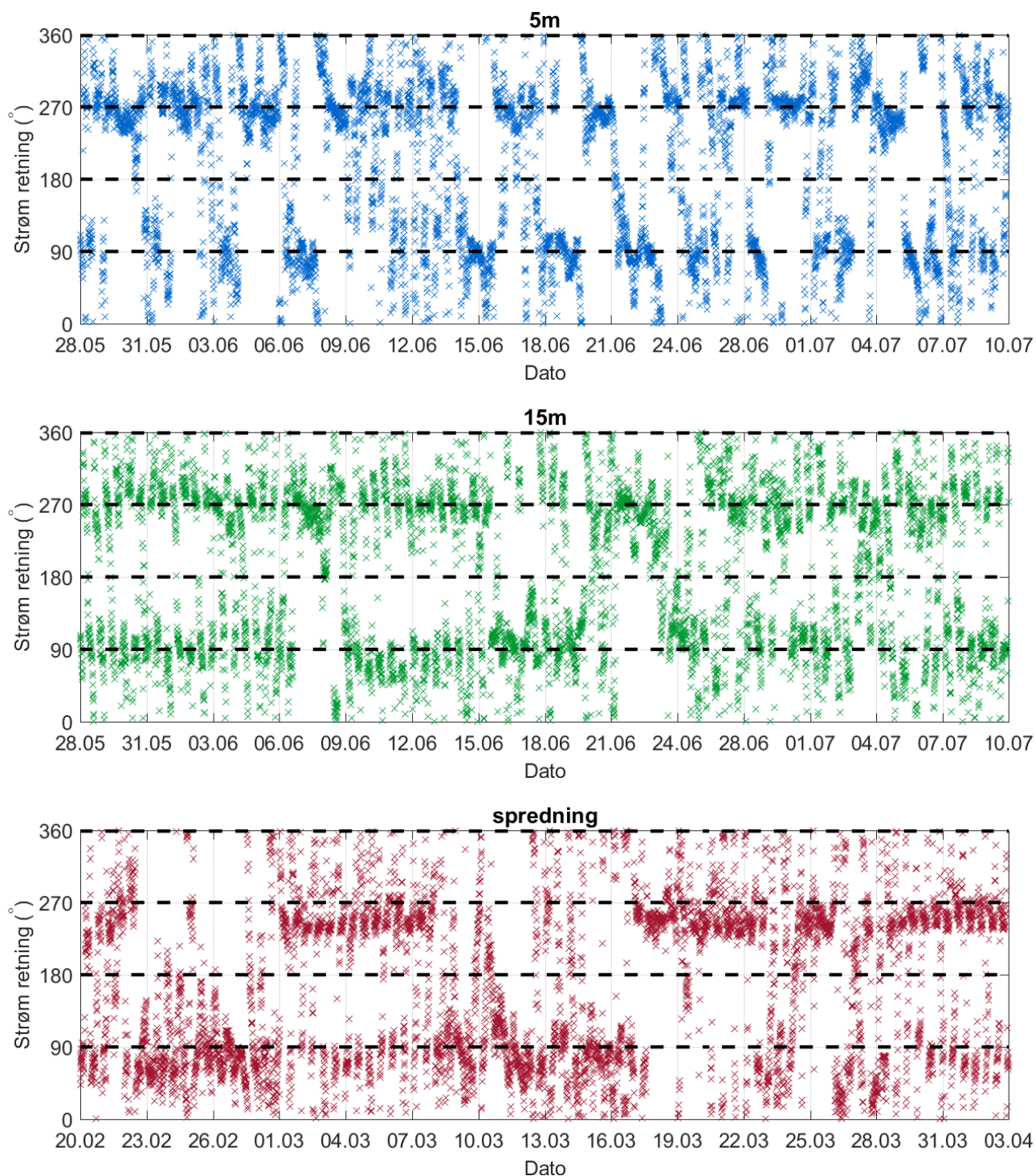
4.6 Tidsdiagram - strømhastighet.

Strømhastighet på stående akse og tid på liggende akse.



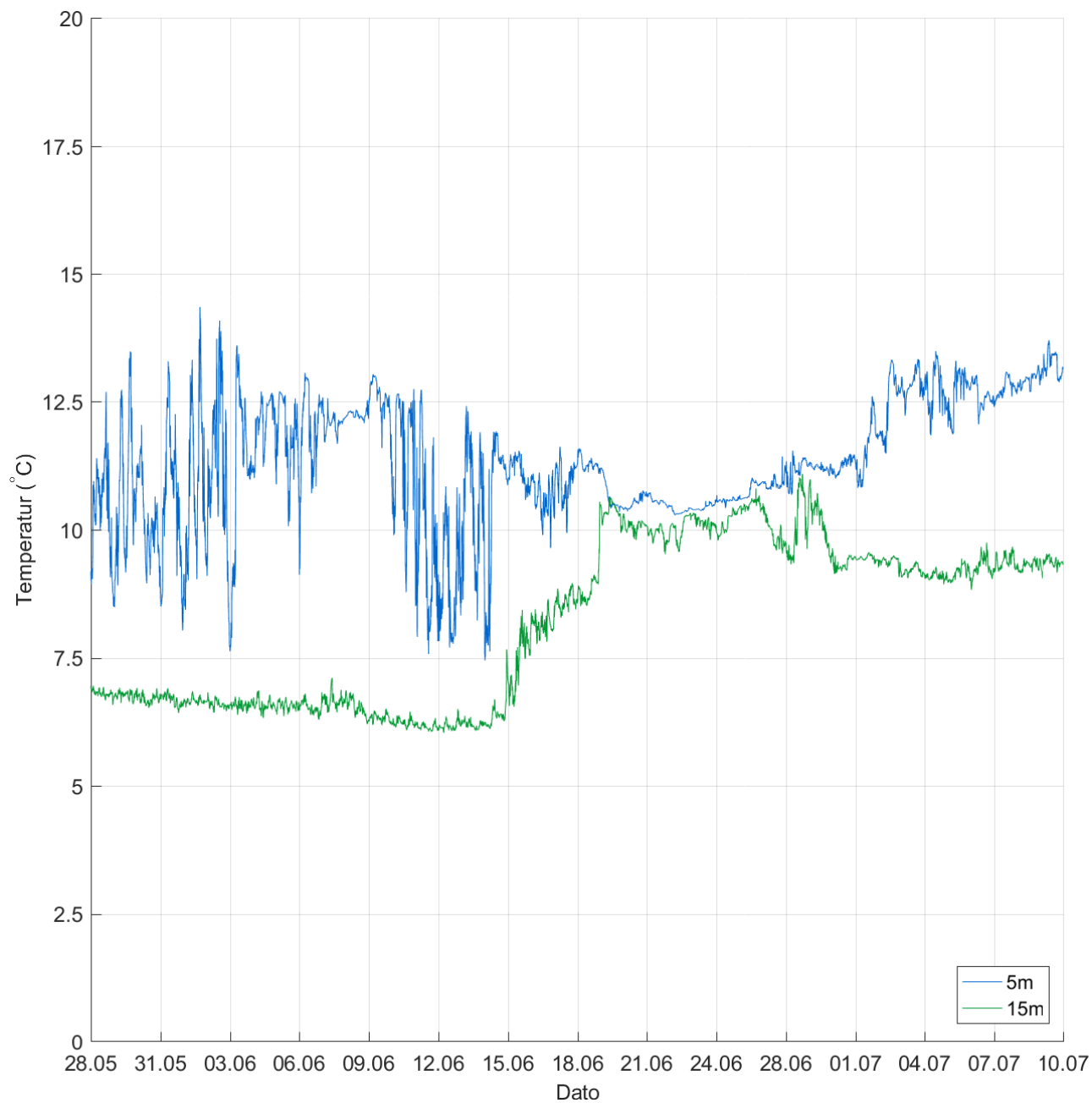
4.7 Tidsdiagram - strømretning.

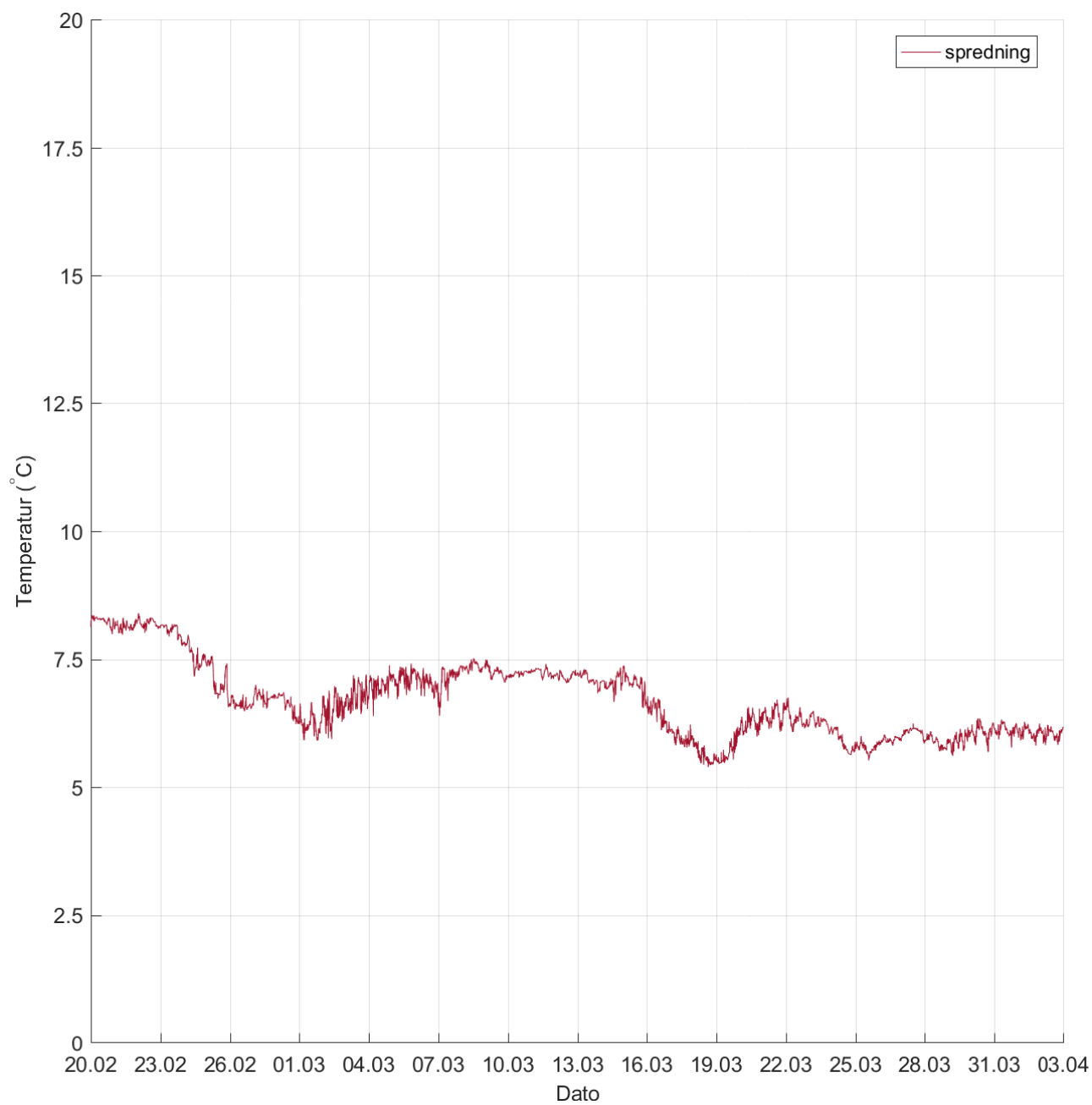
Strømretning på stående akse og tid på liggende akse.



4.8 Tidsdiagram - temperatur.

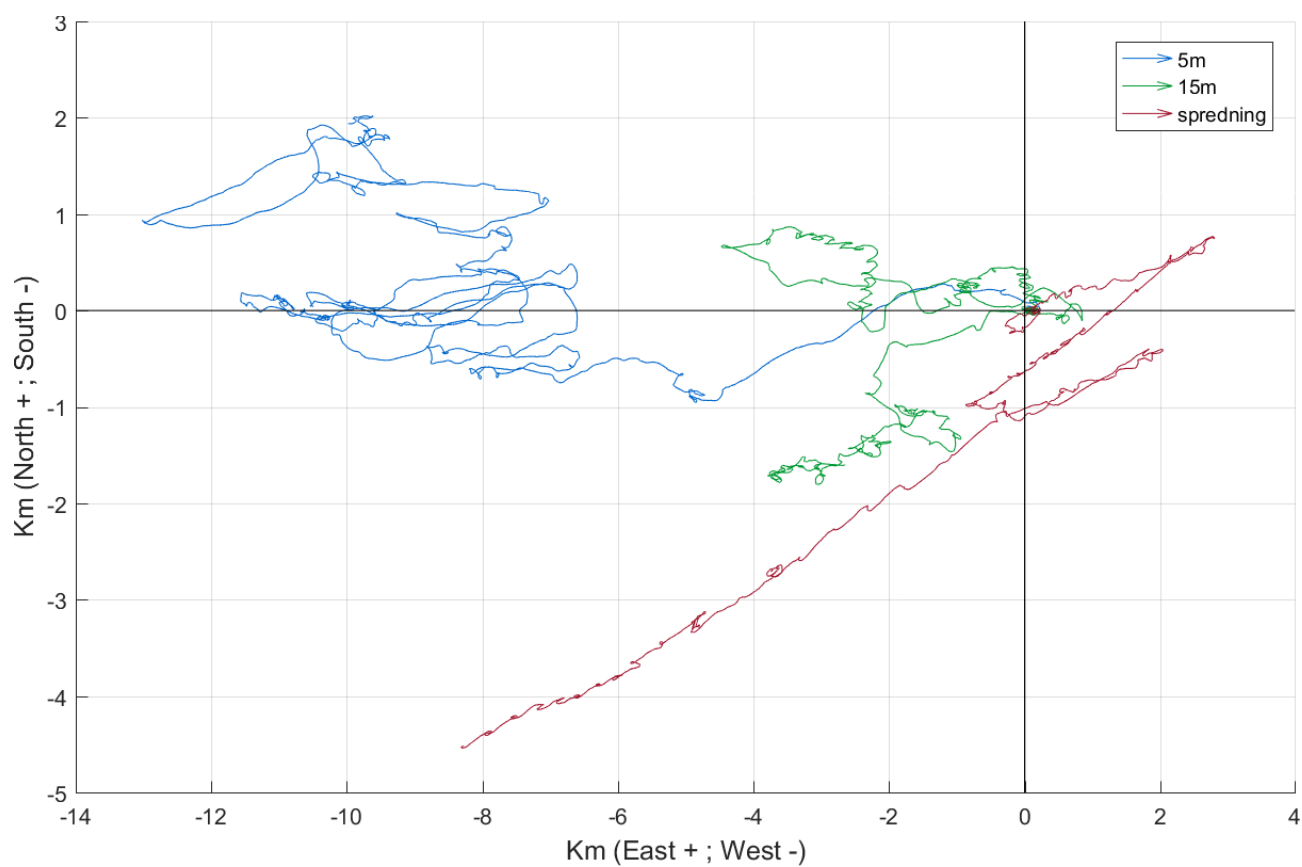
Temperatur på stående akse og tid på liggende akse.





4.9 Progressivt vektordiagram.

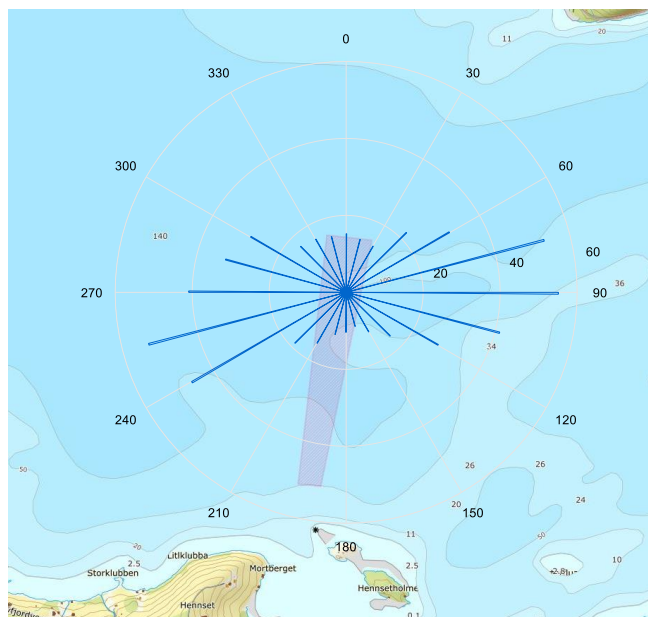
Diagrammet viser hvor langt og hvordan en tenkt merket vannpartikkel som befinner seg i strømmålerens posisjon ved målestart, vil drive av sted i løpet av måleperioden. Dette gir en indikasjon på vannutskifting i måleperioden.



