

Lokalitetsrapport

etter NS 9415:2021

Lokalitet: Leite

Lokalitet nr.: 12870

Oppdragsgiver: MOWI Seawater AS

Rapport														
Rapportnavn		LR-MS-Leite-110206776-6005-001.pdf												
Rapportversjon		Dato				Beskrivelse								
001		10.03.2023				Første utgivelse. Lokalitetsrapport for Leite								
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		Leite				Lokalitetsnummer				12870				
Kommune		Averøy				Fylke				Møre og Romsdal				
GPS-koordinater for Anleggets midtpunkt Flåte		63°02.146' N; 007°40.644' Ø 63°02.175' N; 007°40.451' Ø												
Oppdragsgiver														
Selskap		MOWI Seawater AS, Sandviksbodene 77, 5035 BERGEN, NORGE												
Kontakt person		Ingvill Tuhus Lunde				ingvilltuhus.lunde@mowi.com								
Oppdragsansvarlig														
Selskap		Åkerblå AS; Nordfrøyveien 413, 7260 SISTRANDA, NORGE Organisasjon nr. 963 554 052												
Rapportansvarlig		Øystein Breiteig				oystein.breiteig@akerbla.no								
Kontrollert av		Tore Magnus Arnesen Taklo				tore.taklo@akerbla.no								
Resultat: nøkkeltall														
	Maks 50-års strøm (cm/s)			86cm/s (S) - 5m 75cm/s (S) - 15m				Maks 50-års bølger anlegg (Hs og Tp)			Hs: 1.7m, Tp: 4.7s			
	10 år							50 år						
	Vind (fra)	Strøm (mot)		Bølger (fra)		Bølger (fra)		Vind (fra)	Strøm (mot)		Bølger (fra)		Bølger (fra)	
				Anlegg		Flåte					Anlegg		Flåte	
	Vs	5m	15m	Hs	Tp	Hs	Tp	Vs	5m	15m	Hs	Tp	Hs	Tp
	m/s	cm/s	cm/s	m	s	m	s	m/s	cm/s	cm/s	m	s	m	s
N	25	61	55	1.5	4.7	1.1	3.8	28	69	62	1.7	4.7	1.2	4.1
NØ	25	45	41	1.3	4.1	1.1	4.1	28	50	46	1.4	4.4	1.2	4.1
Ø	19	25	28	0.9	3.5	0.9	3.3	21	28	32	1.0	3.5	1.0	3.5
SØ	19	51	37	1.3	4.1	1.2	4.1	21	58	42	1.5	4.1	1.4	4.1
S	28	77	67	0.9	3.5	0.8	3.2	32	86	75	1.0	3.6	0.9	3.6
SV	32	53	53	0.6	2.2	0.4	2.0	35	59	60	0.7	2.4	0.5	2.2
V	32	40	33	0.5	1.9	0.3	1.4	35	45	37	0.7	2.0	0.4	1.5
NV	25	66	47	1.0	3.8	0.6	2.8	28	74	53	1.2	4.0	0.7	3.0
Maksimal 50-års akkumulert is er 20.7cm/72t, 15.6cm/48t, 9.8cm/24t og 6.0cm/12t.														

Måleenheter og Forkortelser

Alle måleenheter brukt i rapporten er beskrevet i Tabell 1.

Tabell 1. Måleenheter og forkortelser brukt i rapporten.

Symbol	Beskrivelse	Måleenhet
-	Dag og Tid	dd.mm.yy hh:mm (RTC*) dd.mm (RTC*)
-	Høyde / Dybde	Meter (m)
-	Avstand	Kilometer (km) Meter (m)
-	Posisjon / Koordinater	GGG.GGG (°) Kompassretning GGG (°) MM.MM (') Kompassretning
-	Datum	WGS84
Retn.	Retning	Grader (°)
-	Strømretning (mot)	Grader (°)
-	Strømhastighet	Centimeter per sekund (cm/s)
-	10- og 50-års Returperiode for strøm	Centimeter per sekund (cm/s)
U	Øst-Vest Strømhastighetskomponent	Centimeter per sekund (cm/s)
V	Nord-Sør Strømhastighetskomponent	Centimeter per sekund (cm/s)
Hs	Signifikant Bølgehøyde. Gjennomsnitt av høyeste tredjedel av bølgene i en tidsserie	Meter (m)
Tp	Bølger Topperiode. Bølgeperioden med høyeste energi.	Sekund (s)
-	Bølgeretning (fra)	Grader (°)
-	Bølgespredning	Grader (°)
-	Tidevannsnivå	Centimeter (cm)
-	Vindhastighet	Meter per sekund (m/s)
-	Vindretning (fra)	Grader (°)
V _{ref}	Referansevindhastighet (fra)	Meter per sekund (m/s)
V _s	Stedsvindhastighet (fra)	Meter per sekund (m/s)
V _{st}	Strøkvindhastighet (fra)	Meter per sekund (m/s)
-	Temperatur	Grader celsius (°C)
-	Ising	Millimeter per time (mm/t)
PPR / Class	Ising	Centimeter per time (cm/t)

*RTC = Coordinated Universal Time (UTC 0).

Lokal tid er derimot: RTC + 2 timer – sommer

RTC + 1 timer – vinter

Både strømdata og Eklime vinddata er basert på UTC 0.

*LST - Lokal tid.

Sammendrag

Åkerblå AS har på oppdrag fra MOWI Seawater AS utført en lokalitetsrapport ved oppdrettslokalitet Leite. NYTEK forskriften har som mål å begrense rømming av fisk fra oppdrettsanlegg. NS 9415:2021 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.

Denne rapporten omfatter:

• Topografi	○ Kartlegging av bunnareal og bunntype
• Vind	○ Vindhastighet med 10-års og 50-års returperiode for åtte retninger ○ Vind fra nærmeste værstasjon; under måleperioden og sesongmønster
• Strøm	○ Strømhastighet og -retning på 5m og 15m dyp ○ Beregning av 10-års og 50-års returperiode
• Bølger	○ Maksimal opptredende signifikant bølgehøyde med tilhørende toppperiode samt 10-års og 50-års returperiode i åtte retninger ○ Vindgenererte bølger, havbølger og kombinertbølger
• Ising	○ Fare for nedising, sjøsprøytising, drivis og innfrysing

Hovedresultater er:

• Strøm	○ Maksimal 50-års strømhastighet på 5m er 86cm/s mot S. ○ Maksimal 50-års strømhastighet på 15m er 75cm/s mot S. ○ Hovedstrømretninger på 5m er mot NV/N – S og mot N – S på 15m dyp. ○ Strøm er vurdert å være i konstant bevegelse og der det ikke er lange perioder med strømstille. ○ Strøm er påvirket av tidevann, vind og variasjoner i kyststrømmen, ○ Strøm er ikke påvirket av ferskvannsavrenning, vårflom, oppstuvning eller utbrudd av kyststrømmen fra Skagerrak.
• Bølger	○ Høyeste 50-års Hs er på 1.7m fra N på anlegget. ○ Høyeste 50-års Hs er på 1.2m fra N og NØ på flåte. ○ Laveste 50-års Hs er på 0.7m fra SV og V på anlegget og 0.4m fra V på flåten. ○ Bølgehøyden er vurdert å bli påvirket av havbølger, skipsgenererte bølger, bølgetog og bølge-strøm interaksjon. ○ Bølgehøyden er vurdert å ikke bli påvirket av bølgerrefleksjon.
• Ising	○ Innfrysing kan teoretisk sett oppstå under kalde og vindstille værforhold, men faren er vurdert som liten. ○ Akkumulert is pga. sjøsprøyt, etter Guest et al. (2005), kan bli opptil treg / liten og kan oppstå ved kald landvind (fralandsvind). Basert på alle datapunkt med temperatur < 0°C kan isakkumulering, etter Mertins (1968), gå fra null til moderat ising. ○ Maksimal 50-års akkumulert is er 20.7cm/72t, 15.6cm/48t, 9.8cm/24t og 6.0cm/12t basert på ekstremverdianalyse av årlige maksimum av akkumulert is. ○ Fare for drivis er liten.