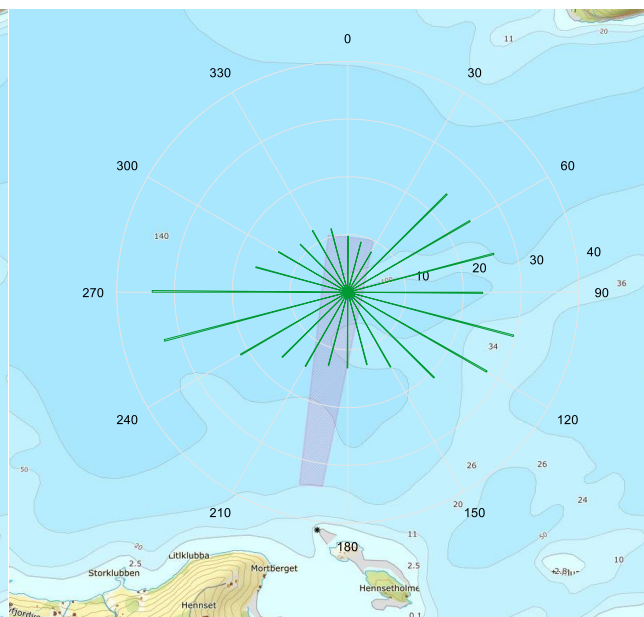
4.10 Fordelingsdiagram – maksimal strømhastighet.

Kurvene viser maksimal strømhastighet for hver 15°-sektor i løpet av måleperioden.

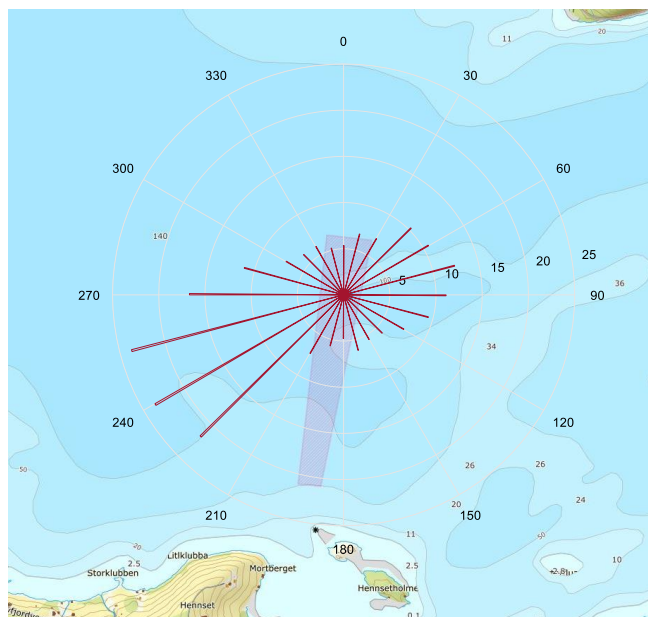
Maksimal strømhastighet (5m dyp).



Maksimal strømhastighet (15m dyp).



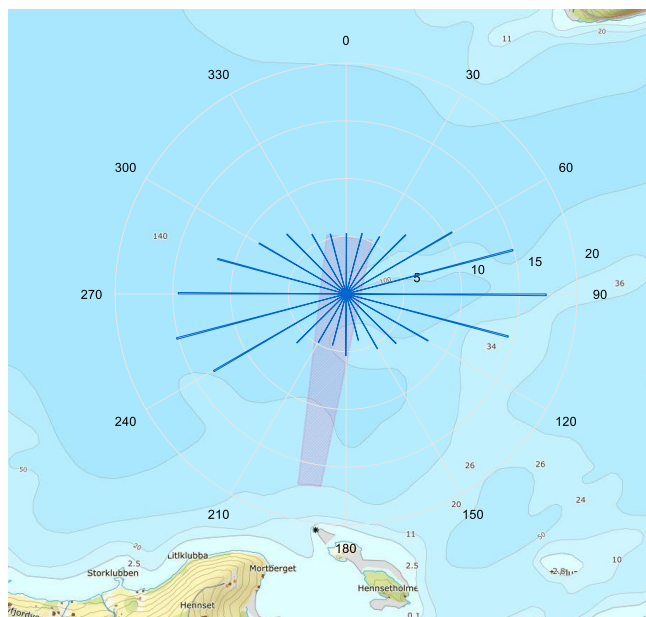
Maksimal strømhastighet (spredningsdyp).



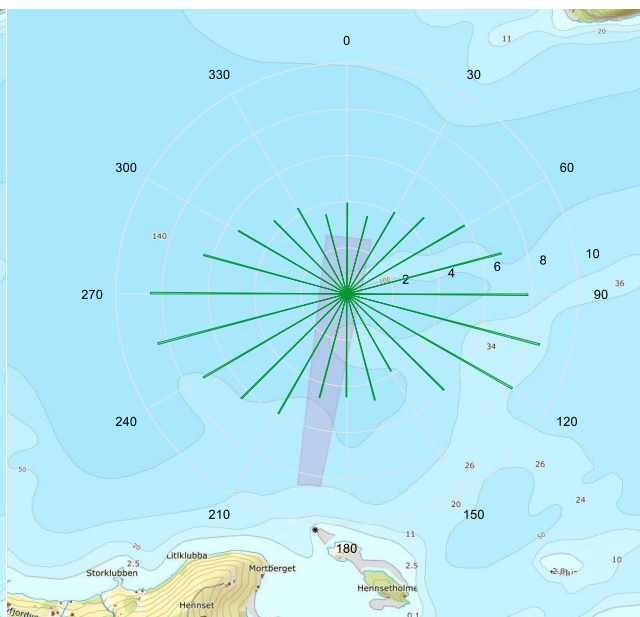
4.11 Fordelingsdiagram – middelhastighet.

Kurvene viser middelhastigheter for hver 15°-sektor i løpet av måleperioden.

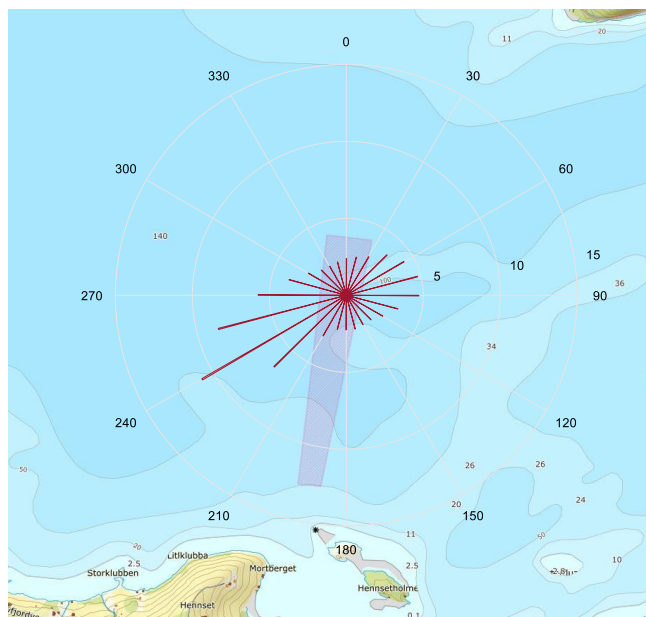
Middelhastighet (5m dyp).



Middelhastighet (15m dyp).



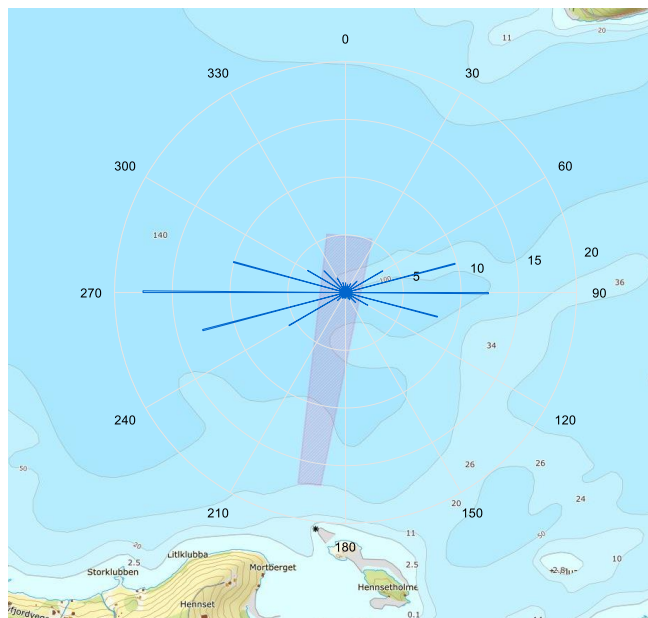
Middelhastighet (spredningsdyp).



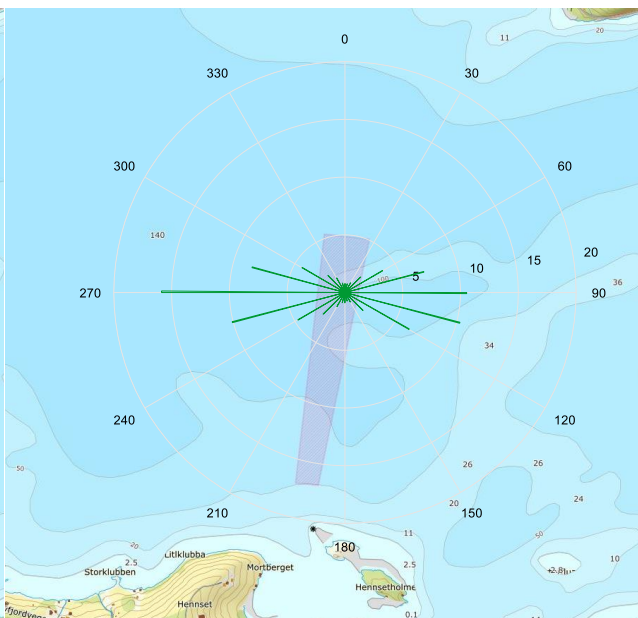
4.12 Fordelingsdiagram – relativ vannfluks.

Kurvene viser relativ strømhastighet/vannfluks i hver sektor. Relativ vannfluks angir mengden vann som strømmer gjennom en sektor delt på totalt volum. Total vannforflytning er totalt volum vann i alle sektorer.

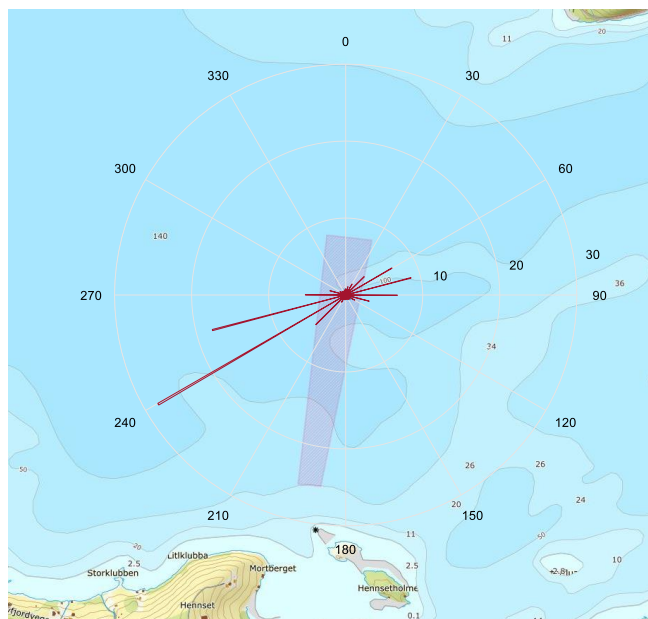
Relativ vannfluks (5m dyp).



Relativ vannfluks (15m dyp).



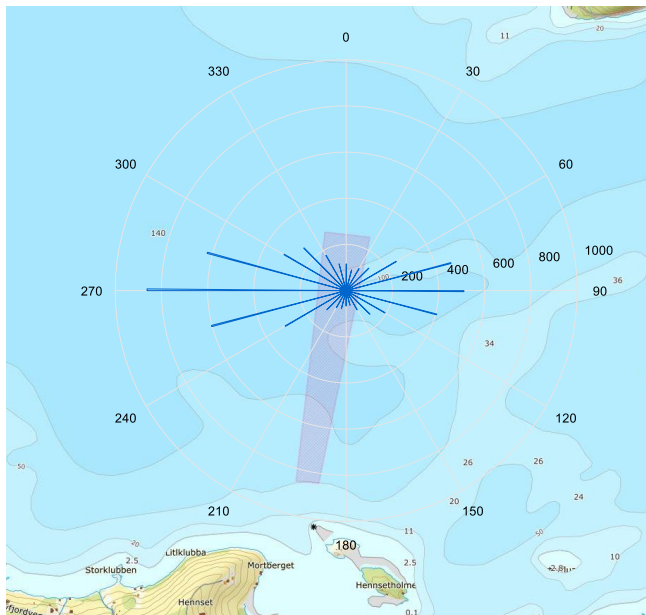
Relativ vannfluks (spredningsdyp).



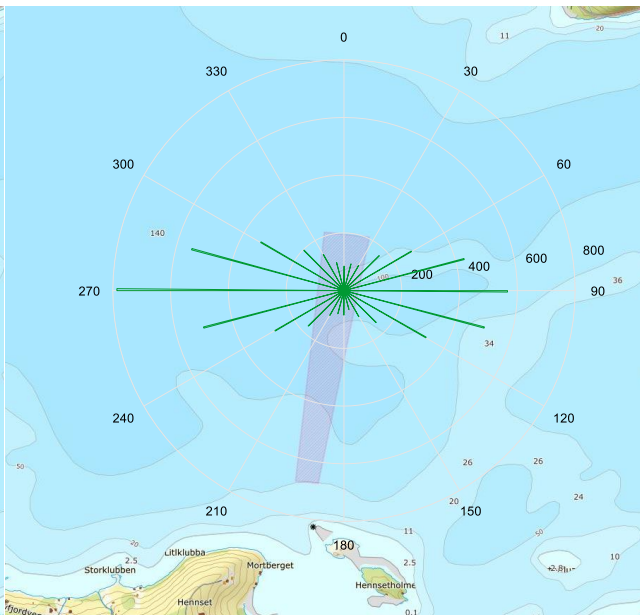
4.13 Fordelingsdiagram – antall observasjoner.

Kurvene viser hvor mange ganger strømmåleren har pekt på hver enkelt sektor i løpet av måleperioden.

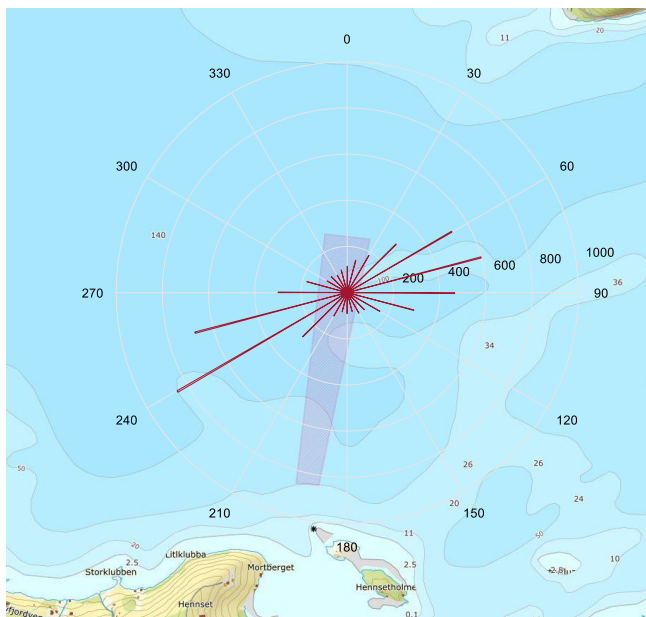
Antall målinger (5m dyp).



Antall målinger (15m dyp).



Antall målinger (spredningsdyp).



4.14 Maksimal strømhastighet for 8 retningssektorer.

Tabell 4.14.1. Maksimal strømhastighet (cm/s) for retningssektorene.

Dybde	Retning							
	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV
	337.5°– 22.5°	22.5° – 67.5°	67.5° – 112.5°	112.5° – 157.5°	157.5° – 202.5°	202.5° – 247.5°	247.5° - 292.5°	292.5° – 337.5°
5m	15.2	31.0	55.1	27.5	11.3	46.4	53.0	28.7
15m	11.4	24.5	29.7	27.7	13.1	21.4	33.9	13.9
spredning	6.8	10.6	12.4	7.5	6.2	23.6	23.7	7.2

4.15 Gjennomsnittlig strømhastighet for 8 retningssektorer.

Tabell 4.15.1. Gjennomsnittlig strømhastighet (cm/s) for retningssektorene.

Dybde	Retning							
	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV
	337.5°– 22.5°	22.5° – 67.5°	67.5° – 112.5°	112.5° – 157.5°	157.5° – 202.5°	202.5° – 247.5°	247.5° - 292.5°	292.5° – 337.5°
5m	5.3	8.6	15.7	6.9	4.7	10.2	13.8	7.6
15m	3.6	5.2	7.8	6.8	4.6	6.7	7.9	4.9
spredning	2.4	3.9	4.5	2.4	2.3	9.2	7.1	2.5

4.16 Antall målinger i 8 retningssektorer.

Tabell 4.16.1. Antall målinger per retningssektor.

Dybde	Retning							
	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV
	337.5°– 22.5°	22.5° – 67.5°	67.5° – 112.5°	112.5° – 157.5°	157.5° – 202.5°	202.5° – 247.5°	247.5° - 292.5°	292.5° – 337.5°
5m	329	500	1384	435	214	508	2087	747
15m	282	543	1498	588	236	549	1834	674
spredning	361	1009	1362	371	262	1238	1161	286

4.17 Relativ vannutskiftning for 8 retningssektorer.

Tabell 4.17.1. Relativ vannutskiftning (%) per retningssektor.

Dybde	Retning							
	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV
	337.5°– 22.5°	22.5° – 67.5°	67.5° – 112.5°	112.5° – 157.5°	157.5° – 202.5°	202.5° – 247.5°	247.5° - 292.5°	292.5° – 337.5°
5m	2.5	6.0	30.4	4.2	1.4	7.2	40.4	7.9
15m	2.4	6.7	27.9	9.6	2.6	8.8	34.3	7.9
spredning	2.7	12.0	18.6	2.8	1.8	34.7	25.3	2.1

4.18 10-års og 50-års strømhastighet per 8 retningssektorer på 5m

Verdier for returperiode på 10 år (x1.65) og for returperiode på 50 år (x1.85). Retningene som er oppgitt i raden under maksstrømmen er retningen til den bestemte maksmålingen.

Tabell 4.18.1. 10-års og 50-års strømhastighet (cm/s) per retningssektor på 5m.

	Retning							
	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV
Strøm	337.5° – 22.5°	22.5° – 67.5°	67.5° – 112.5°	112.5° – 157.5°	157.5° – 202.5°	202.5° – 247.5°	247.5° – 292.5°	292.5° – 337.5°
Maks (cm/s)	15.2	31.0	55.1	27.5	11.3	46.4	53.0	28.7
Retning (°)	1	62	83	122	197	246	249	293
10-år (cm/s)	25	51	91	45	19	76	87	47
50-år (cm/s)	28	57	102	51	21	86	98	53

4.19 10-års og 50-års strømhastighet per 8 retningssektorer på 15m

Tabell 4.19.1. 10-års og 50-års strømhastighet (cm/s) per retningssektor på 15m.

	Retning							
	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV
Strøm	337.5° – 22.5°	22.5° – 67.5°	67.5° – 112.5°	112.5° – 157.5°	157.5° – 202.5°	202.5° – 247.5°	247.5° – 292.5°	292.5° – 337.5°
Maks (cm/s)	11.4	24.5	29.7	27.7	13.1	21.4	33.9	13.9
Retning (°)	348	67	112	115	200	246	267	296
10-år (cm/s)	19	40	49	46	22	35	56	23
50-år (cm/s)	21	45	55	51	24	40	63	26

4.20 Prosentilfordeling av strømhastighet per dyp.

Kolonnen til venstre indikerer prosent av data (prosentil) som er lik eller lavere enn oppgitt hastighet (cm/s).

Tabell 4.20.1. Prosentilfordeling av strømhastighet for hvert dyp.

	Dyp		
Prosentil	5m	15m	Spredning
	Strømhastighet (cm/s)		
1	0.9	0.7	0.4
10	3.1	2.1	1.4
20	4.6	3.1	2.1
30	5.9	4.0	2.7
40	7.3	4.9	3.3
50	8.8	5.7	4.1
60	10.9	6.7	5.0
70	13.8	8.0	6.3
80	17.8	9.8	8.2
90	24.2	13.0	11.5
95	29.1	15.8	14.6
99	39.8	22.6	19.7

4.21 Prosentfordeling av strømhastighet per dyp.

Verdiene i tabellen indikerer prosent av data som er lik eller høyere enn strømhastighet (cm/s) oppgitt i kolonnen til venstre.

Tabell 4.21.1. Prosent av data per dyp som er lik eller høyere enn oppgitt hastighet.

	Dyp		
	5m	15m	Spredning
Strømhastighet (cm/s)	Prosent (%)		
1	98.7	97.6	94.9
3	90.4	81.4	64.9
10	43.9	19.1	13.4
20	15.5	2.0	0.9
30	4.5	0.1	0.0
50	0.1	0.0	0.0

4.22 Tidevannsanalyse

En tidevannsanalyse av strømdata er gjennomført for å vurdere hvor stor andel av det målte signalet som er forårsaket av tidevannet. Tidevannsanalysen er utført ved bruk av analyseverktøyet T_Tide (Pawlowic, et al., 2002).

Tidevannsanalysen inkluderer alle separerbare komponenter og resultatene er vist i Tabell 4.22.1. Tabell 4.22.1 Amplitudene for de ulike tidevannskomponentene med tilhørende frekvens er vist i Figur 4.22.3.

Det er også foretatt en analyse med fem separerbare komponenter, M_2 , S_2 , N_2 , O_1 og K_1 , som benyttes i forbindelse med tidevannstabeller av havnivå. Resultatet fra analysen med disse er oppgitt i Tabell 4.22.2.

Målt strøm er splittet i øst-vest (U_{EW}) og nord-sør (V_{NS}) komponenter for å vurdere spredning av strømdata på de forskjellige dypene. Resultater er vist i Figur 4.22.1. Krysset markerer gjennomsnittsverdien for hastighetskomponentene og reflekterer den effektive transporthastigheten med tilhørende retning som er oppgitt i Tabell 4.1.1.

Strømdata har en variasjon som vist med strørellipsen på figuren (Emery & Thomson, 2001). Strørellipsens store halvakse (hovedakse) markerer retningen der variasjonen er størst.

Strørellipsen er smal, noe som indikerer at strømmen domineres av to motsatt rettede hovedstrømretninger.

Figur 4.22.2 viser tidevannsellipsen (farget linje) fra analysen med alle separerbare komponenter sammenlignet med den totale strørellipsen (svart linje).

Tidevannsellipsen er stor i forhold til strørellipsen på 15m og spredningsdyp, det indikerer at strømmen er tidevannsdominert. På 5m er tidevannsellipsen noe mindre i forhold til strørellipsen og det indikerer at strømmen på dette dypet er i mindre grad dominert av tidevannet.

Tidevannsellipsen er smal på alle målte dyp og det indikerer at tidevannet har to motsatte hovedstrømretninger.

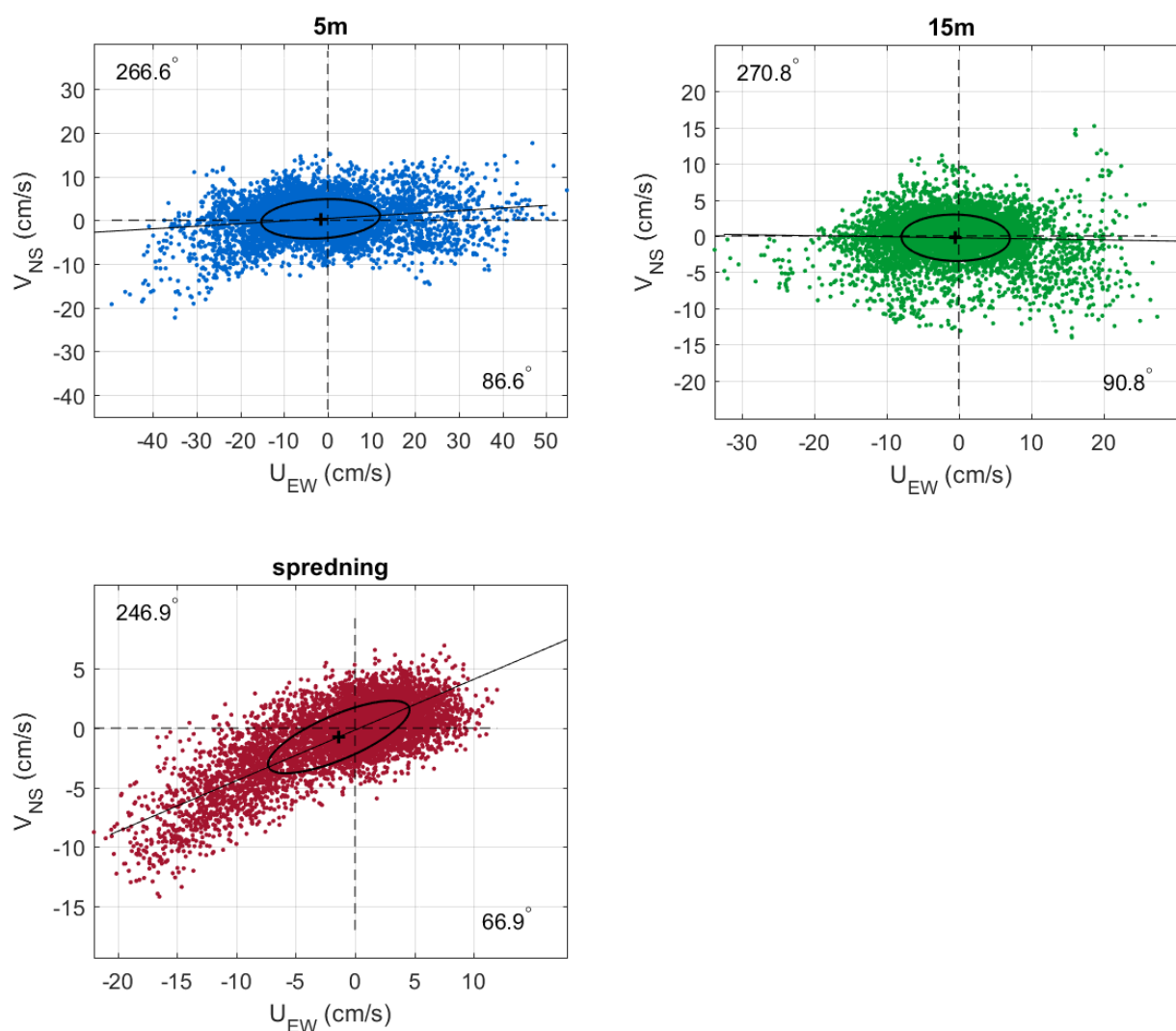
Begge måleperiodene inkluderte 2 springflo («storsjøan») – nippflo («småsjøan») tidevannssykluser. «Storsjøan» var rundt 2., 17. og 31.mars 2018 under måleperiode 1. Under måleperiode 2 var «Storsjøan» rundt 29. mai, og 13. og 28.juni.

Tabell 4.22.1. Tidevannsanalyse av målte data.

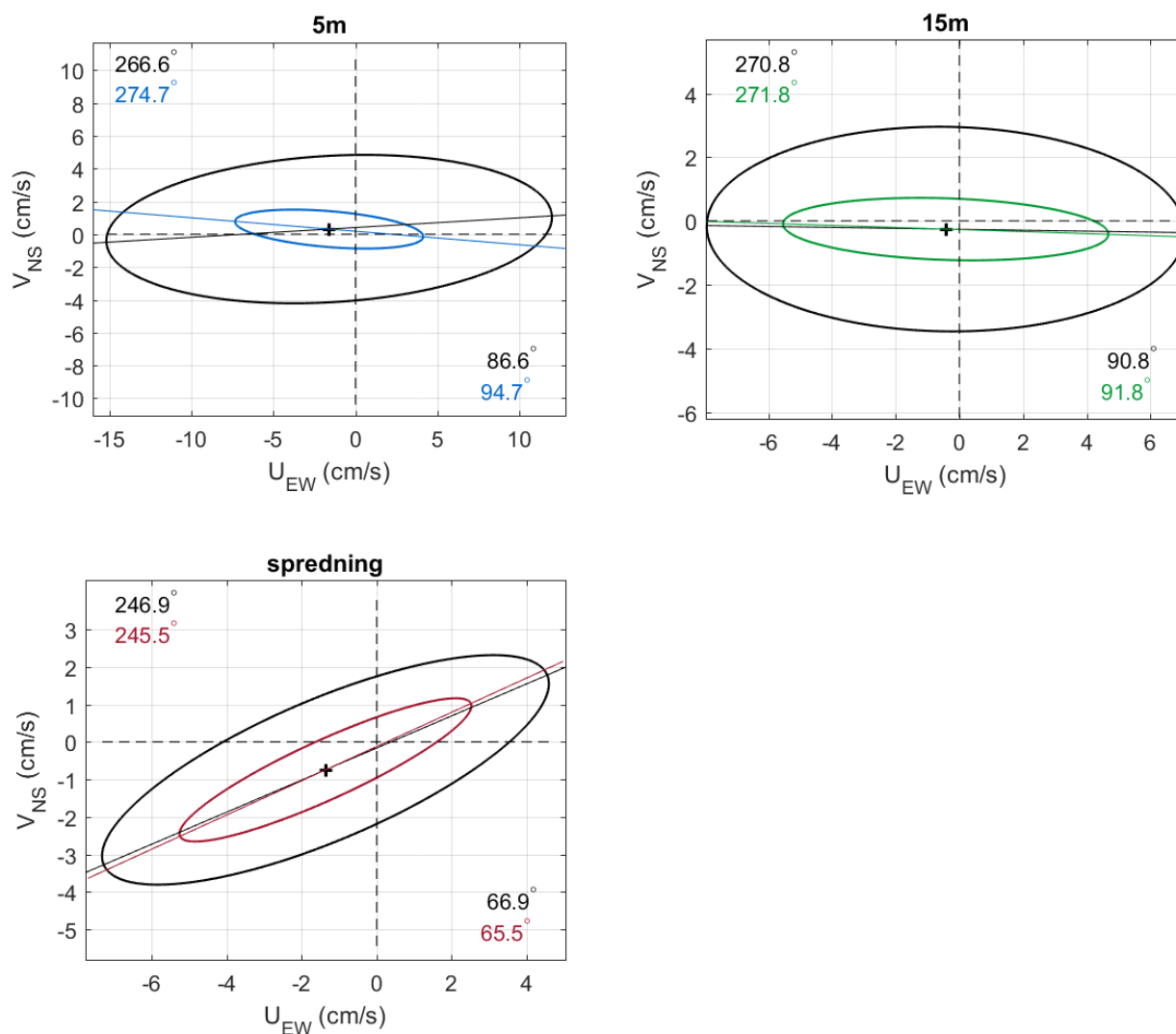
Strømhastighet forårsaket av tidevann	5m	15m	Spredning
Prosent (%)	47.3	62.1	71.4

Tabell 4.22.2. Bidrag til strømmen fra M_2 , S_2 , N_2 , O_1 og K_1 .