Innholdsfortegnelse

1. Bakgrunn	7
2. Områdebeskrivelse.....	7
3. Anleggsplassering og ankerfeste	8
4. Bunnforhold	9
4.1 Bunntopografi.....	9
4.2 Sedimenttype	11
5. Strøm.....	12
5.1 Metodikk for strømmåling.....	12
5.2 Resultater.....	14
5.3 Strøm 10- og 50 års returperiode.....	16
5.3.1 Maks strømhastighet, 10- og 50-årsstrøm for 24 retningssektorer	16
5.3.2 Maks strømhastighet, 10- og 50-årsstrøm for 8 retningssektorer.....	18
5.4 Strømkomponenter	19
5.4.1 Tidevannsstrøm.....	19
5.4.2 Vindgenerert strøm.....	20
5.4.3 Oppstuvning.....	28
5.4.4 Utbrudd fra kyststrømmen	28
5.4.5 Vårflom / ismelting.....	28
5.5 Diskusjon.....	31
5.6 Konklusjon.....	31
6. Bølger.....	32
6.1 Vindbølger	35
6.2 Havbølger.....	37
6.3 Kombinertbølger.....	38
6.4 Høyeste bølge og bølgespekter	39
6.5 Bølgekomponenter	42
6.6 Bekreftelse av bølgeberegninger	44
6.7 Diskusjon.....	45
6.8 Konklusjon.....	45
7. Konklusjonstabell for vind, strøm og bølger	46
8. Tidevannsnivå	48
9. Is.....	49
9.1 Innfrysing.....	49
9.2 Nedising.....	49
9.2.1 Beregning av akkumulering av is	49
9.2.2 Akkumulering av is med returperiode på 50år	53

9.3	Drivis.....	53
9.4	Konklusjon.....	54
10.	Referanser.....	55
11.	Vedlegg.....	57
11.1	Kart.....	57
11.2	Bunnforhold.....	57
11.2.1	Bunntopografi	57
11.2.2	Sedimenttype.....	57
11.3	Strøm	58
11.3.1	Informasjon om strømmålingen	58
11.3.2	Strømmåling riggoppsett.....	60
11.3.3	Strøm- og tidevannsanalyse	62
11.3.4	Fysikkdiagram av vind og strøm	65
11.4	Bølger	71
11.4.1	Vinddata.....	71
11.4.2	Bølgemodellering.....	72
11.4.3	Verifisering.....	73
11.5	Tidevannsnivå.....	73
11.6	Is	74
11.6.1	Ekstremverdianalyse av akkumulert is	77
11.7	Tidevannsvariasjon under måleperiodene.....	78
11.8	Dataredigering, datakvalitet og kvalitetskontroll.....	82
11.8.1	Bunnkartlegging og anleggstegning.....	82
11.8.2	Strøm.....	82
11.8.3	Bølger.....	83
11.8.4	Is.....	84
11.8.5	Kvalitetskontroll.....	84
11.8.6	Habilitetsvurdering.....	84

1. Bakgrunn

NYTEK-forskriften krever at alle akvakulturanlegg skal ha en lokalitetsrapport. Rapporten skal danne grunnlag for beregning av miljølasten på et anlegg. Denne rapporten er en lokalitetsrapport i henhold til NS 9415:2021.

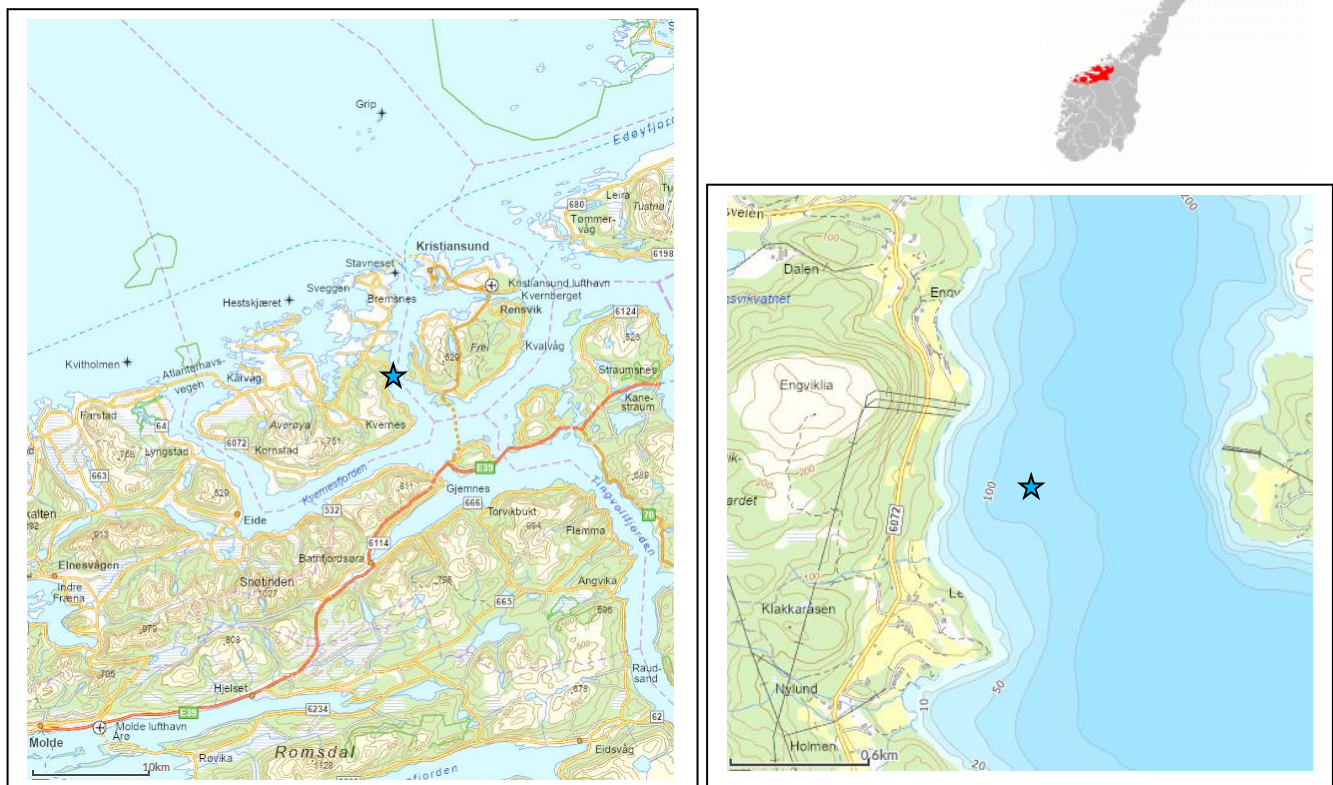
2. Områdebeskrivelse

Anlegget befinner seg i Kvernesfjorden i Averøy kommune, Møre og Romsdal. Lokaliteten Leite er plassert på vestsiden av Kvernesfjorden, mellom øyene Averøy og Frei. Fjorden er orientert N – S i området rundt lokaliteten.

Lokaliteten er eksponert mot Bremsnesfjorden og åpent hav i nord. Sørøst/sør for lokaliteten møtes Kvernesfjorden og Freifjorden og Gjemnessundet. Bunntopografi er ca. 32 – 158m dyp under anleggets ramme og orientert N – S. Det er ca. 245m dyp midt i Kvernesfjorden nordøst/øst for anlegget.

På grunn av omkringliggende topografi er området relativt eksponert for vind fra N og SØ.