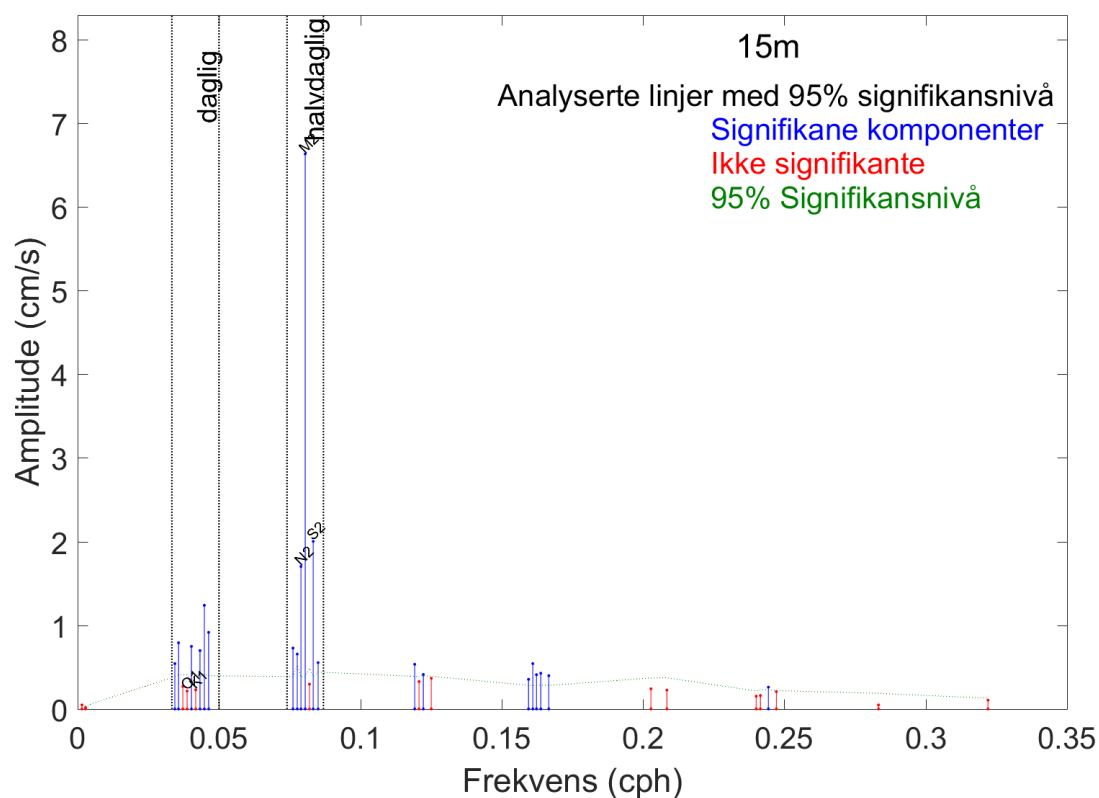
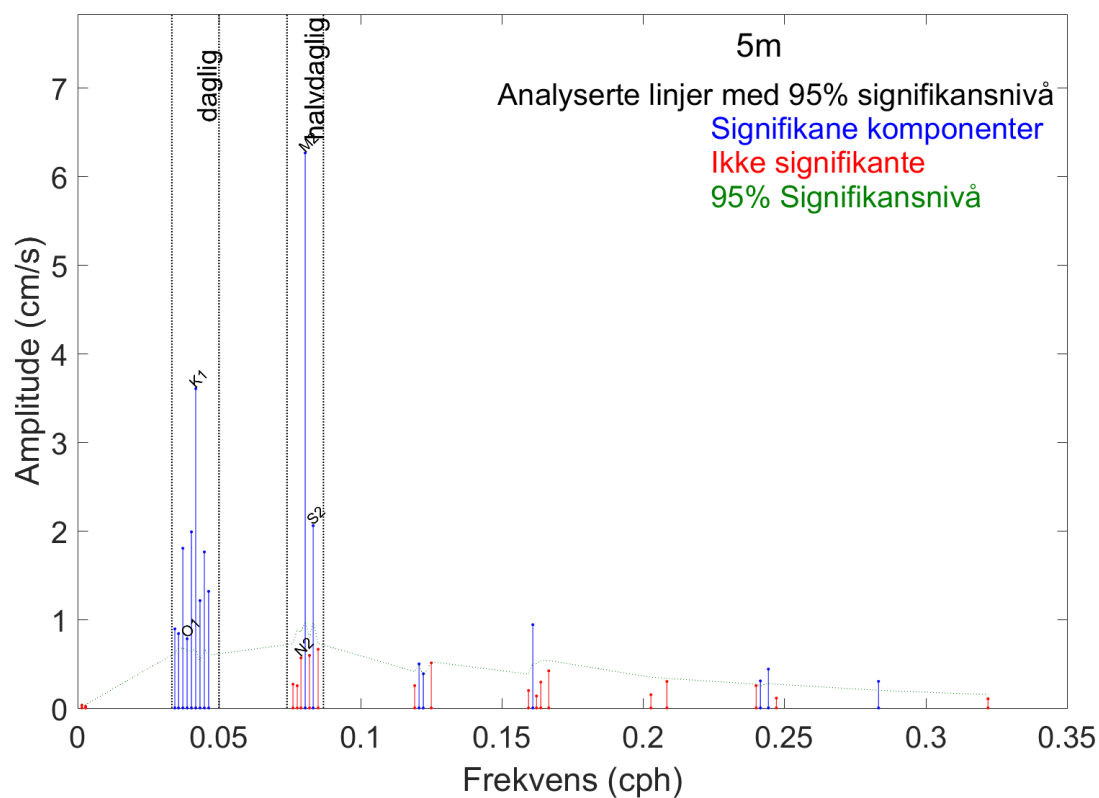
Bidrag fra tidevannskomponentene (%)	5m	15m	Spredning
Prosent M_2 , S_2 , N_2 , O_1 og K_1 (%)	40.2	57.9	63.1

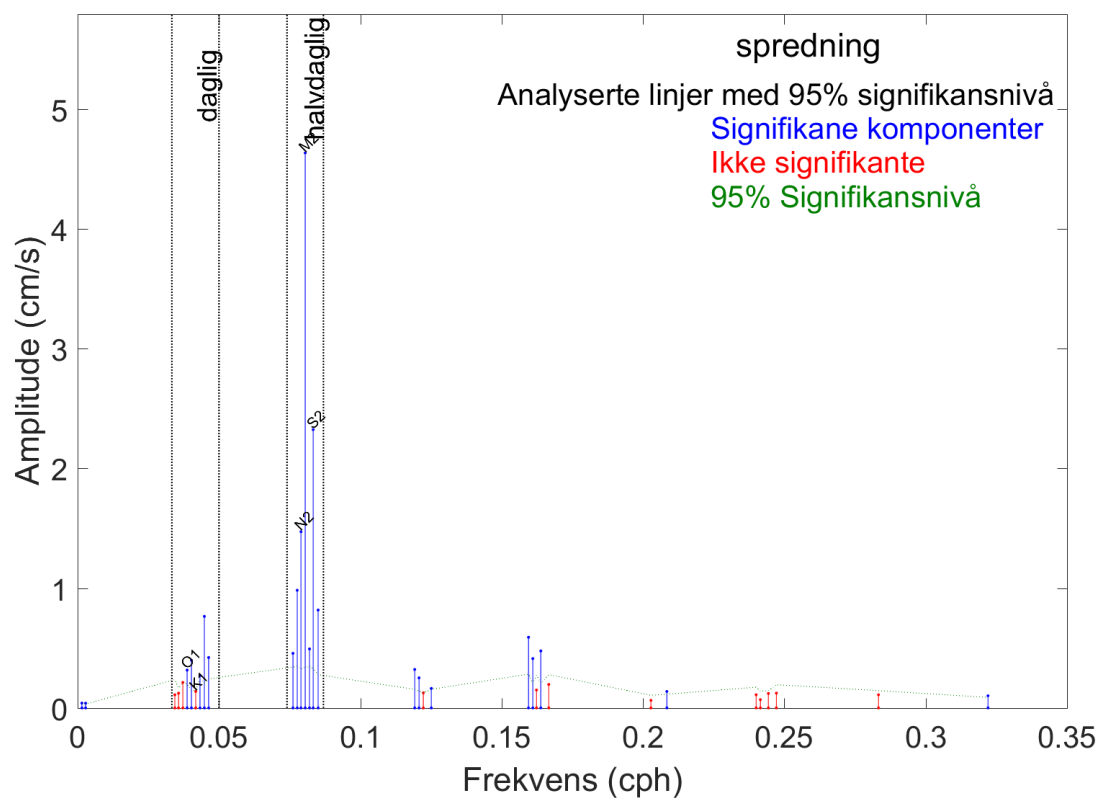


Figur 4.22.1. U_{EW} - V_{NS} punktdiagram med tilhørende strørellipse. Midtpunktet for strørellipsen er markert med kryss som også markerer strømmens effektive transporthastighet. Vinklene indikerer den store halvaksens orientering i forhold til nord/sør. Øst-vest og nord-sør aksekors er vist med stiplede linjer.



Figur 4.22.2. U_{EW} - V_{NS} tidevannsellipse (farget linje) vist sammen med strørellipsen (svart linje). Midtpunktet for strørellipsene er markert med kryss som også markerer den effektive transporthastigheten. Vinklene indikerer de store halvaksenes orientering i forhold til nord/sør. Øst-vest og nord-sør aksekors er vist med stiplede linjer.

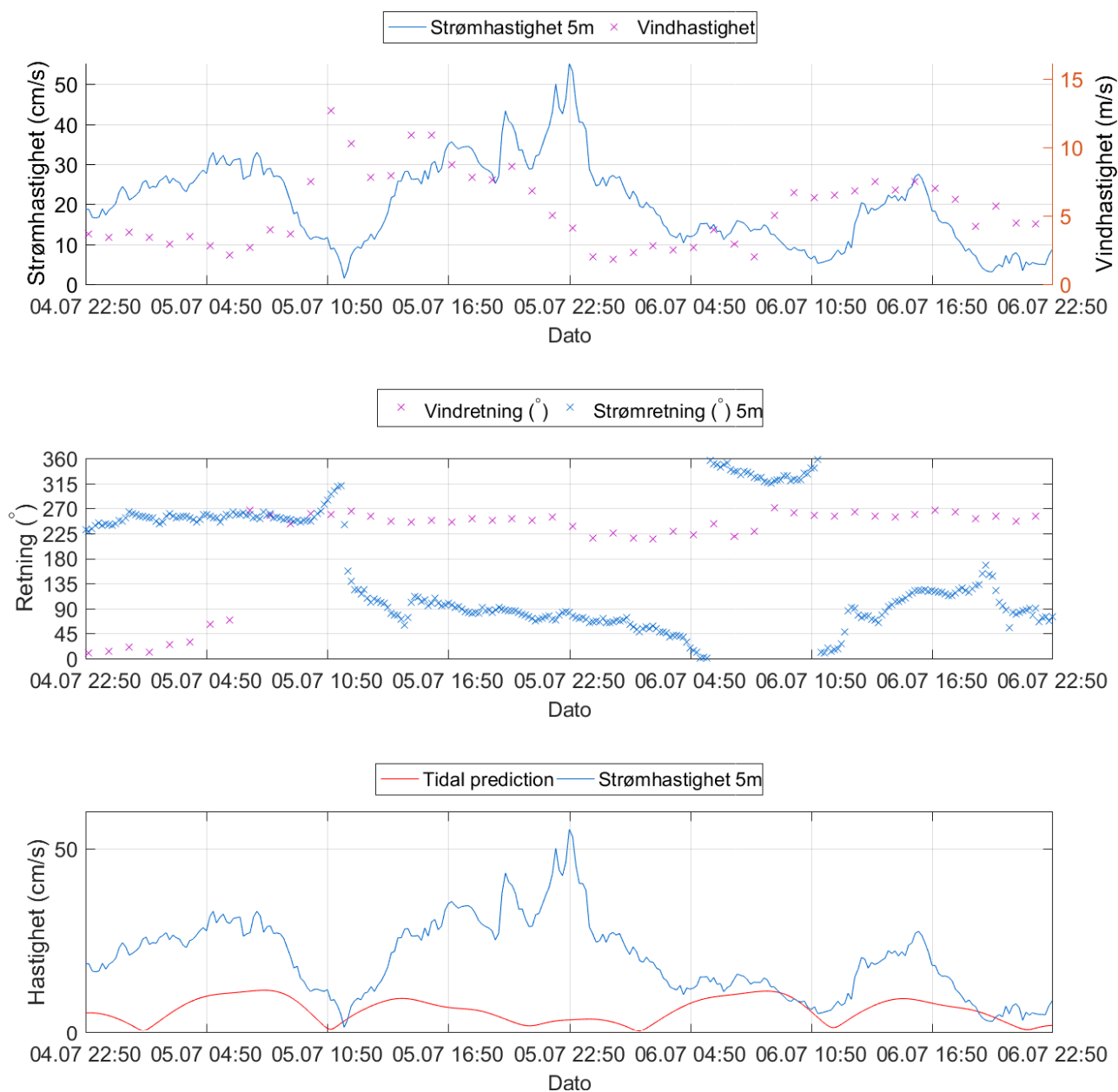




Figur 4.22.3. Amplitude og frekvens for komponenter fra tidevannsanalysen. De blå linjene er komponenter med signifikante bidrag og de røde linjene er ikke signifikante og dermed ikke inkludert i tidevannssignalet.

4.23 Todagersperiode.

Strømhastighet, strømreretning, tidevann og vind er oppgitt i figuren under for en todagersperiode for maksimalstrømmen ved 5m dyp.



Figur 4.23.1. Strømhastighet, strømreretning, tidevann og vind for maksimalstrømmen ved 5m dyp.

4.24 Vind under måleperioden

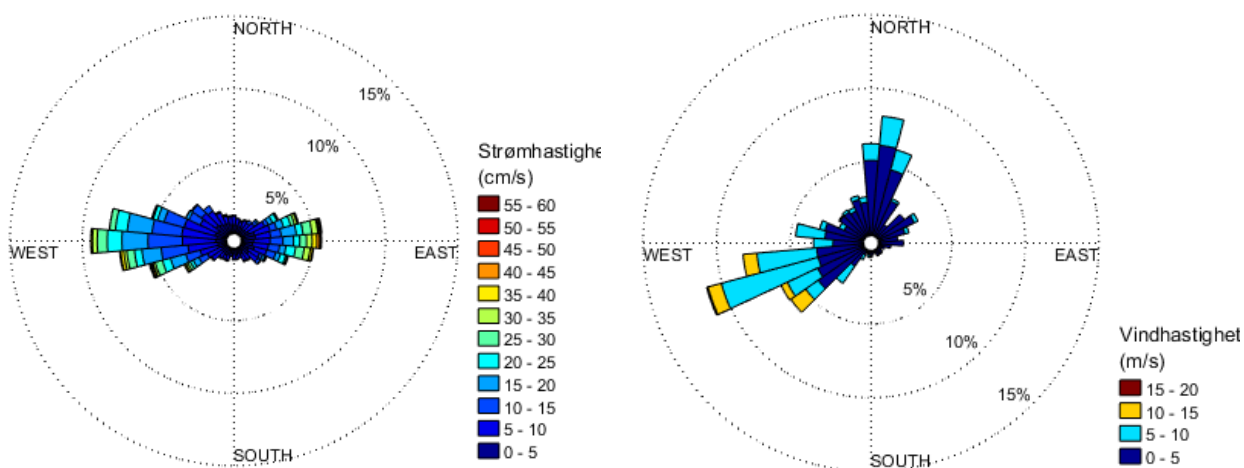
Ut fra omkringliggende topografi er det vurdert at vind fra Ø og V kan ha betydning for strømforholdene på lokaliteten.

Vinddata er tatt fra værstasjon Kristiansund Lufthavn, som ligger 32.8km vest for måleposisjonen (Figur 4.24.3). Her blåste vind mest fra V og sterkest fra V – SV under måleperioden (Tabell 4.24.1).

Hvis de lokale vindforholdene på strømmålingsposisjonen var like de på Kristiansund Lufthavn under måleperioden, er det vurdert at vind fra NØ, Ø og SV-V kan ha påvirket strøm mot SV, V og NØ-Ø.

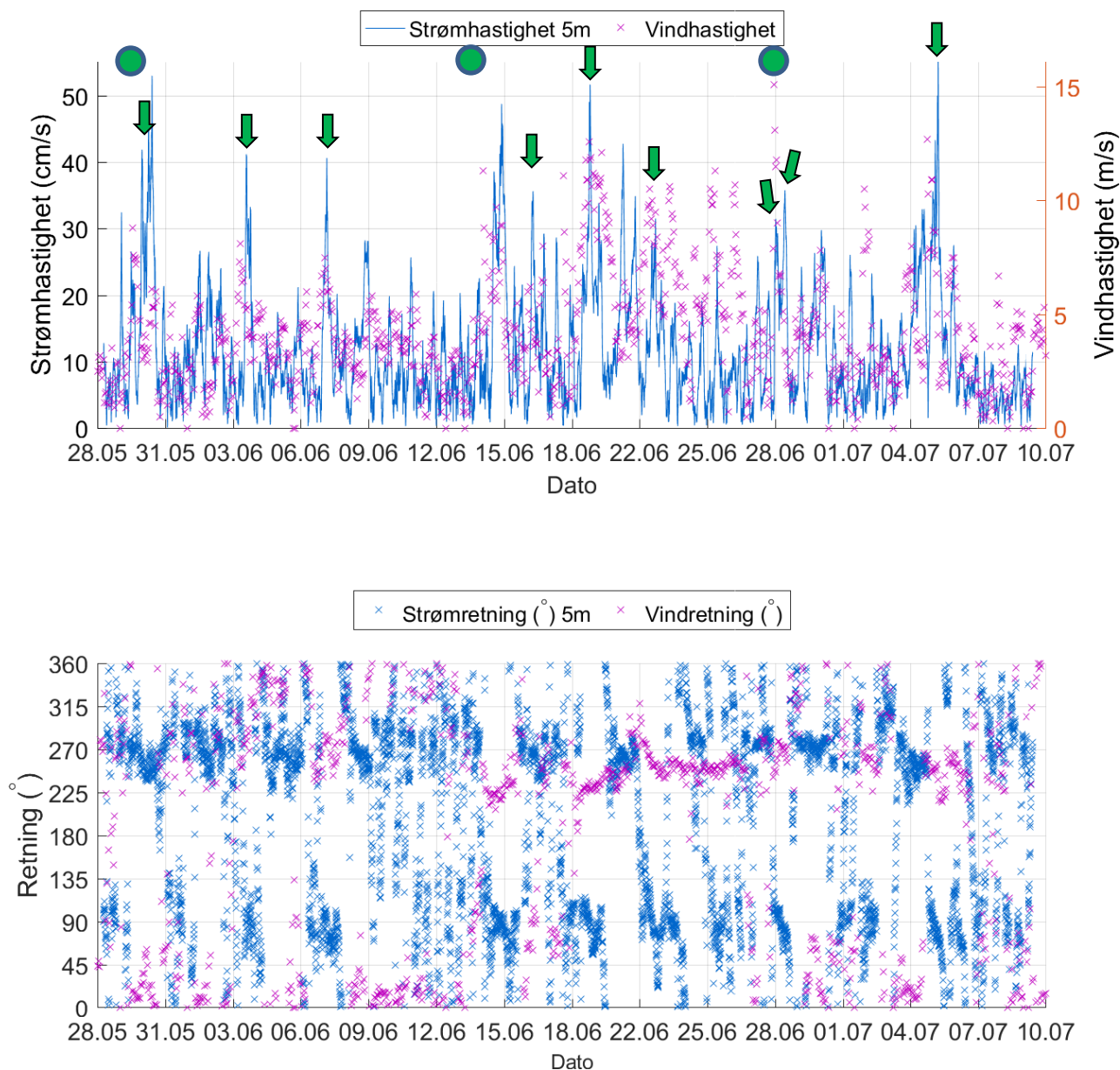
Tabell 4.24.1. Maksimal vindhastighet og % tid vinden blåste fra de ulike retningene under måleperioden.

	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV
Maksimal vindhastighet (m/s)	8.8	7.1	6.2	5.0	6.4	12.6	15.1	6.7
% tid fra en bestemt retning	17.0	11.1	6.1	1.9	1.5	18.2	27.7	9.8



Figur 4.24.1. Rosediagram for strøm (mot retning) på 5m (venstre) og vind (fra retning) på Kristiansund Lufthavn (høyre) under måleperioden.

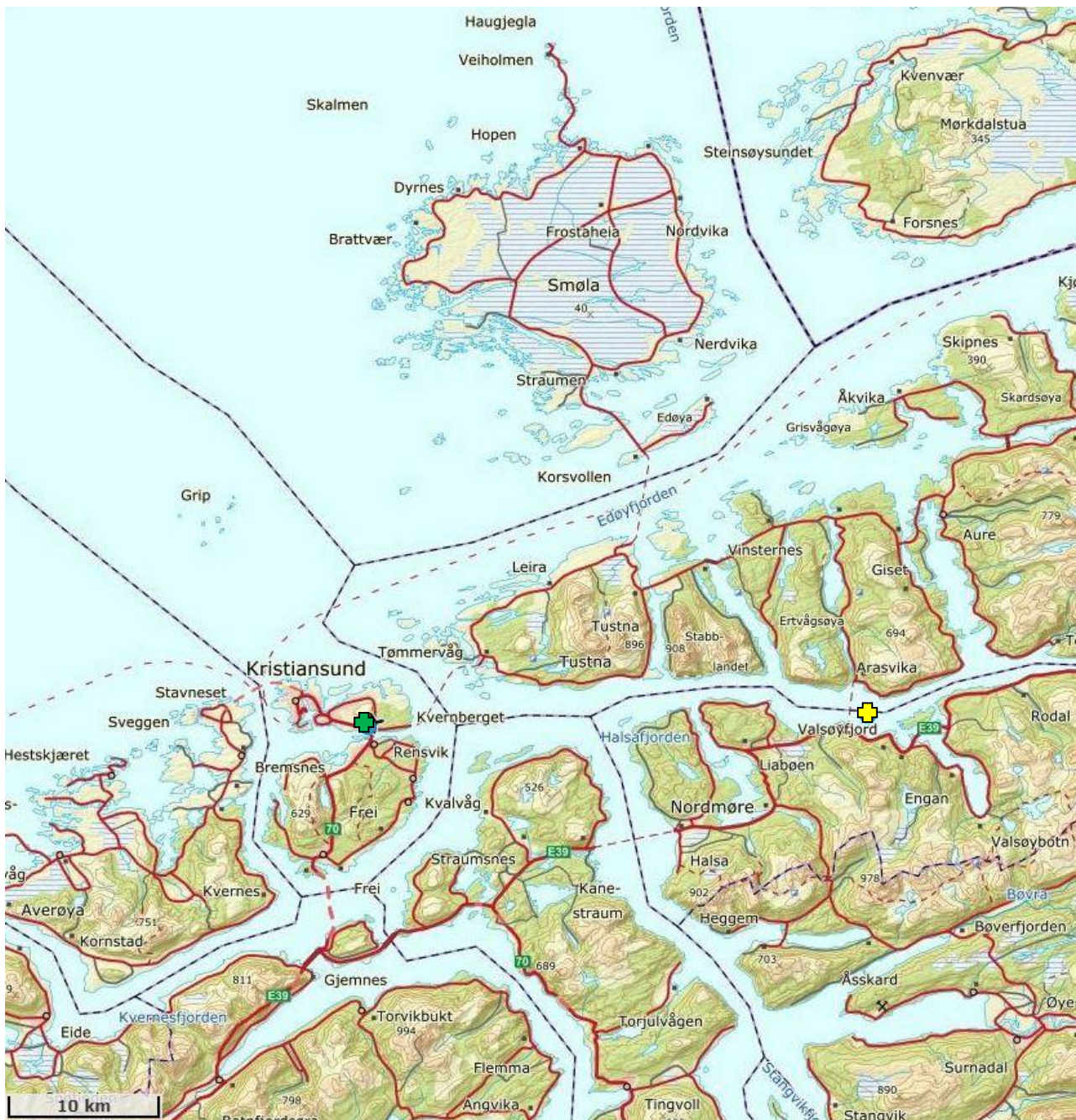
Strøm- og vindhastighet og retning er oppgitt i Figur 4.24.2 for å vurdere vindpåvirkning på strømmen, og for å vurdere om noen strømtopper skyldes vind.



Figur 4.24.2. Strømhastighet på 5m og vindhastighet samt strøm- og vindretning (Kristiansund Lufthavn) under måleperioden. Grønne sirkler indikerer storsjøan.

Strømtopper over 30cm/s ble sammenlignet med vinddata fra Kristiansund Lufthavn fra samme periode. Figur 4.24.2 indikerer hvilke tidspunkter vind på Kristiansund Lufthavn og målt strøm hadde omtrent sammenfallende retning (grønne piler).

Vind kan ha påvirket en del av strømtoppene.



Figur 4.24.3. Posisjonen til Kristiansund Lufthavn værstasjon (markert med ) i forhold til strømmålerne posisjon (markert med ). Kart er hentet fra Fiskeridirektoratets kartverktøy.

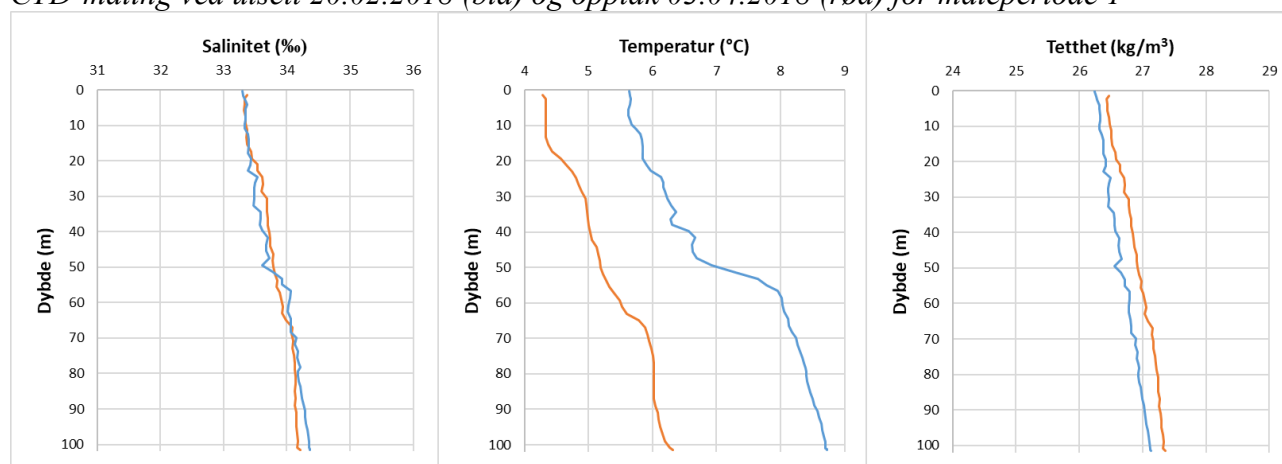
4.25 CTD-måling

CTD-måling ved utsett og opptak

CTD-måling ble foretatt i sammenheng med utsett og opptak av strømmålere. En CTD-profil ble tatt på samme posisjon som riggen.

Målinger for hydrografi ble gjennomført med en SD 204 CTD-sonde med oksygensensor. Sonden med et påmontert lodd ble senket ned til loddet traff bunnen og deretter hevet til overflaten. Sonden gjør en registrering hvert 2. sekund, og den vil dermed lage en profil av vannsøylen for senkning og en for heving. Profilene fra senkning av sonden ble benyttet. Uthenting av data ble gjort med programvaren Minisoft SD200w versjon 3.18.7. 172 og bearbeidet i Excel.

CTD-måling ved utsett 20.02.2018 (blå) og opptak 03.04.2018 (rød) for måleperiode 1



Figur 4.25.1. Vertikalprofiler av saltholdighet, temperatur og tetthet. Dypet er indikert langs y-aksen.

CTD-måling ved utsett 28.05.2018 for måleperiode 2

Figur 4.25.2. Vertikalprofiler av saltholdighet, temperatur og tetthet. Dypet er indikert langs y-aksen.

5. Diskusjon strøm

Alle omsøkte akvakulturlokaliteter skal kunne ivareta artens krav til et godt levested (Mattilsynet, 2014). Det må være tilstrekkelig tilførsel av vann av egnet kvalitet. Oksygen er helt avgjørende for god fiskevelferd. Tilførsel av oksygen til fisken er vurdert etter strømforhold, vannutskifting og temperatur.

5.1 Temperatur

Lokaliteter med hyppige og store temperaturvariasjoner kan være uheldig ut fra et velferds- og helseperspektiv, men denne ulempen kan reduseres ved at fisken blir gitt rom for å oppholde seg i det mest gunstige miljøet.

Temperatur under måleperiode 2 på 5m var 7.4 – 14.3°C og på 15m var temperaturen 6.0 – 11.1°C. Temperaturmålingene viser at vannsøylen var lagdelt. Dette er normalt på denne årstiden, når sola varmer overflatevannet. CTD-profilen for utsett av strømmålere viser at vannsøylen var lagdelt og at det er en rask temperaturendring mellom 2 og 13m dyp, det er sannsynligvis grunnen til de store variasjonene i temperaturen på 5m.

5.2 Strømhastighet

5.2.1 Maksimal, signifikant maksimal og høye strømmålinger (> 30 cm/s)

Høye strømhastigheter (varighet og hyppighet) kan stresse fisken, hvor fiskens svømmekapasitet vil variere med art, størrelse, temperatur og lysforhold (Mattilsynet, 2014). Fisken er nødt til å bruke mer energi på å holde seg i posisjon ved økt strøm (Nygaard og Golmen, 1997). Økt strøm fører til økt oksygenforbruk, men gjennomstrømning av vann mer enn kompenserer for økt energiforbruk (Nygaard og Golmen, 1997).

Vannstrøm reduseres i hastighet når den treffer en merd. Forventet reduksjon av vannstrøm på grunn av not er mer enn 20% (Mattilsynet, 2014). Groe på merdene og anleggsorientering vil også påvirke strømhastighet i en merd.

Maksimal strømhastighet var 55.1 cm/s mot Ø på 5m dyp, 33.9 cm/s mot V på 15m dyp og 23.7 cm/s mot V på spredningsdyp. Maksimal strømhastighet er vurdert som svært sterk på 5m, sterk på 15m og som middels sterk på spredningsdyp. Signifikant maksimal strømhastighet var 21.5 cm/s på 5m, 11.9 cm/s på 15m dyp og 10.2 cm/s på spredningsdyp. Signifikant maksimal strømhastighet er vurdert som sterk på 5m og middels sterk på 15m og spredningsdyp.

Det var tilfeller der strøm var >30cm/s på både 5m og 15m.

5.2.2 Gjennomsnittlig strømhastighet

Fisketetthet og merdens lengde er avgjørende for hvor stor gjennomsnittsstrømmen bør være (Mattilsynet, 2014, Nygaard og Golmen, 1997). Det er dessuten avhengig av total fiskebiomasse, fiskens størrelse og kondisjon, årstid, anleggsorientering, fôringsintensitet, sjøtemperatur, sjøens oksygeninnhold, algekonsentrasjon og dyp på lokaliteten (Nygaard og Golmen, 1997).

Aure (1983) beregnet at et anlegg, med fiskekonsentrasjon på 8-10 kg/m³, trenger en gjennomsnittsstrøm på minst 2 cm/s for å opprettholde tilfredsstillende oksygenforhold.

For å holde oksygenkonsentrasjon inne i merden over 7 mg/l, og for å kompensere for oksygenforbruket, trengs en gjennomsnittsstrøm på 2.9 cm/s (Nygaard og Golmen, 1997).

Sætre (1975) skrev at groe på merdene kan redusere strømmen inne i en merd med 70%, og for å kompensere for dette bør gjennomsnittsstrømmen være ca. 10 cm/s.

Aarnes et al. (1990) fant at dersom merdene var mye begrodd kan strømmen i merd nummer to nedstrøms bli redusert til <40% av strømmen utenfor og i merd nummer seks var det praktisk talt ingen strøm.

Siden vann vil strømme rundt i tillegg til gjennom eller under anlegget er anleggsorientering viktig. Et anlegg orientert slik at det ligger med langside mot den dominerende strømretning vil ha bedre vannutskiftning i merdene enn en orientering hvor mange merder ligger etter hverandre langs hovedstrømmen.

Gjennomsnittlig strømhastighet er vurdert som svært sterk på 5m og som sterk på 15m og spredningsdyp. Gjennomsnittlig strømhastighet var ≥ 2 cm/s på alle dyp.

5.2.3 Nullmålinger (< 1cm/s) og varighet

Nullmålinger vil gi lave oksygenverdier dersom fisketetthet er høy og merdlengde er lang (Mattilsynet, 2014). Andel nullmålinger bør være lav (<10%) og varighet må ikke være lang (12 – 24 timer) (Mattilsynet, 2014).

Prosent nullmålinger (<1cm/s) er mindre enn 10% på alle dyp. Lengst varighet for strøm < 1cm/s er 30 min på 5m, 80 min på 15m og 70 min på spredning.

5.2.4 Vannutskifting og Neumann parameter

Vannutskiftningsstrømmen er spesielt viktig for fiskens levemiljø (Mattilsynet, 2014). Det er viktig med god vannutskifting i merden, slik at det til enhver tid er nok oksygen til fisken (Mattilsynet, 2014). Ved en ensrettet strøm vil lokaliteten hele tiden få friskt vann. Det kan også være sesongvariasjoner i vannutskifting (Mattilsynet, 2014).

Strømretninger og vannutskifting stemmer med områdets bunntopografi. Vannutskiftingen er vurdert som god på spredningsdyp fordi vannet beveger seg bort fra startpunktet og ikke bare flytter seg fram og tilbake. På 5 og 15m er vannutskiftingen vurdert som mindre god, fordi vannet beveger seg mer fram og tilbake.

Neumann parameteren er vurdert som lite stabil på 5 og 15m. Neumann parameteren er vurdert som middels stabil på spredningsdyp.

5.2.5 Sprednings- og bunnstrøm

Sprednings- og bunnstrøm er viktig for lokalitetens totale bæreevne. Opphopning av sediment under anlegget kan i noen tilfeller påvirke vannkvaliteten i merden og dermed fiskens levevilkår

(Mattilsynet, 2014). På lokaliteter med kort avstand mellom havbunn og notbunn er det viktig at både sprednings- og bunnstrøm viser god vannutskifting slik at sedimenter ikke hoper seg opp og påvirker vannkvaliteten i merden negativt (Mattilsynet, 2014). Mattilsynet (2014) anbefaler en minsteavstand mellom notbunn og sjøbunn på 20m. Mattilsynet (2014) presiserer at dette er en anbefaling og skal ikke benyttes som en absolutt regel. Grunne lokaliteter med konstant vannstrøm kan egne seg til akvakultur.

Bunntopografi og strømningsforhold har betydning for utskifting og nedbryting av bunnsedimenter fra anlegget (Mattilsynet, 2014). En ujevn bunn eller en flat bunn med groper gir større risiko for sedimentopphopning enn en jevnt skrånende bunn.

Dyp ved målepunktet var 100m. Da er det ca. 70 – 80m mellom notbunn og havbunn. Fætten ligger over en kupert bunn.

Det var flere perioder der strømhastigheten var høyere enn 10 cm/s på 5m, 15m og på spredningsdyp. Dette er gunstig med tanke på spredning av organisk materiale fra anlegget.