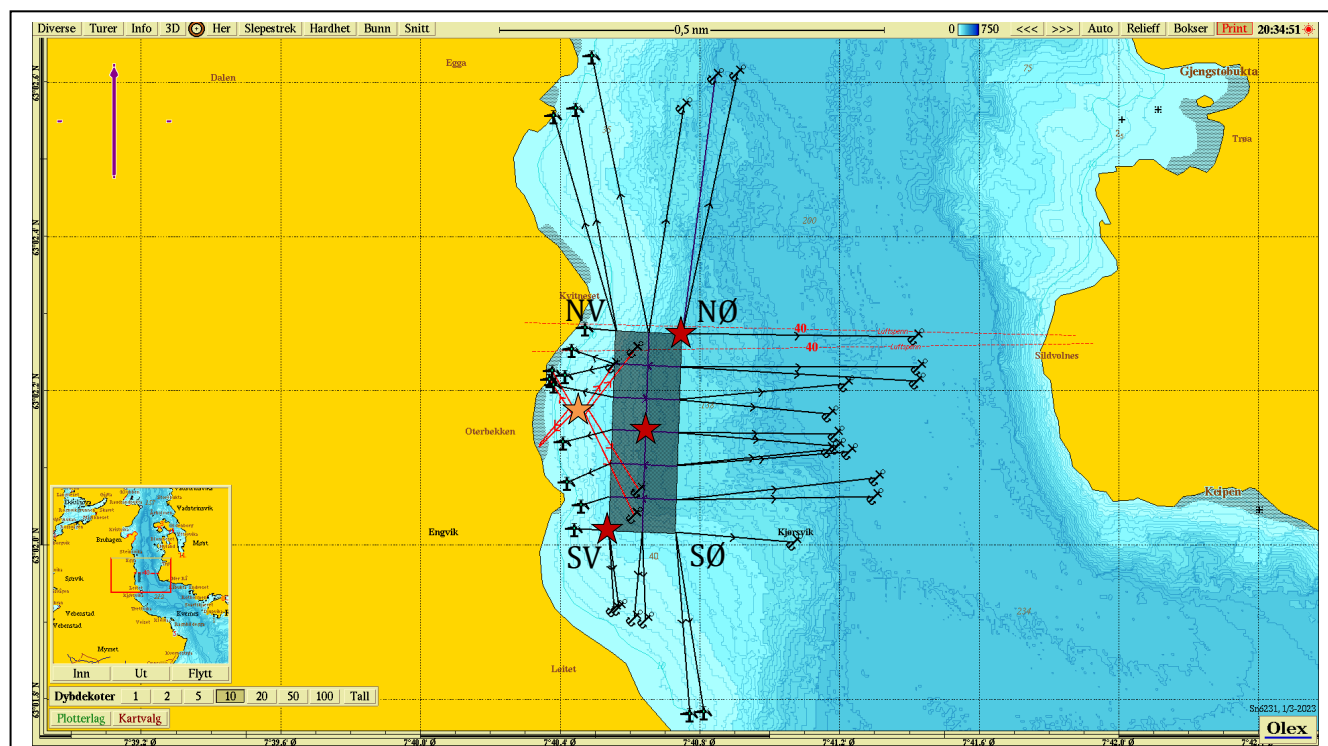
Kart over området er hentet fra Fiskeridirektoratets kartverktøy.



Figur 2.1. Oversiktskart over området rundt lokaliteten. Lokalitet er anvist med blå stjerne. Kartdatum: WGS84.

3. Anleggsplassing og ankerfeste

Fortøyning av anlegget og bunntopografi er vist i Figur 3.1. Ankerfeste er plassert for å få best mulig feste. Anleggets hjørneposisjoner oppgitt i Tabell 3.1.



Figur 3.1. Fortøyning av anlegget og bunntopografi. Målestokken er vist på kartet. Kartet er hentet fra Olex. Kartdatum: WGS84.

Anlegget består av 6 x 2 bur med størrelse på 80 x 80m.

Punkt for bølgeberegningen på flåte er anvist med oransje stjerne.

Flere punkter på anlegget ble brukt for bølgeberegningen (anvist med røde stjerner i Figur 3.1). Den høyeste bølgen per retningssektor er brukt for dimensjonerende bølger.

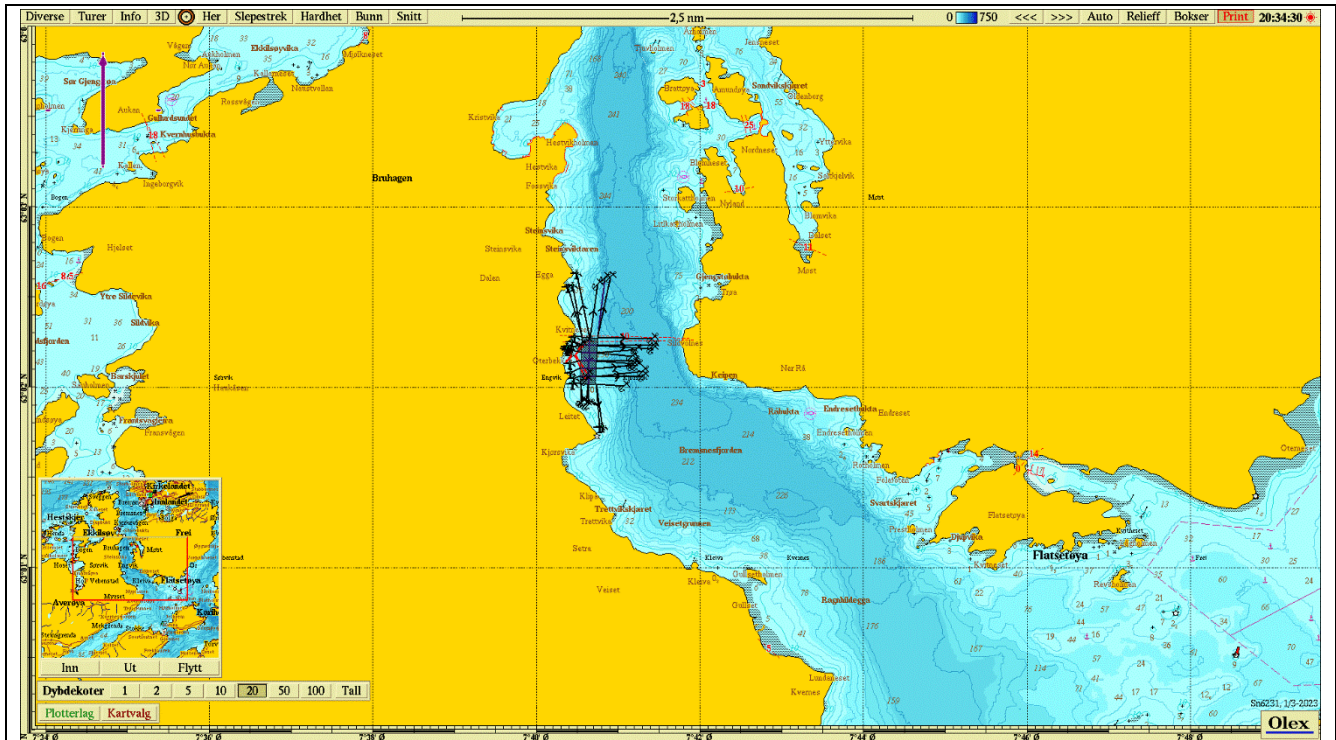
Tabell 3.1. Anleggsrammens hjørneposisjoner.

Hjørne	Posisjon (N)	Posisjon (Ø)
NV	63°02.277	007°40.560
NØ	63°02.273	007°40.749
SØ	63°02.015	007°40.729
SV	63°02.018	007°40.539

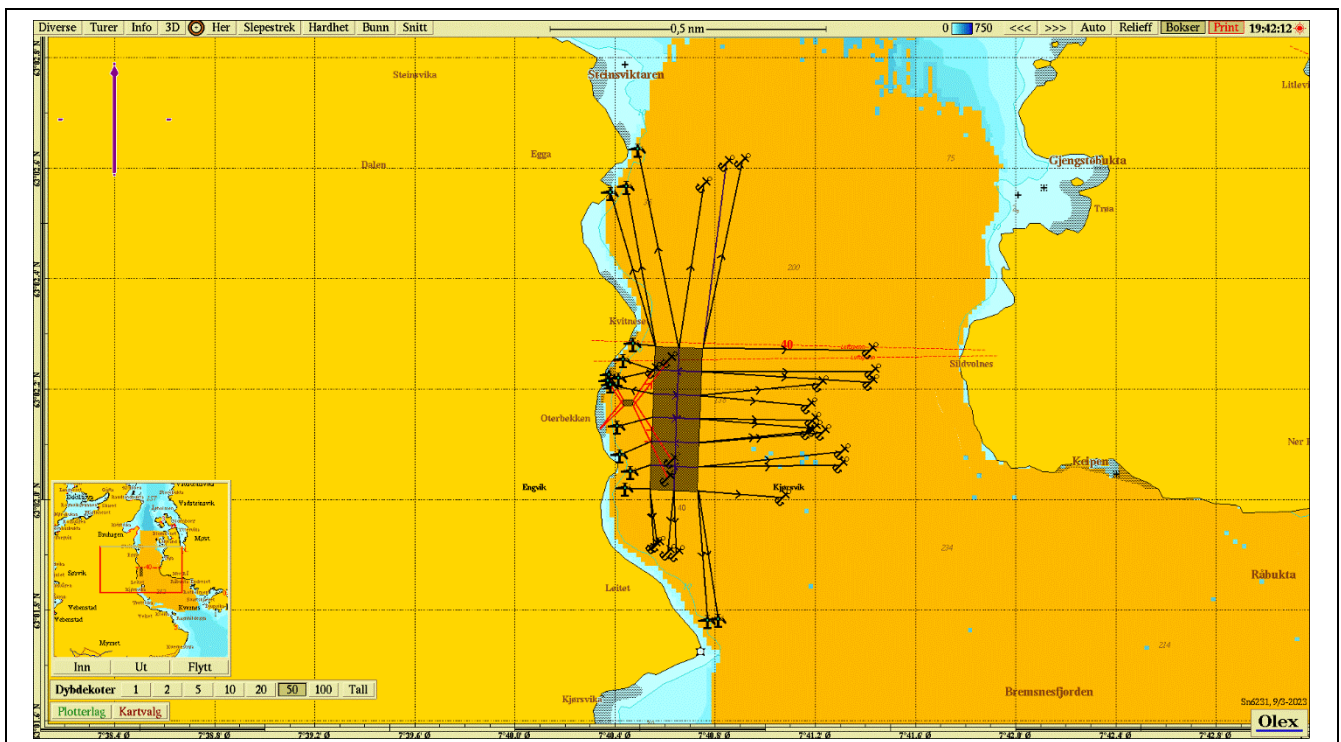
4. Bunnforhold

4.1 Bunntopografi

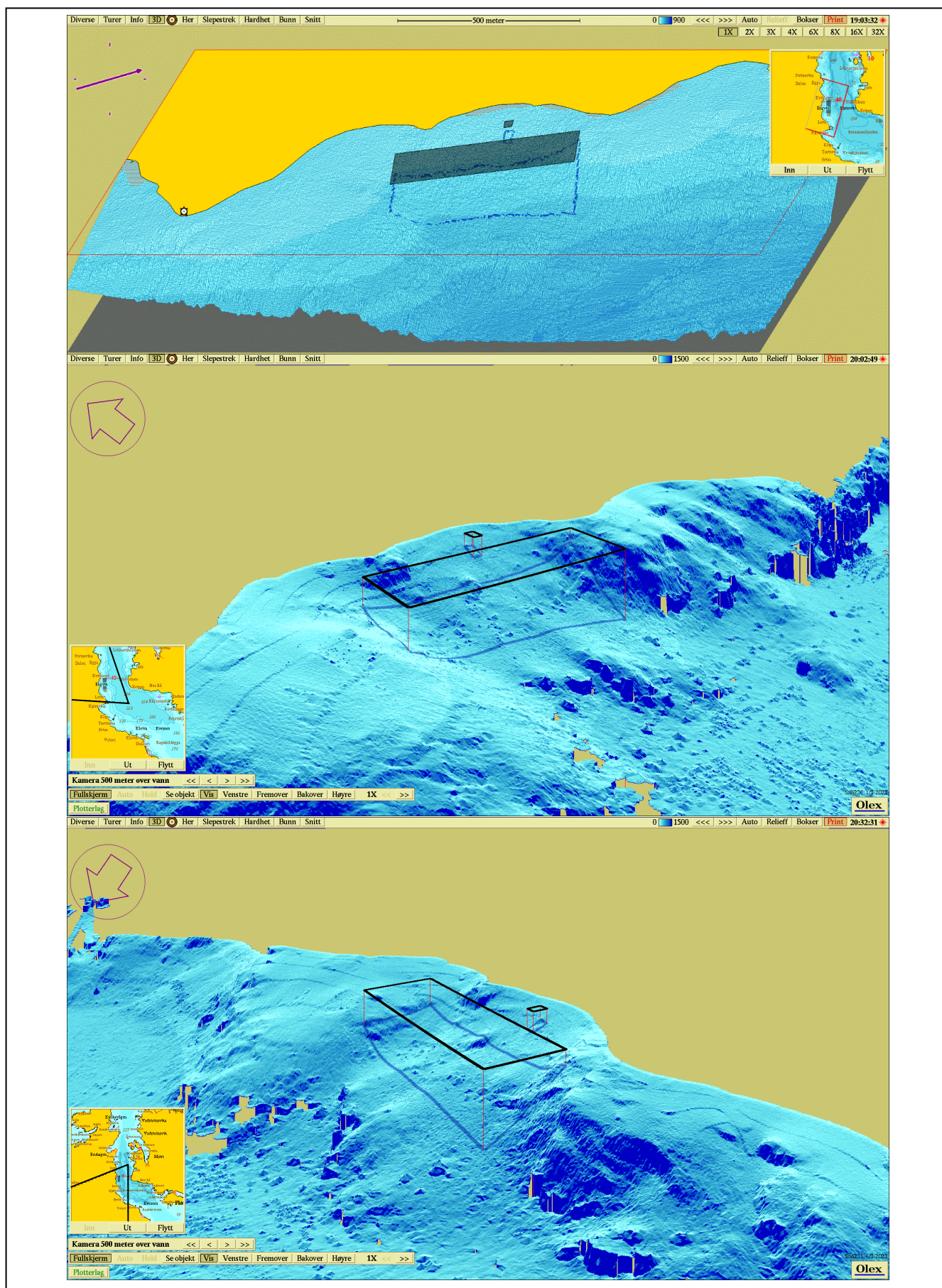
Områdets bunntopografi (Figur 4.1.1 – Figur 4.1.3) er oppmålt med multistråle ekkolodd. Opplysningen på oppmålt bunn er høyere enn 10 x 10m, det vil si at avstanden mellom målepunkt er mindre enn 10m.



Figur 4.1.1. Bunntopografien i området og under anlegget. Kartet er hentet fra Olex. Kompasspila øverst i venstre hjørne indikerer kartets orientering. Kartdatum: WGS84.



Figur 4.1.2. Dokumentasjon på oppløddinga av bunntopografi. Hver gul prikk er et målt dyp. Kartet er hentet fra Olex. Kartdatum: WGS84.