5.3 CTD

Resultater fra CTD-måling ved utsett og opptak for måleperiode 1

Ved utsett 20.02.2018 økte temperaturen fra ca. 5.6°C på overflaten til ca. 8.7°C ved bunnen.

Det var relativt rask økning mellom 47 og 59m dyp, etter dette fortsetter temperaturen å stige jevnt ned mot bunnen.

Ved opptak 03.04.2018 hadde temperaturen i vannet blitt redusert til 4.3°C på overflaten, og det hadde forekommet en avkjøling av vannet ned til bunnen. Temperaturen var lik fra overflaten ned til omtrent 15m og øker deretter ned til bunnen.

Saltholdigheten ved utsett økte generelt fra 33.3 - 34.4 fra overflaten til bunnen. Det var rask økning i saltholdigheten mellom 49 og 59m dyp.

Ved opptak var det lite endring i saltholdigheten ned til omtrent 16m, etter det økte saltholdigheten ned mot bunnen.

Tetthetsdata gjenspeiler saltholdigheten.

CTD-profilene viser at vannsøylen var lagdelt ved utsett og opptak

Resultater fra CTD-måling ved utsett for måleperiode 2

Ved utsett 28.05.2018 sank temperaturen fra ca. 12.9°C på overflaten til ca. 6.9°C ved bunnen.

Det var relativt rask økning mellom 2 og 13m dyp, etter dette fortsetter temperaturen å synke ned til omtrent 43m dyp. Etter det stiger temperaturen ned mot bunnen.

Saltholdigheten ved utsett økte fra 27.8 - 34.6 fra overflaten til bunnen. Det var rask økning i saltholdigheten mellom 4 og 14m dyp.

Tetthetsdata gjenspeiler saltholdigheten.

CTD-profilen viser at vannsøylen var lagdelt ved utsett.

6. Vedlegg - opplysning strømmåling

Opplysninger om strøminstrumentene er oppgitt i Tabell 6.1.

Målingene er tatt for å måle strøm:

- hvor notposer befinner seg (5m og 15m) og
- på spredningsdyp som er viktig for spredning av partikler fra anlegget.

Målerne registrerer strømhastighet, strømretning og temperatur.

Målingene ble gjort i samsvar med NS 9415:2009, der kravet er at målingene skal gjennomføres sammenhengende i minst en måned.

Riggoppsett og -beskrivelse er oppgitt i vedlegg 7.

Ut fra topografi og bunntopografi er plasseringen vurdert god for å dokumentere strømforholdene i anlegget. Målerne er plassert i posisjonen som sannsynligvis oppgir høyeste strømhastighet på lokalitet.

Tabell 6.1. Opplysninger per instrument.

Måledyp	5m	15m	Spredning
Leverandør	Aanderaa AS	Aanderaa AS	Aanderaa AS
Instrumenttype, modell	RCM Blue 5430 punktmåler	RCM Blue 5430 punktmåler	RCM Blue 5430 punktmåler
Måler ID-nr.	5150	5148	5150
Kalibrering	Utført hos Aanderaa Data Instruments ved levering av instrumentet.	Utført hos Aanderaa Data Instruments ved levering av instrumentet.	Utført hos Aanderaa Data Instruments ved levering av instrumentet.
Strømhastighet nøyaktighet	±0.15 cm/sek	±0.15 cm/sek	±0.15 cm/sek
Strømhastighet rekkevidde / terskelverdi	0 til 300cm/s (vektor gjennomsnitt)	0 til 300cm/s (vektor gjennomsnitt)	0 til 300cm/ (vektor gjennomsnitt)
Strømretning nøyaktighet	±5° for 0-15° tilt; ±7.5° for 15-35° tilt	±5° for 0-15° tilt; ±7.5° for 15-35° tilt	±5° for 0-15° tilt; ±7.5° for 15-35° tilt
Kompass justert for misvisning av Åkerblå AS	Nei	Nei	Nei
Temperatur nøyaktighet og rekkevidde	0.05 °C -5 °C til 40 °C	0.05 °C -5 °C til 40 °C	0.05 °C -5 °C til 40 °C

7. Vedlegg - riggoppsett, måleprinsipp og valg av målested

7.1 Riggoppsett

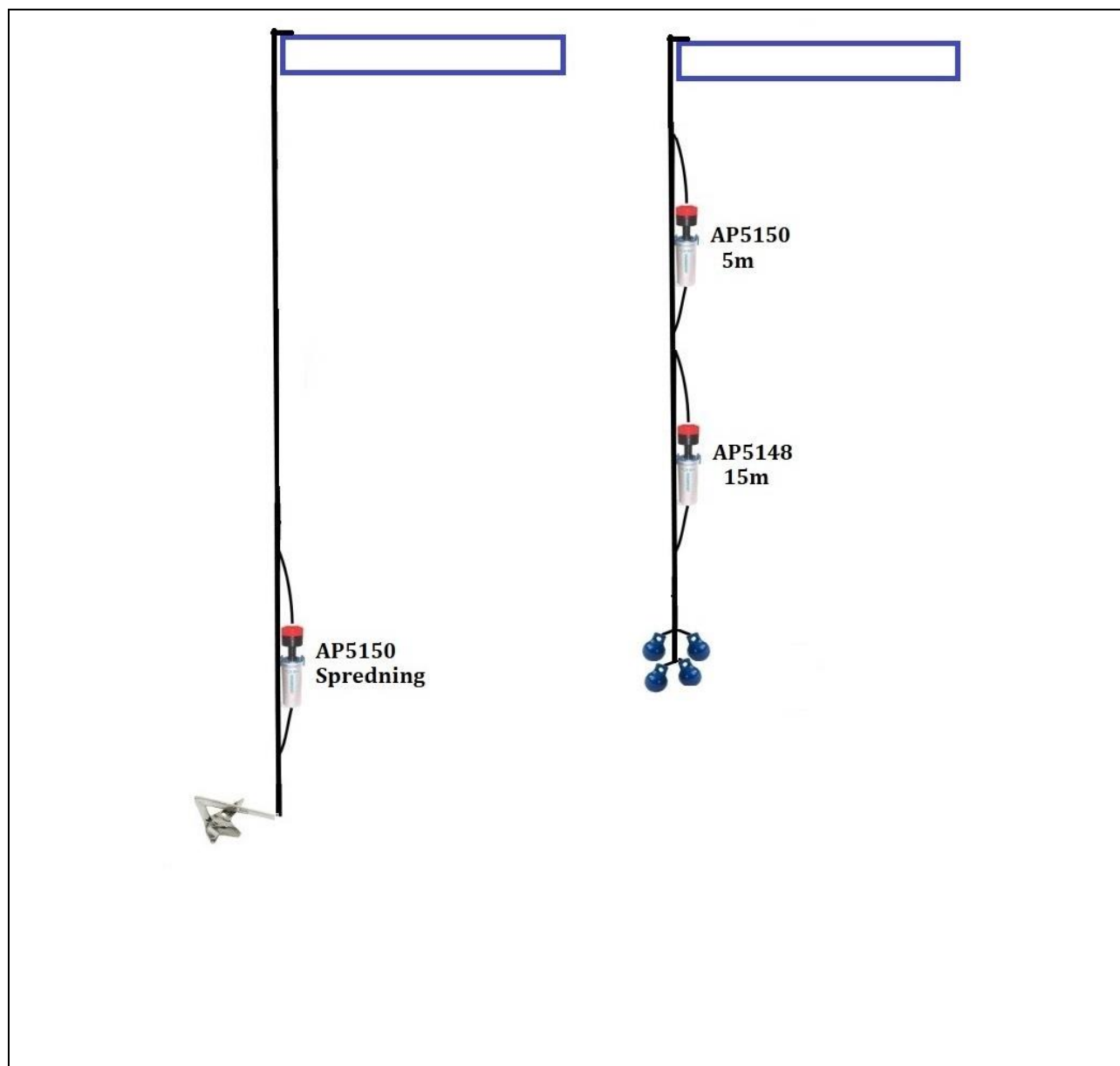
Riggoppsett for målt strøm er skissert i Figur 7.1.1. Det ble tatt strømmålinger ved to anledninger.

Rigg 1 under første måleperiode for målinger på spredningsdyp:

Riggen ble festet til en flåte. I bunnen ble det festet et anker på 40kg. 16mm tau ble benyttet i riggen.

Rigg 2 under andre måleperioden for målinger på 5 og 15m dyp:

Riggen ble festet til en flåte. Under instrumentet på 15m var det festet fire lodd på 5kg. 16mm tau ble benyttet i riggen.



Figur 7.1.1. Prinsippskisse av riggoppsett fra måleperiode 1 (venstre) og måleperiode 2 (høyre).

7.2 Måleprinsipp

Aanderaa punktmåler

Instrumentene bruker Doppler-effekten for å måle strøm. Det sendes ut en kort lydimpuls (akustisk impuls) av en konstant, bestemt frekvens og forandring måles i både styrke og frekvens av innkommende refleksjoner. Forskjellen mellom pulsen som er sendt ut og innkommende refleksjon er proporsjonal med strømhastigheten. Refleksjoner er forårsaket av små partikler i vannet (vanligvis zooplankton eller sediment) og bobler. Det er antatt at disse partiklene flyter i vannet og derfor beveger seg med samme hastighet som vannet. Punktmålerne er satt opp for å måle strøm med en registrert måling basert på 150 ping i et 10-minutters intervall.

Tabell 7.2.1. Måleprinsipp for Aanderaa punktmålerne.

Tid (min)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Punktmåler																				

Gul og grønn markering indikerer 150 ping i løpet av 10 min. En måling er gjennomsnitt over en 10-minuttersperiode.

Valg av målested

Plassering av riggen for strømmålinger er avgjørende for måling av strøm. Et av kravene i NS9415 er at målerne skal plasseres i den posisjonen som sannsynligvis oppgir høyeste strømhastighet på lokaliteten. Plassering av riggen i forhold til det dypet strømmen skal måles på har også stor betydning for målingene.

- Anleggets geografiske plassering og topografiske utforming av nærområdet må vurderes. Strømmen påvirkes av bukter, vikar og elveløp, møtepunkter for fjordsystemer, osv. Dette kan føre til at strømmen skifter retning e.l.
- Anlegget bør plasseres der vannet får kortest mulig oppholdstid i anlegget før nytt vann kommer inn, og slik at vanntransporten på tvers av anlegget maksimeres. Dette er spesielt viktig i den varme årstiden med høy temperatur i vannet, mye fisk og intensiv føring og drift av anlegget.
- Bunntopografien under anlegget og i området bør også vurderes, da ujevnheter kan påvirke strømmens styrke og dreining.
- Anleggets driftsstatus må også vurderes der selve anlegget kan forstyrre målinger på overflatestrømmen. Utestående nøter og fiskebiomasse kan frembringe en skyggeeffekt og muligens redusere strømmen i noen retninger på målinger på både 5m og 15m.

For strømmåling på 5m og 15m er plasseringen på lokaliteten som sannsynligvis oppgir høyeste strømhastighet, oftest rett utenfor anlegget og på enden lengst unna land. Målinger som foretas her gir grunnlag for å estimere den sterkeste strømmen anlegget kan bli utsatt for med tanke på dimensjonering, og for å vurdere om det er tilstrekkelig oksygentilførsel til fisk i anlegget under drift.

For å måle strøm på sprednings- og bunndyp er foretrukket plassering i anleggets senter, fordi her kan en måle den mest representative strømstyrken i anlegget i forhold til spredning av organisk materiale.

Valg av måledyp

Overflatestrømmen måles på 5m. Det tas ikke på 1m på grunn av støy fra bølger på 1m.

Vannutskiftningsstrøm måles på 15m.

Spredningsstrøm

- Spredningsstrøm måles midt mellom merdbunn og sjøbunn, men ikke dypere enn 50m fra merdbunn.

Valg av måleperiode

Siden tidevannskomponentene M2 og S2 «pulserer» sammen hver 14.77d, som er tidevannssyklus for spring / nipp, er anbefalt minimum for måleperioden 30 dager.

8. Vedlegg - Databearbeiding og kvalitetssikring

Før utsett ble fysisk status kontrollert. Kontrollsjekk inkluderer: batteristatus, instrumentinnstilling, minnestatus og anoder.

Åkerblå benytter et skjema som følger hver måler for teknisk dokumentasjon.

Ved utsett av instrumenter benyttes eget riggskjema som inkluderer (etter NS 9425:1999): lokalitetsnavn, riggoppsett, posisjon, måledyp, kontaktperson og oppdragsgiver, tidspunkt for utsett og opptak, og et kommentarfelt for eventuelle observasjoner ved utsett og opptak.

Ved opptak blir måleinstrumentene undersøkt for begroing, annet som kan ha påvirket målingene, og fysisk skade. Det kommenteres på riggskjema og i rapporten, og mulig påvirkning for resultatet blir vurdert. Verdier som er benyttet i rapporten er troverdige og uten behov for støyfiltrering eller annen korreksjon.

Rådata er kvalitetssikret gjennom interne prosedyrer utviklet av Åkerblå og instrumentenes produsent etter bestemte kriterier. Dersom disse kriteriene ikke blir møtt er data kritisk vurdert. Enkeltstående datapunkter blir også vurdert og data fjernes om nødvendig.

Rådata ligger på Åkerblås server. Hvis justering, endring eller fjerning av data er nødvendig er rådata da lagret som kvalitetskontrollert data på server hos Åkerblå.

8.1 Databearbeiding

Riggtilstand etter måling

Det var ingen begroing eller skade på instrumentene, og ingen data ble vurdert som feil eller usikre på grunn av dette. Datakvaliteten anses å være god.

Tabell 8.1. Opplysninger om strømmålinger og databearbeiding per instrument.

Måledyp	5m	15m	Spredning
Filnavn for rådata	Fætten 5m LM0718 AP5150.bin	Fætten 15m LM0718 AP5148.bin	Fætten spred LM0418 AP5150.bin
Rådata først vurdert i	Aanderaa Data Studio	Aanderaa Data Studio	Aanderaa Data Studio
Filnavn for eksportert data	Fætten 5m LM0718 AP5150_eks_KT.csv	Fætten 15m LM0718 AP5148_eks_KT.csv	Fætten spredning LM0418 AP5150_eks_KT.csv
Filnavn for kvalitetssikret data	Fætten-5m_QC.xlsx	Fætten-15m_QC.xlsx	Fætten- spredning_QC.xlsx
Data return (%)	100.00	100.00	100.00
Antall målinger	6204	6204	6050
Antall fjernede målinger	0	0	0
Eksterne forhold som kan ha påvirket målingene	Ingen.	Ingen.	Ingen.
Dato og tid for første og siste benyttede strømmåling	28.05.18 07:00 - 10.07.18 08:50	28.05.18 07:00 - 10.07.18 08:50	20.02.18 09:00 - 03.04.18 09:10
Dato og tid for start og slutt av instrument	23.05.18 08:10 - 14.07.18 22:00	23.05.18 08:20 - 13.07.18 23:20	15.02.18 10:20 - 06.04.18 05:10

8.2 Kvalitetssikring av data

Data er kvalitetssikret etter bestemte kriterier (Tabell 8.2.1). Dersom disse kriteriene ikke blir møtt er data kritisk vurdert. Dette inkluderer vurdering av interne 'flags'. Uteliggere er også vurdert og data fjernet om nødvendig. Grenseverdier (thresholds) og rekkeviddene er oppgitt i tabellene under.