Figur 4.1.3. 3D-kart/bilde av bunntopografien. Kartene er tatt fra Olex. Den tynne kompasspila (venstre hjørne for øverste bilde) indikerer kartets orientering. Den tykke kompasspila (venstre hjørne for midterste og nederste bilde) indikerer kameraets orientering. Oversiktskart er plassert på hvert av bildene. Kartdatum: WGS84.

4.2 Sedimenttype

Bunnundersøkelse er utført med MOM-undersøkelse på lokaliteten. Grabber av bunn er tatt og sedimenttype er vurdert (Tabell 4.2.1). Dette sier ingenting om sedimentets dybde da grabben ikke går dypere enn maks 10cm ned i sedimentet.

Bunntopografien bør sjekkes opp mot fare for gnag i de ulike linene. Bunnfester og ankerliner bør kontrolleres med ROV etter at anlegget er utlagt. Sedimenttype er antatt fra B- undersøkelse (Åkerblå, 2021).

Tabell 4.2.1. Viser bunntype og vanndyp ved forankringspunktene under anlegget.

Retning	Bunntype	Dybde (m)
Nord	Fjellbunn på det grunneste. Sand og silt.	9 – 230
Øst	Sand, silt	138 – 240
Sør	Fjellbunn	12 – 25
Vest	Fjellbunn	5 – 26
Anleggsramme	Silt, sand, grus og skjellsand. Også fjellbunn og steinbunn.	32 – 158

5. Strøm

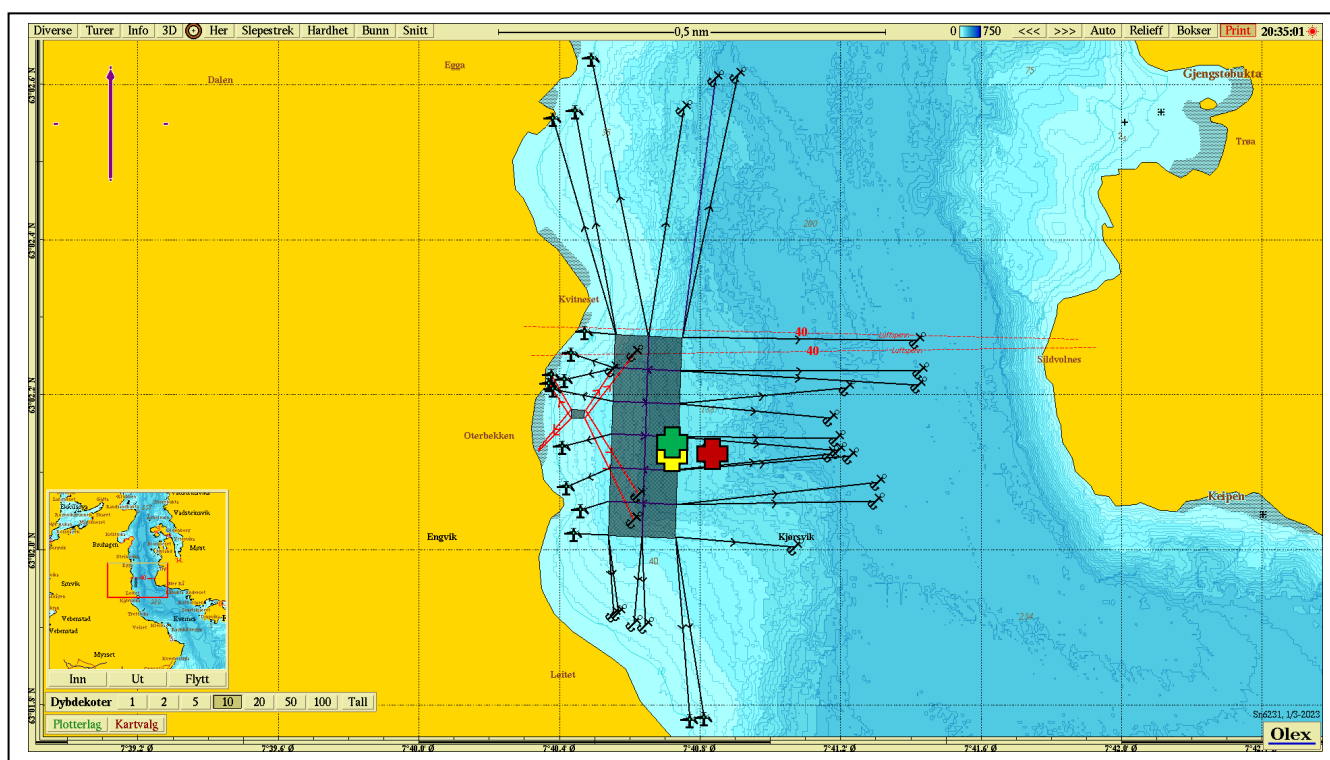
5.1 Metodikk for strømmåling

Bakgrunnsdata for strømmålingen er oppgitt i Tabell 5.1.1. Strømmålingene i P1 var utført av Marin Konsulent i Nord-Trøndelag i 2012. Åkerblå har kvalitetssikret strømdataene og rådata oppbevares i internt arkiv. Strømmålingene i P2 og P3 var utført av Aqua Kompetanse i 2017-2018 og i 2022. Aqua Kompetanse har kvalitetssikret dataene, og rådata oppbevares i internt arkiv hos både Åkerblå og Aqua Kompetanse.

Strømmålingene ble utført over tre måleperioder, 13.06.12 – 14.07.12 (P1), 07.12.17 – 22.01.18 (P2) og 18.03.22 – 28.04.22 (P3). Avstanden mellom posisjonen i P1 (gult kors) og posisjonen i P2 (rødt kors) var 91m. Avstanden mellom posisjonen i P1 (gult kors) og posisjonen i P3 (grønt kors) var 15m. Avstanden mellom posisjonen i P2 (rødt kors) og posisjonen i P3 (grønt kors) var 92m.

I P2 ble strømmålinger hentet ut fra 5m og 13m dyp. Målingene på 13m dyp er vurdert som representativt for vannutskiftningsstrøm, og derfor presentert som 15m i rapporten.

I P3 ble strømmålingene hentet ut fra 6m og 15m dyp. Målingene på 6m dyp er vurdert som representativt for overflatestrøm, og derfor presentert som strøm på 5m dyp i rapporten.



Figur 5.1.1. Plassering av strømmåler i anlegget. Kartet er hentet fra Olex. Strømmålerne posisjon er markert med et gult kors (P1), rødt kors (P2) og grønt kors (P3). Kartdatum: WGS84.

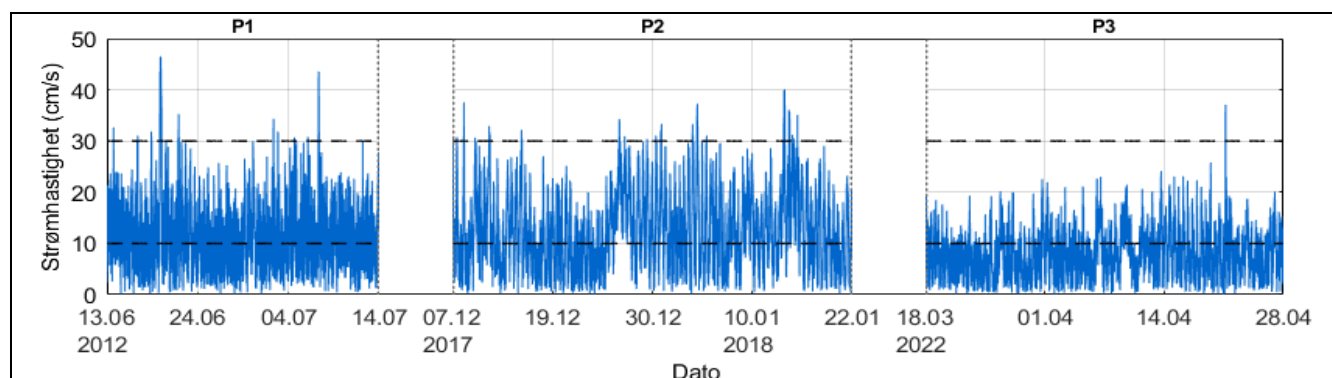
Ut fra land- og bunntopografi er alle tre plasseringene vurdert god for å dokumentere strømforholdene i anlegget. Målerne er plassert i posisjoner som sannsynligvis oppgir høyeste strømhastighet ved lokaliteten.

Tabell 5.1.1. Bakgrunnsdata for strømmålingen (Marin Konsulent i Nord-Trøndelag, 2012, Aqua Kompetanse, 2018 og Aqua Kompetanse, 2022).

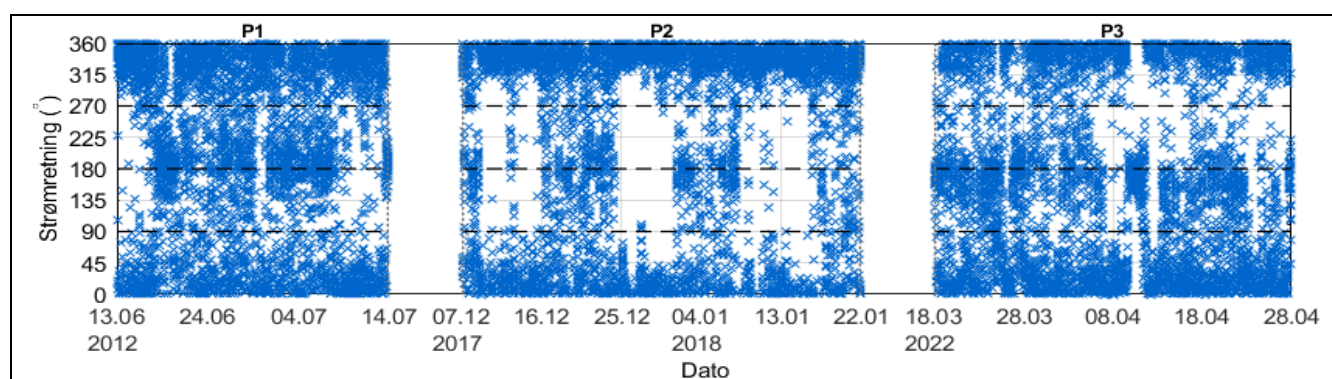
	5m	15m
Instrumenttype	Nortek profiler	Nortek profiler
Dyp ved målested	P1: 95m	P1: 95m
	P2: 147m	P2: 147m
	P3: 118m	P3: 118m
Instrumentplassering	Vist i Figur 5.1.1	Vist i Figur 5.1.1
Måleperiode		
Måleperiode	P1: 13.06.12 – 14.07.12	P1: 13.06.12 – 14.07.12
	P2: 07.12.17 – 22.01.18	P2: 07.12.17 – 22.01.18
	P3: 18.03.22 – 28.04.22	P3: 18.03.22 – 28.04.22
Måleperiode (årstid/sesong)	Sommer, vinter og vår	Sommer, vinter og vår
Antall døgn	Hele perioden: 117.5 / 117.5	Hele perioden: 117.4 / 117.5
	P1: 31.1 / 31.1	P1: 31.0 / 31.1
	P2: 45.6 / 45.6	P2: 45.6 / 45.6
	P3: 40.8 / 40.8	P3: 40.8 / 40.8
Antall springflo («storsjøan») under måleperioden	8 (se Figur 11.7.1 – Figur 11.7.4)	8 (se Figur 11.7.1 – Figur 11.7.4)
Måleinformasjon	Målerne registrerer strømhastighet, strømretning og temperatur. Målingene ble gjort i samsvar med NS 9415:2021, hvor kravet er at den totale måleperioden skal være minst 3 måneder. Den totale måleperioden kan være sammensatt av delmålinger på minst 30 dager	
Databearbeiding		
Var lokalitet tom under måleperioden	Nei, se Vedlegg 11.8	Nei, se Vedlegg 11.8
Data kvalitet	God	God
Er noen datapunkter fjernet?	Ja, se Vedlegg 11.8.	Ja, se Vedlegg 11.8.
Beregning av 10- og 50-års strøm	I henhold til NS 9415:2021 er strøm målt i minst 3 måneder, hvor eventuelle delmålinger av strøm er av minst 30 dagers sammenhengende varighet. Multiplikasjonsfaktorene i henhold til NS 9415:2021 er brukt for å bestemme dimensjonerende strømhastighet med spesifisert returperiode (Tabell 5.3.3 og Tabell 5.3.4).	

5.2 Resultater

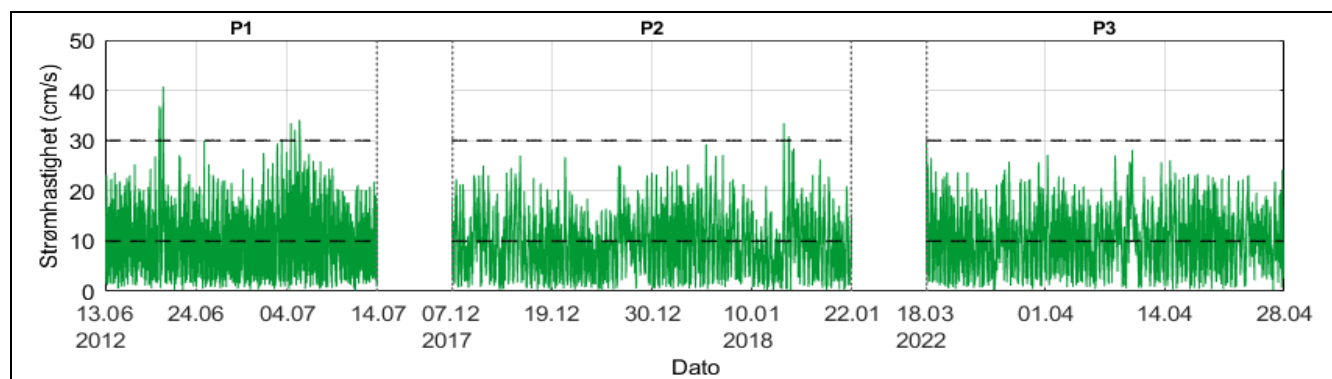
Høyeste registrert strømhastighet var 46.5cm/s på 5m og 40.8cm/s på 15m (se Figur 5.2.1 – Figur 5.2.4 for tidsserier av strømhastigheten og -retningen). Figur 5.2.5 og Figur 5.2.6 gir informasjon om maksimal strømsstyrke i de ulike himmelretningene.



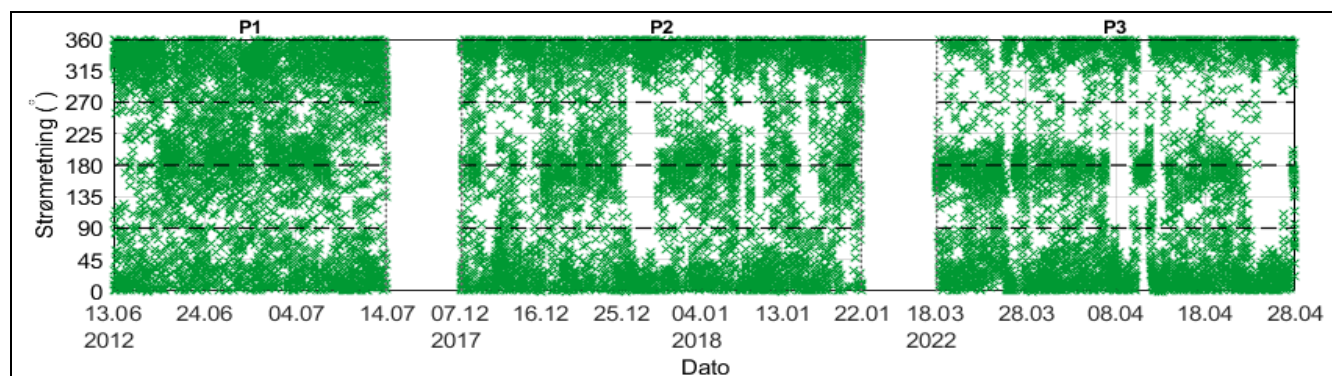
Figur 5.2.1. Tidsserie for målt strømhastighet på 5m under måleperiodene.