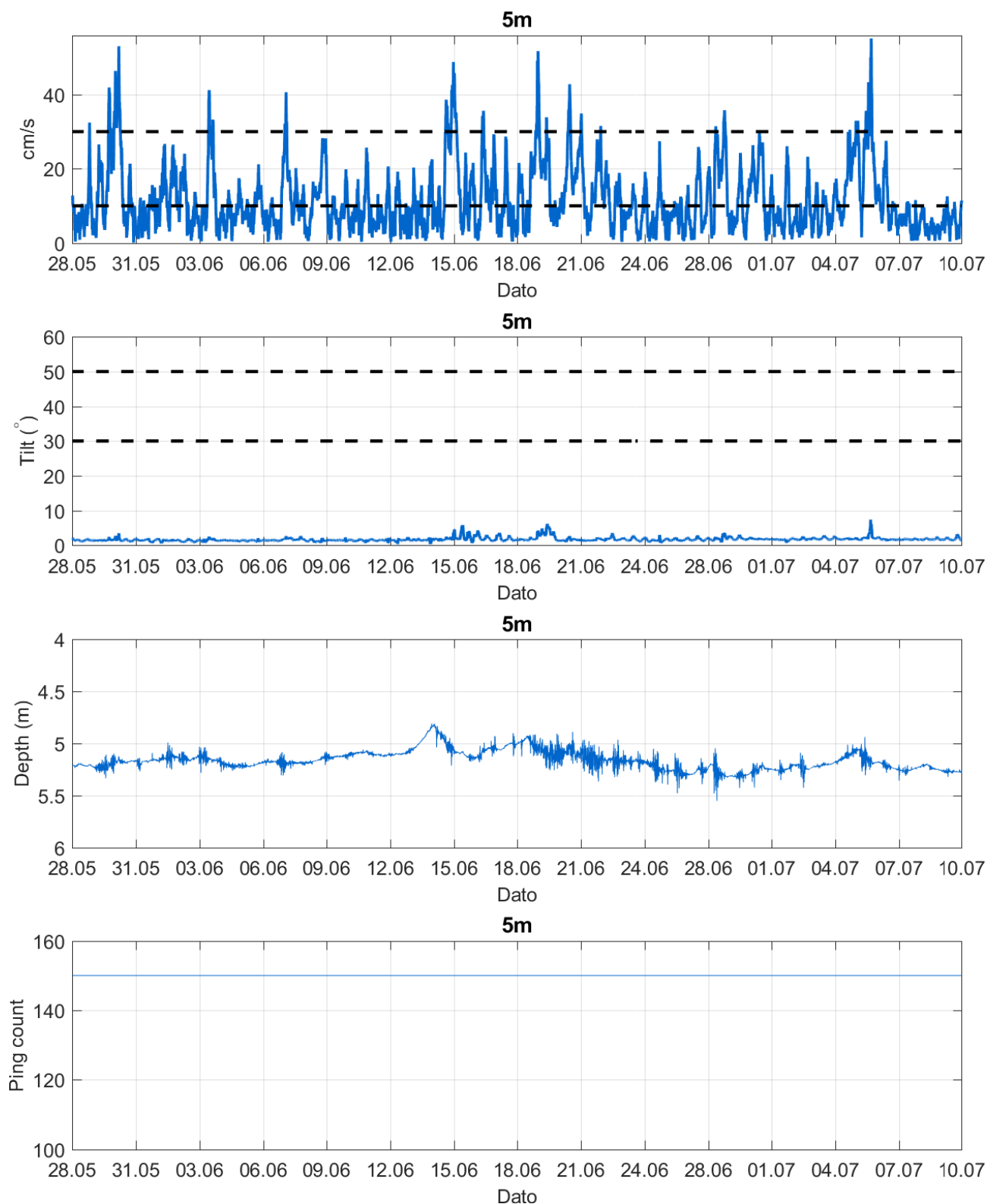
Tabell 8.2.1. Kriteriene som er brukt for å kvalitetssikre data.

Parameter	QC
Temperatur	Manuell sjekk av data for stabil temp ($\Delta < 1\text{deg}$)
Tilt grense	$< 50^\circ$ (Figur 8.2.1) – Aanderaa punktmåler $< 20 - 30^\circ$ (Figur 8.2.1) – Nortek profiler & punktmåler og AWAC
Ping count	150 (Figur 8.2.1) – Aanderaa punktmåler
Trykk	Stabil (tidevanns mønster) (Figur 8.2.1) – Nortek profiler og AWAC
Strømhastighet	Stabil (ingen store endringer fra en måling til neste måling, Tabell 8.2.2). Lav og sterk strøm vurderes etter forskjellige 'kriterier' i forhold til endringer mellom målinger.
Retning	Stabil (ingen store endringer fra en måling til neste måling). Lav og sterk strøm vurderes etter forskjellige 'kriterier' i forhold til endringer mellom målinger.

Tabell 8.2.2. IOC teoretiske forskjeller i strømhastighet fra en måling til det neste.

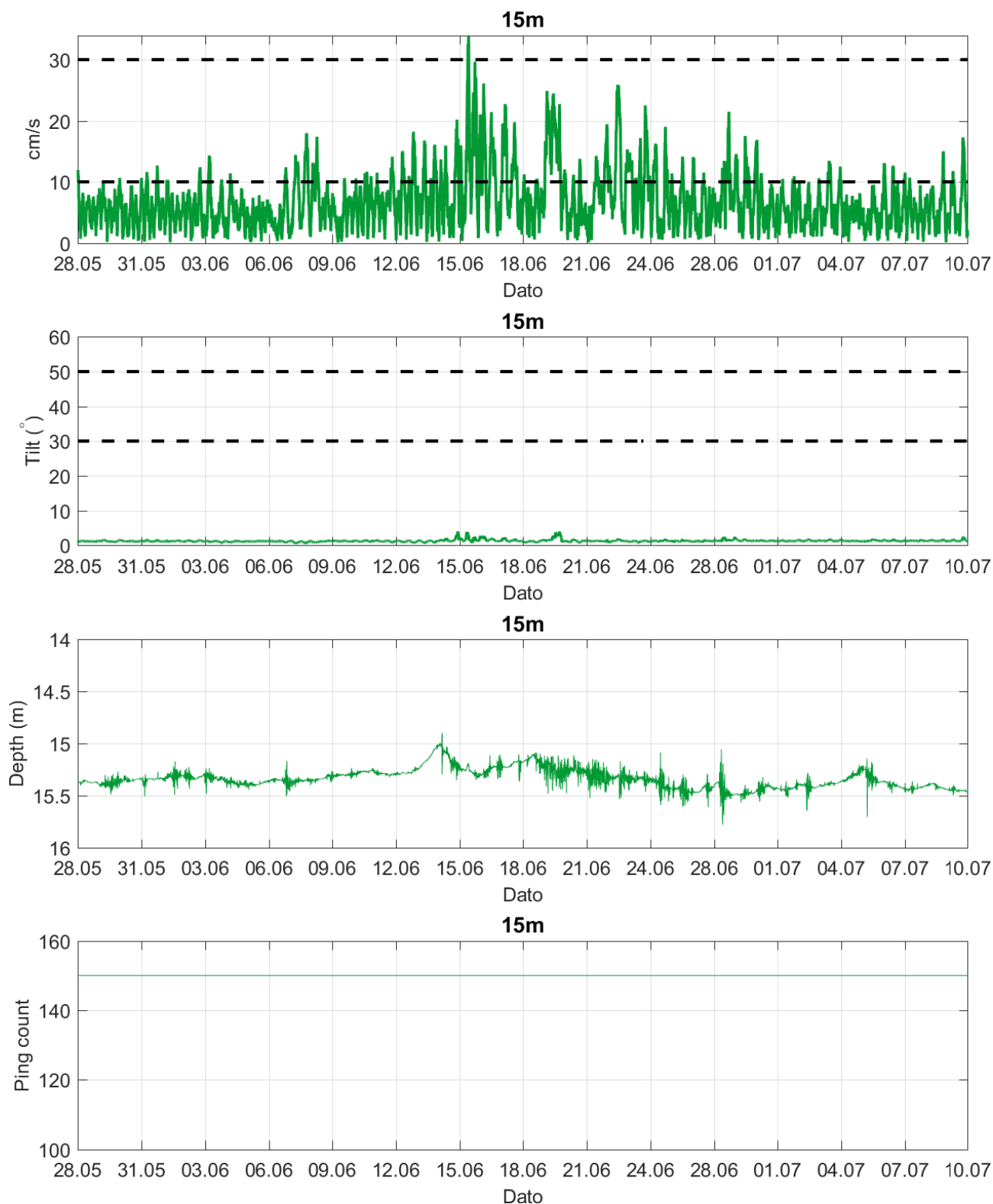
Δt (min)	Teoretisk	Faktor	Godkjent
	$u_1 - u_2$ (m/s)		$u_1 - u_2$ (m/s)
5	0.0422 u	2.0	0.08
10	0.0843 u	1.8	0.15
15	0.1264 u	1.6	0.20
20	0.1685 u	1.5	0.25
30	0.2523 u	1.4	0.35
60	0.5001 u	1.2	0.60

For å tillate noe naturlig variabilitet i strømhastighet og -retning (inkludert usymmetriske hastighetskurver for tidevannsstrøm) har disse forskjellene blitt hevet med de oppgitte faktorene, mens u er satt til 1 m/s, ettersom variabilitet øker med avtagende strøm (u).



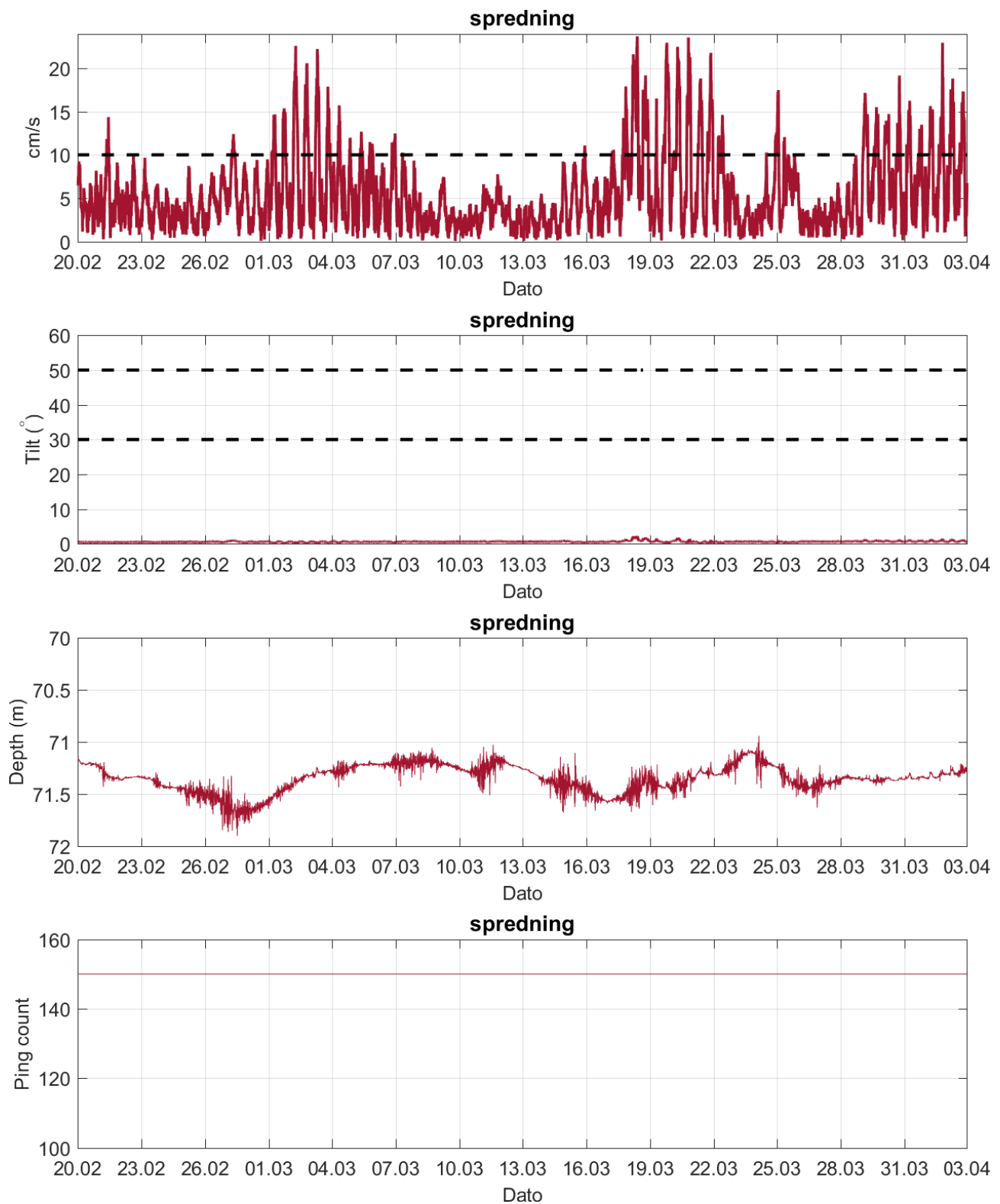
Figur 8.2.1. Tidsdiagram – kriteriene brukt for å kvalitetssikre data, 5m.

Instrumentdypet varierte mellom 4.8m og 5.6m i løpet av måleperioden. Snittdypet til instrumentet var på 5.2m dyp.



Figur 8.2.1 forts. Tidsdiagram – kriteriene brukt for å kvalitetssikre data, 15m.

Instrumentdypet varierte mellom 14.9m og 15.8m i løpet av måleperioden. Snittedypet til instrumentet var på 15.3m dyp.



Figur 8.2.1 forts. Tidsdiagram – kriteriene brukt for å kvalitetssikre data, spredning.

Instrumentdypet varierte mellom 70.9m og 71.9m i løpet av måleperioden. Snittedypet til instrumentet var på 71.3m dyp.

8.3 Fjernede dataverdier

8.3.1 Måleperiode

Data er fjernet utenfor måleperioden for å bruke overlappende periode mellom de forskjellige dyp under samme måleperiode.

8.3.2 Enkelte datapunkter

Ingen andre datapunkter er fjernet.

9. Vedlegg - Strømmens tilstandsklasser

Tilstandsklasser for strømparametere er oppgitt i Tabell 9.1. Verdier er tatt fra Åkerblås innsamlede data ved bruk av Aanderaa punktmålere (Åkerblå, 2015).

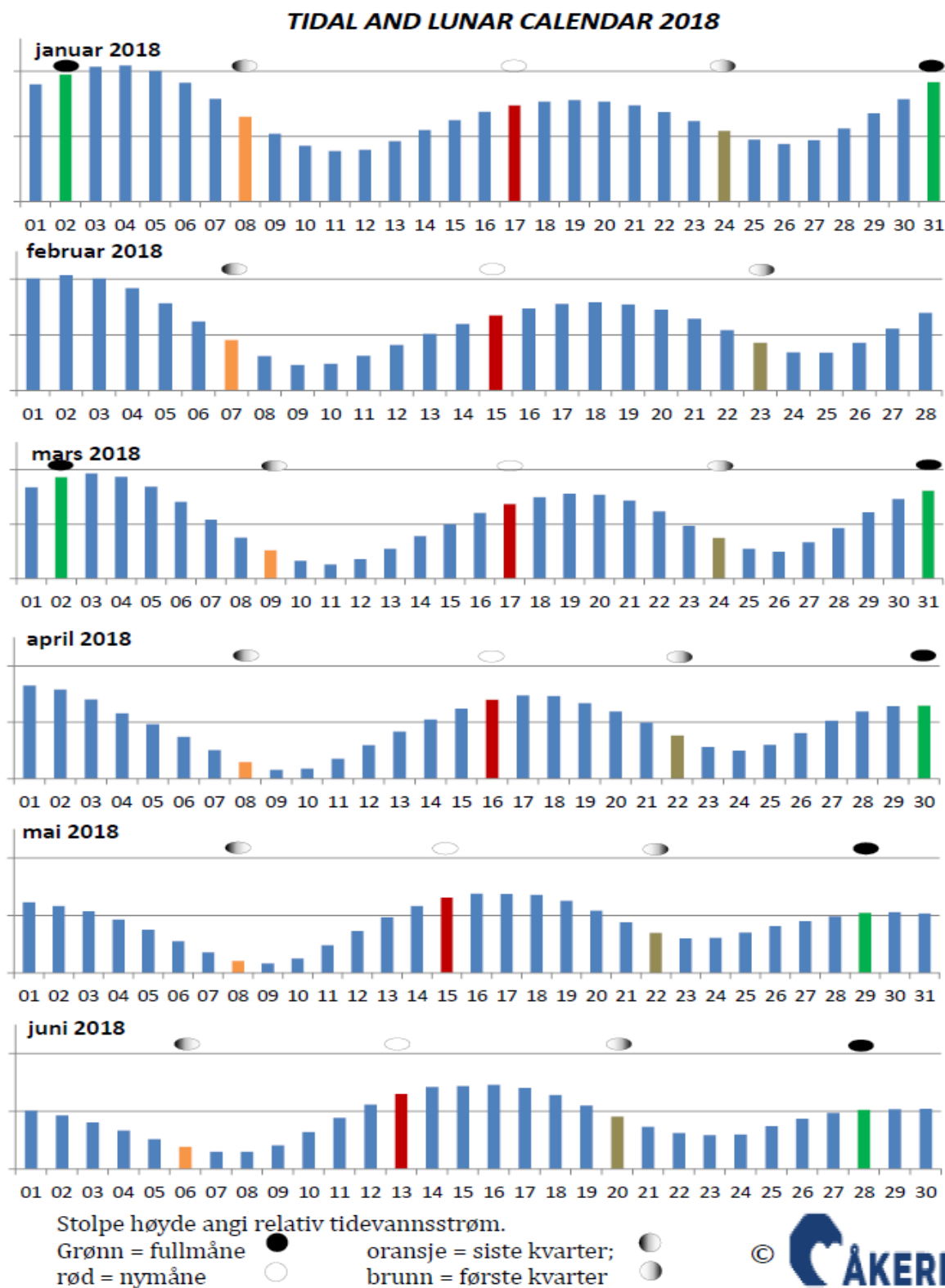
Tabell 9.1. Tilstandsklasser for vurdering av strømdata.

Tilstandsklasse	Dyp (m)	1	2	3	4	5
Maksimal strømhastighet (cm/s)						
		svært sterk	sterk	middels sterk	svak	svært svak
Overflatestrøm	5	≥ 55	$\geq 40 - < 55$	$\geq 26 - < 40$	$\geq 15 - < 26$	< 15
Vannutskiftingsstrøm	15	≥ 45	$\geq 30 - < 45$	$\geq 20 - < 30$	$\geq 10 - < 20$	< 10
Spredningsstrøm		≥ 35	$\geq 25 - < 35$	$\geq 15 - < 25$	$\geq 10 - < 15$	< 10
Bunnstrøm		≥ 35	$\geq 25 - < 35$	$\geq 15 - < 25$	$\geq 10 - < 15$	< 10
Gjennomsnitt strømhastighet (cm/s)						
		svært sterk	sterk	middels sterk	svak	svært svak
Overflatestrøm	5	≥ 10	$\geq 7 - < 10$	$\geq 6 - < 7$	$\geq 3 - < 6$	< 3
Vannutskiftingsstrøm	15	≥ 9	$\geq 6 - < 9$	$\geq 5 - < 6$	$\geq 2 - < 5$	< 2
Spredningsstrøm		≥ 8.5	$\geq 5 - < 8.5$	$\geq 4 - < 5$	$\geq 2 - < 4$	< 2
Bunnstrøm		≥ 7.5	$\geq 5 - < 7.5$	$\geq 4 - < 5$	$\geq 2 - < 4$	< 2
Signifikant maksimal strømhastighet (cm/s)						
		svært sterk	sterk	middels sterk	svak	svært svak
Overflatestrøm	5	≥ 25	$\geq 17 - < 25$	$\geq 11 - < 17$	$\geq 5 - < 11$	< 5
Vannutskiftingsstrøm	15	≥ 23	$\geq 15 - < 23$	$\geq 8 - < 15$	$\geq 4 - < 8$	< 4
Spredningsstrøm		≥ 20	$\geq 14 - < 20$	$\geq 7 - < 14$	$\geq 4 - < 7$	< 4
Bunnstrøm		≥ 16	$\geq 11 - < 16$	$\geq 6.5 - < 11$	$\geq 3 - < 6.5$	< 3
Signifikant minimal strømhastighet (cm/s)						
		svært sterk	sterk	middels sterk	svak	svært svak
Overflatestrøm	5	≥ 6	$\geq 4 - < 6$	$\geq 2.5 - < 4$	$\geq 1.5 - < 2.5$	< 1.5
Vannutskiftingsstrøm	15	≥ 5	$\geq 3.5 - < 5$	$\geq 2.3 - < 3.5$	$\geq 1.5 - < 2.3$	< 1.5
Spredningsstrøm		≥ 4	$\geq 3 - < 4$	$\geq 2 - < 3$	$\geq 1 - < 2$	< 1
Bunnstrøm		≥ 4	$\geq 3 - < 4$	$\geq 2 - < 3$	$\geq 1 - < 2$	< 1
Andel strømstille (%) < 1cm/s						
		svært lite	lite	middels	høy	svært høy
Overflatestrøm	5	< 1	$< 3 - \geq 1$	$< 5 - \geq 3$	$< 7 - \geq 5$	≥ 7
Vannutskiftingsstrøm	15	< 1	$< 5 - \geq 1$	$< 7 - \geq 5$	$< 10 - \geq 7$	≥ 10
Spredningsstrøm		< 3	$< 8.5 - \geq 3$	$< 15 - \geq 8.5$	$< 20 - \geq 15$	≥ 20
Bunnstrøm		< 3	$< 10 - \geq 3$	$< 20 - \geq 10$	$< 30 - \geq 20$	≥ 30
Andel strømstille (%) < 3cm/s						
		svært lite	lite	middels	høy	svært høy
Overflatestrøm	5	< 5	$< 10 - \geq 5$	$< 20 - \geq 10$	$< 30 - \geq 20$	≥ 30
Vannutskiftingsstrøm	15	< 5	$< 15 - \geq 5$	$< 25 - \geq 15$	$< 40 - \geq 25$	≥ 40
Spredningsstrøm		< 10	$< 20 - \geq 10$	$< 35 - \geq 20$	$< 50 - \geq 35$	≥ 50
Bunnstrøm		< 10	$< 20 - \geq 10$	$< 35 - \geq 20$	$< 60 - \geq 35$	≥ 60
Effektiv transport hastighet (cm/s)						
		svært sterk	sterk	middels sterk	svak	svært svak
Overflatestrøm	5	≥ 5	$\geq 2.5 - < 5$	$\geq 1.5 - < 2.5$	$\geq 0.3 - < 1.5$	< 0.3
Vannutskiftingsstrøm	15	≥ 3.5	$\geq 2 - < 3.5$	$\geq 1 - < 2$	$\geq 0.2 - < 1$	< 0.2
Spredningsstrøm		≥ 3	$\geq 1.8 - < 3$	$\geq 0.6 - < 1.8$	$\geq 0.1 - < 0.6$	< 0.1
Bunnstrøm		≥ 3	$\geq 1.8 - < 3$	$\geq 0.6 - < 1.8$	$\geq 0.1 - < 0.6$	< 0.1
Neumann parameter						
		svært stabil	stabil	middels stabil	lite stabil	svært lite stabil
Alle dyp (m)		> 0.6	0.4 - 0.6	0.2 - 0.4	0.1 - 0.2	< 0.1

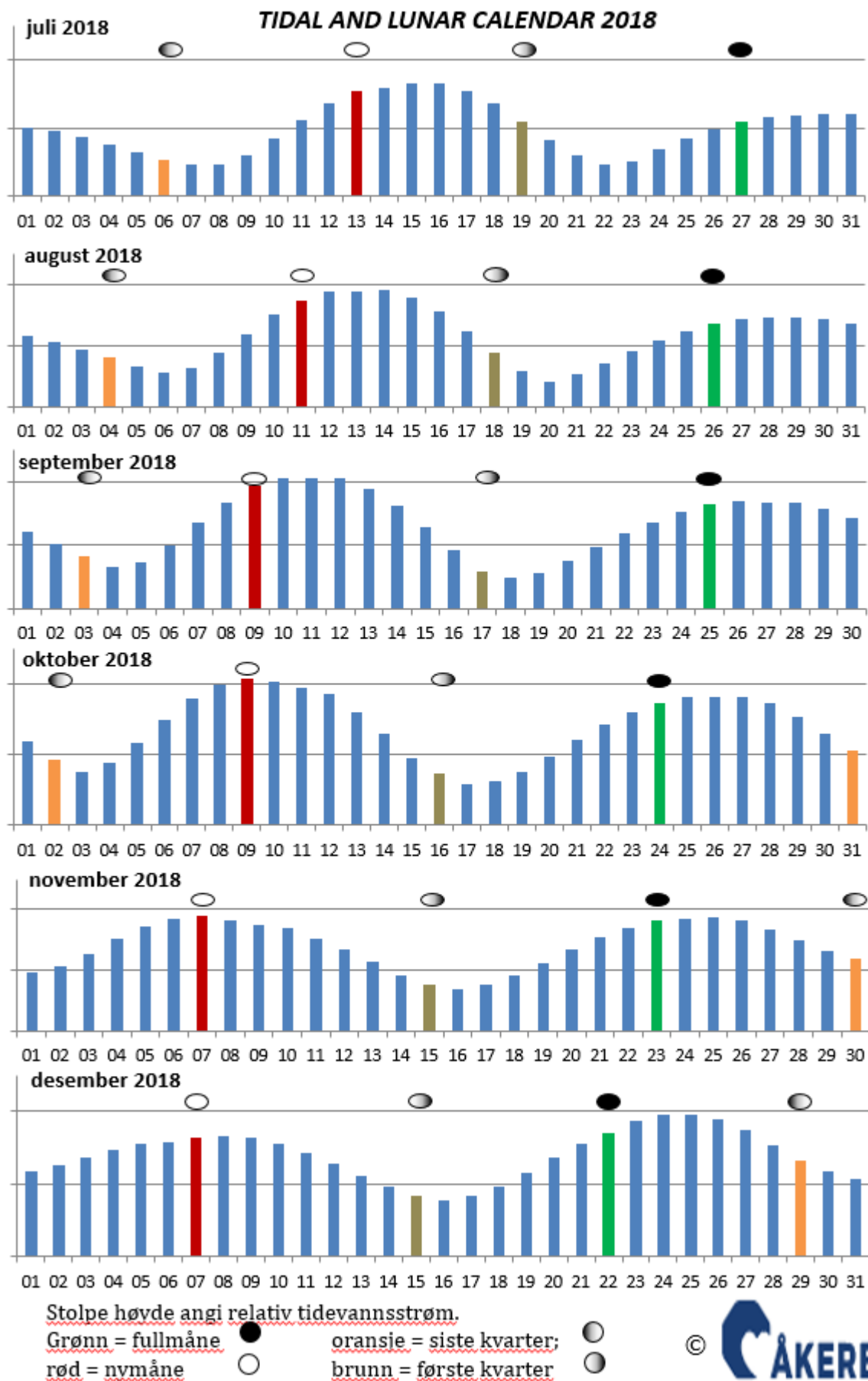
10. Vedlegg - Månedlige tidevannsvariasjoner under måleperioden

Strømmålinger er påvirket av blant annet tidevannsstrøm og kan bli påvirket av vind og vær. Månedlige tidevannsvariasjoner er vist i figur under.

Månedlige tidevannsvariasjoner:



Figur 10.1. Månedlige tidevannsvariasjoner. (Oransje – siste kvarter; rød – nymåne; brun – første kvarter; grønn - fullmåne).



Figur 10.2. Månedlige tidevannsvariasjoner.

11. Vedlegg - Måleenheter og forkortelser

Alle måleenheter brukt i rapporten er beskrevet i tabellen under.

Tabell 11.1. Måleenheter og forkortelser brukt i rapporten.

Symbol	Beskrivelse	Måleenhet
-	Dag og Tid	dd.mm.yy hh:mm (RTC*) dd.mm (RTC*) dd.mm.yyyy hh (RTC*)
-	Høyde / Dybde	Meter (m)
-	Avstand	Kilometer (km) Meter (m)
-	Posisjon / Koordinater	GGG.GGG (°) Kompass retning GGG (°) MM.MM (') Kompass retning
-	Strømretning (mot)	Grader (°)
-	Strømhastighet	Centimeter per sekund (cm/s)
-	Vindhastighet	Meter per sekund (m/s)
-	Vindretning (fra)	Grader (°)
-	Tidevannsnivå	Centimeter (cm)
-	Temperatur	Grader celsius (°C)
-	Tilt / Helling	Grader (°)
-	Ping Count	tall

*RTC = UTC 0 = GMT.

Lokal tid er derimot: RTC + 2 timer – sommer

RTC + 1 timer – vinter

* Eklime data er på GMT (kan også lastes ned på Norsk normal tid).

12. Vedlegg - Parametere og Beskrivelse

Tabell 12.1. Parametere brukt i rapporten og beskrivelse av disse.

Parameter	Beskrivelse
Sjøtemperatur (°C)	Temperatur i vannet målt ved måledyp
Strømhastighet	
Maksimum (cm/s)	Maksimal verdi av alle data
Gjennomsnitt (cm/s)	Matematisk gjennomsnittlig verdi av alle data
Minimum (cm/s)	Laveste verdi av alle data
Signifikant maks (cm/s)	Matematisk gjennomsnitt av høyeste 1/3 av data
Signifikant min (cm/s)	Matematisk gjennomsnitt av laveste 1/3 av data
Varians (cm/s) ²	Verdi som indikerer spredning av data rundt gjennomsnittsverdi. Dvs. om strøm varierte mye mellom suksessivt høye og lave verdier. En høy varians indikerer at datapunkter er meget spredt ut rundt gjennomsnittsverdi, mens en lav varians indikerer at datapunkter er veldig nær gjennomsnittsverdi og derfor hverandre. Varians = Gjennomsnittet av de kvadrerte forskjeller fra middelverdien.
Standard avvik (cm/s)	Verdi som indikerer spredning av data rundt gjennomsnittsverdi. Et høyt standard avvik indikerer stor spredning av data. Standard avvik = kvadratroten (varians)
% < x cm/s	Matematisk beregning av hvor ofte strømhastighet var < x cm/s
Lengst periode < x cm/s	Varighet lengste periode med strømhastighet < x cm/s
Effektiv transport	
Hastighet (cm/s)	Hvordan en partikkel i vannet, som er i strømmålerens posisjon ved målestart, driver med strømmen gjennom måleperioden. Bevegelse er en funksjon av strømhastighet og retning. Effektiv hastighet er beregnet som retlinjet avstand fra start til slutt punkt delt med total tid for måleperioden.
Retning grader (deg)	Når måleperioden er slutt, er vinkelen til vektoren ut fra origo, som er strømmålerens posisjon, resultatretning eller effektiv transport retning.
Neumann parameter	Sier noe om stabiliteten til strømmen i vektorretningen. Stabil strøm (høy Neumann parameter) betyr at vannet strømmer i 'en' retning og beveger seg bort fra startpunktet hele tiden. Ustabil strøm (lav Neumann parameter) betyr at vannet strømmer i mange retninger og er ikke stabil i en retning og kanskje bare flytter seg fram og tilbake til startpunktet. For eksempel en Neumann parameter på 0.7 sier at strømmen i løpet av måleperioden strømmer med 70% stabilitet i vektorretning. Det er klassifisert som svært stabil strøm.
Vannforflytning (m ³ /m ² /d)	Hvor mye vann som strømmer gjennom ei rute på 1 m ² i løpet av et døgn. Gjennomsnittlig total vannutskifting per døgn – alle retninger.

13. Vedlegg - Referanser

1. Aarsnes, J.V.G, Løland og H. Rudi (1990). Forces on cage net deflection. Manuscript, International Conference for Engineering and Offshore Fish Farming, Glasgow, UK, 17-18 Oct. 1990.
2. Aure, J. (1983). Akvakultur i Troms, kartlegging av høvelige lokaliteter for Fiskeoppdrett. Fisken og Havet 1983, nr. 1, 92s.
3. Brukerveiledning. Aanderaa Blue punktmåler.
4. Emery, R., & Thomson, W. J. (2001). *Data Analysis Methods in Physical Oceanography*. Elsevier Science.
5. Fiskeridirektoratet (2012). Veileder for utfylling av søknadsskjema for tillatelse til akvakultur i flytende eller landbasert anlegg.
Available:
<http://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Registre-og-skjema/Skjema-akvakultur/Akvakultursoeknad>
6. Havforskningsinstituttet (2008). AkvaVis – dynamisk GIS-verktøy for lokalisering av oppdrettsanlegg for nye oppdrettsarter. Miljøkrav for nye oppdrettsarter og laks. Fisken og havet nr. 10/2008.
Available:
http://www.imr.no/filarkiv/2009/06/FH_2008_10_web.pdf/nb-no
7. IOC (1993). Manual of Quality Control Procedures for validation of Oceanographic Data.
Available:
http://www.iode.org/components/com_oe/oe.php?task=download&id=20423&version=1st%20edition&lang=1&format=1
8. Mattilsynet (2014). Statens tilsyn for planter, fisk, dyr og næringsmidler. Etableringsøknader – saksbehandling i tilsynet. Retningslinje til behandling av søknader etter forskrift 17. juni 2008 nr. 823 om etablering og utvidelse av akvakulturanlegg, zoobutikker m.m. 36s.
9. Norwegian Meteorological Institute. www.eklima.no
10. NS 9415:2009. Flytende oppdrettsanlegg. Krav til lokalitetsundersøkelse, risikoanalyse, utforming, dimensjonering, utførelse, montering og drift. Norsk Standard 2009: 101s.
11. NS 9425-1:1999. Oseanografi – Del 1: Strømmålinger i faste punkter. Norsk Standard 1999. 6s.
12. Nygaard og Golmen (1997). Strømforhold på oppdrettslokaliteter i relasjon til topografi og miljø. Rapport LNR 3709-97. NIVA-prosjekt E-94409 og O-95250. 58s.
13. Pawlowicz, R., Beardsley, B. Og S. Lentz (2002). Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T_TIDE. Computers & Geosciences, 28, 929-937.

14. Sætre, R. (1975). Lokalisering og miljø ved noen oppdrettsanlegg for laksefisk i Vest-Norge. Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt, Serie B 1975 Nr. 4.
15. Wilson, D og E. Siegel (2008). Evaluation of Current and Wave Measurements from a Coastal Buoy. DOI: 10.1109/OCEANS.2008.5152108 Conference: OCEANS 2008 Source: IEEE Xplore.
16. Åkerblå (2015). Strømklassifisering. Åkerblå AS-rappport: Strøm- Klassifisering- AanderaaPunktMåler-Okt2015, 2 sider.