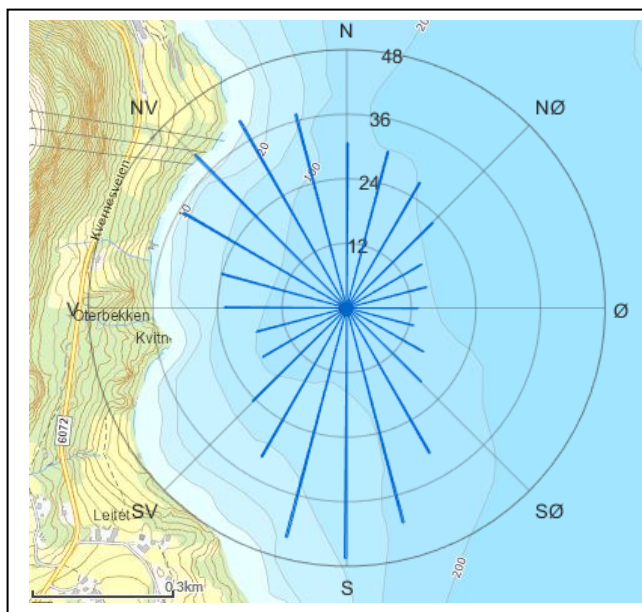
Figur 5.2.2. Tidsserie for målt strømretning på 5m under måleperiodene.



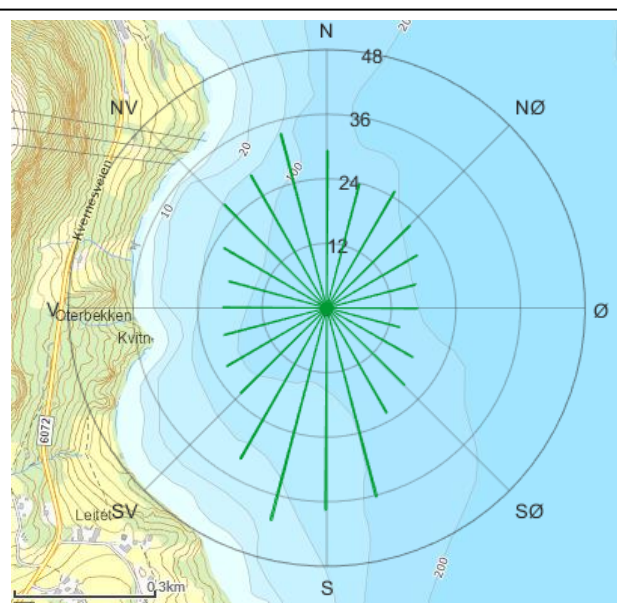
Figur 5.2.3. Tidsserie for målt strømhastighet på 15m under måleperiodene.



Figur 5.2.4. Tidsserie for målt strømretning på 15m under måleperiodene.



Figur 5.2.5. Høyeste målte strømhastighet i ulike retninger på 5m. Kartdatum: WGS84.



Figur 5.2.6. Høyeste målte strømhastighet i ulike retninger på 15m. Kartdatum: WGS84.

5.3 Strøm 10- og 50 års returperiode

5.3.1 Maks strømhastighet, 10- og 50-årsstrøm for 24 retningssektorer

Tabell 5.3.1 og Tabell 5.3.2 gir informasjon om 10- og 50 års returperiode for strøm på 5m og 15m, oppgitt for 24 retningssektorer. Retningssektoren er representert ved sektorens midtpunkt i andre kolonne.

5m

Tabell 5.3.1. Oppsummering av maks strømhastighet i ulike retninger under måleperioden på 5m, samt verdier for returperiode på 10 år (x1.65) og 50 år (x1.85).

Strømretning	Retningssektorens midtpunkt	Strømhastighet	Returperiode	
Mot	Grader (°)	Maks (cm/s)	10 år (cm/s)	50 år (cm/s)
Nord (337.5 – 22.5)	345	37.3	61	69
	0	30.7	51	57
	15	30.1	50	56
Nordøst (22.5 – 67.5)	30	27.0	45	50
	45	22.5	37	42
	60	16.2	27	30
Øst (67.5 – 112.5)	75	15.4	25	28
	90	13.3	22	25
	105	12.9	21	24
Sørøst (112.5 – 157.5)	120	16.4	27	30
	135	19.5	32	36
	150	31.1	51	58
Sør (157.5 – 202.5)	165	41.2	68	76
	180	46.5	77	86
	195	44.0	73	81
Sørvest (202.5 – 247.5)	210	31.9	53	59
	225	24.6	41	45
	240	18.1	30	33
Vest (247.5 – 292.5)	255	17.4	29	32
	270	22.7	38	42
	285	24.1	40	45
Nordvest (292.5 – 337.5)	300	35.1	58	65
	315	40.0	66	74
	330	40.1	66	74

15m

Tabell 5.3.2. Oppsummering av maks strømhastighet i ulike retninger under måleperioden på 15m, samt verdier for returperiode på 10 år (x1.65) og 50 år (x1.85).

Strømretning	Retningssektorens midtpunkt	Strømhastighet	Returperiode	
Mot	Grader (°)	Maks (cm/s)	10 år (cm/s)	50 år (cm/s)
Nord (337.5 – 22.5)	345	33.5	55	62
	0	29.2	48	54
	15	23.9	39	44
Nordøst (22.5 – 67.5)	30	25.1	41	46
	45	21.8	36	40
	60	19.5	32	36
Øst (67.5 – 112.5)	75	17.1	28	32
	90	16.9	28	31
	105	14.0	23	26
Sørøst (112.5 – 157.5)	120	18.5	30	34
	135	20.3	34	38
	150	22.5	37	42
Sør (157.5 – 202.5)	165	36.3	60	67
	180	37.5	62	69
	195	40.8	67	75
Sørvest (202.5 – 247.5)	210	32.3	53	60
	225	22.5	37	42
	240	21.5	35	40
Vest (247.5 – 292.5)	255	19.8	33	37
	270	19.3	32	36
	285	18.8	31	35
Nordvest (292.5 – 337.5)	300	22.1	36	41
	315	27.1	45	50
	330	28.5	47	53

5.3.2 Maks strømhastighet, 10- og 50-årsstrøm for 8 retningssektorer

Verdier for returperiode på 10 år ($\times 1.65$) og for returperiode på 50 år ($\times 1.85$). Retningen til den maksimale strømhastigheten innenfor en bestemt retningssektor er oppgitt i raden under makshastighetene. Tabell 5.3.3 og Tabell 5.3.4 skal benyttes ved dimensjonering av anlegget.

Tabell 5.3.3. 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)	37.3	27.0	15.4	31.1	46.5	31.9	24.1	40.1
Retning (°)	341	29	71	153	177	205	286	326
10-år (cm/s)	61	45	25	51	77	53	40	66
50-år (cm/s)	69	50	28	58	86	59	45	74

Tabell 5.3.4. 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)	33.5	25.1	17.1	22.5	40.8	32.3	19.8	28.5
Retning (°)	344	23	69	156	190	208	249	331
10-år (cm/s)	55	41	28	37	67	53	33	47
50-år (cm/s)	62	46	32	42	75	60	37	53

5.4 Strømkomponenter

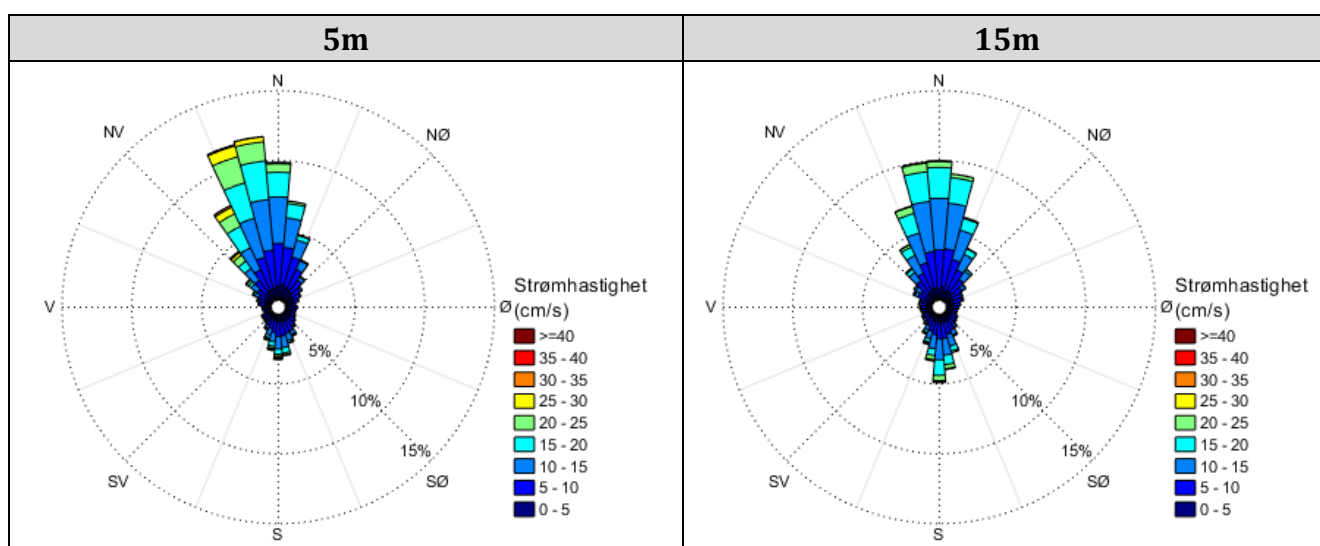
Strømbildet på en lokalitet er komplisert og kan ha veldig store sesongvariasjoner avhengig av de ulike komponentene som bidrar til strømmen, inkludert tidevannsstrøm, vindhastighet og -retning, utbrudd fra kyststrømmen, vårflom og issmelting.

5.4.1 Tidevannsstrøm

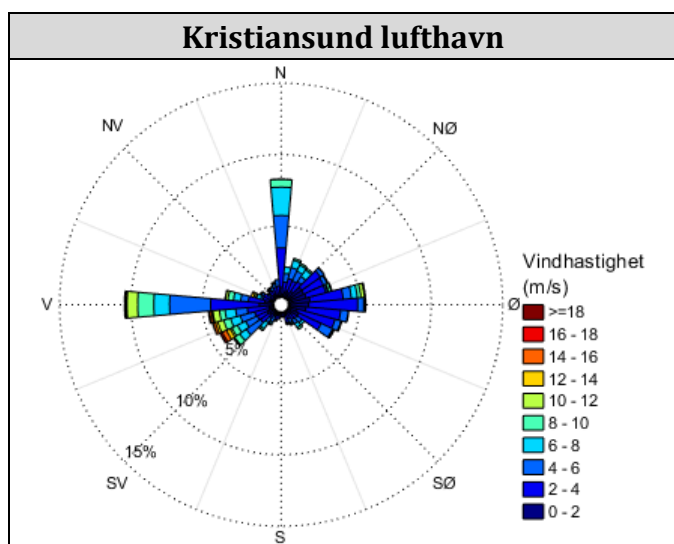
Målingen er gjennomført i 117.5 dager på 5m, og i 117.4 dager på 15m dyp, og springflo-nippflo tidevannssykluser er oppgitt i Figur 11.7.1 – Figur 11.7.4.

Hovedstrømretning på 5m er mot NV/N – S og mot N – S på 15m dyp (Figur 5.4.1). Det er en klart definert hovedstrømakse mot N – S på 15m (Figur 5.4.1 og Figur 11.3.3). Tidevannsellipsen er smal som indikerer at tidevannet har to motsatt rettede hovedstrømretninger (Figur 5.4.1 og Figur 11.3.4).

Analysen av strøm på 5m og 15m i måleperiodene viser at strøm er påvirket av tidevann (5m-P1: 64.1%, 5m-P2: 73.4% og 5m-P3: 69.6%, og 15m-P1: 68.5%, 15m-P2: 78.0% og 15m-P3: 79.0%) (Figur 11.3.5 – Figur 11.3.6).



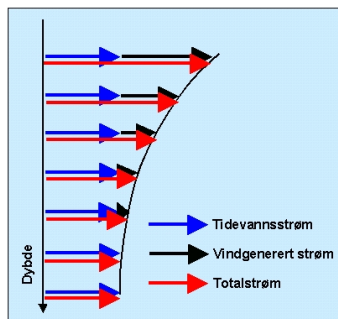
Figur 5.4.1. Strømrose på 5m og på 15m. Strøm er mot oppgitt retning.



Figur 5.4.2. Vindrose fra Kristiansund lufthavn under strømmåleperiodene. Fra oppgitt retning.

5.4.2 Vindgenerert strøm

Vindgenerert strøm er en overflatestrøm som ikke når veldig langt ned i vanddypet, og dens betydning avtar raskt nedover i vannsøylen. Figur 5.4.3 viser bidragene fra vindgenerert strøm og tidevannsstrøm nedover i vannsøylen. Strøm på 5m er derfor mindre påvirket av vind enn strøm fra overflaten og ned til ca. 2 – 3m.



Figur 5.4.3. Vertikalfordeling av strømforhold (Vannstand.no).

Vindindusert strømhastighet på overflaten kan utgjøre opptil 2 – 3% av vindhastigheten, men innflytelsen på strømmen er i stor grad kontrollert av topografien i området rundt målestasjonen (Howe et al., 2010, SINTEF, 2005). Som regel kan vinkelforskjellen i retning mellom vind og vindindusert overflatestrømmen variere mellom 10° i grunne kystområder til 45° i enkelte åpne havområder. Vedvarende, sterk vind som blåser langs en lang og nokså rett fjord, vil kunne sette opp en betydelig vindstrøm (NS 9415:2021). Vindstrøm er vurdert å bli aktuelt for denne lokaliteten, med vind fra N og SØ.

Måleperiode

Vindhastighet og -retning fra nærmeste værstasjon, Kristiansund lufthavn, gjennom strømmåleperiodene, og strømhastighet og -retning er vist i Figur 5.4.1 og Figur 5.4.2. Kristiansund lufthavn ligger ca. 11.8km NØ for anlegget.

Under måleperiodene har høyeste vindhastighet retning fra SV/V. Dominerende vindretning var fra V under måleperiodene. Hovedstrømretning på 5m var mot NV/N – S.

Hastighet og retning for strøm og vind er oppgitt i Figur 5.4.4 – Figur 5.4.6 og i Vedlegg 11.3.4 for å vurdere vindpåvirkning på strømmen. I Figur 5.4.4 – Figur 5.4.6 er vindretning oppgitt som at vind blåser fra en retning, mens i Vedlegg 11.3.4 er vindretning oppgitt som at vind blåser mot en retning. Tidevann er også vist i Figur 5.4.4 – Figur 5.4.6 for å vurdere tidevannspåvirkning.

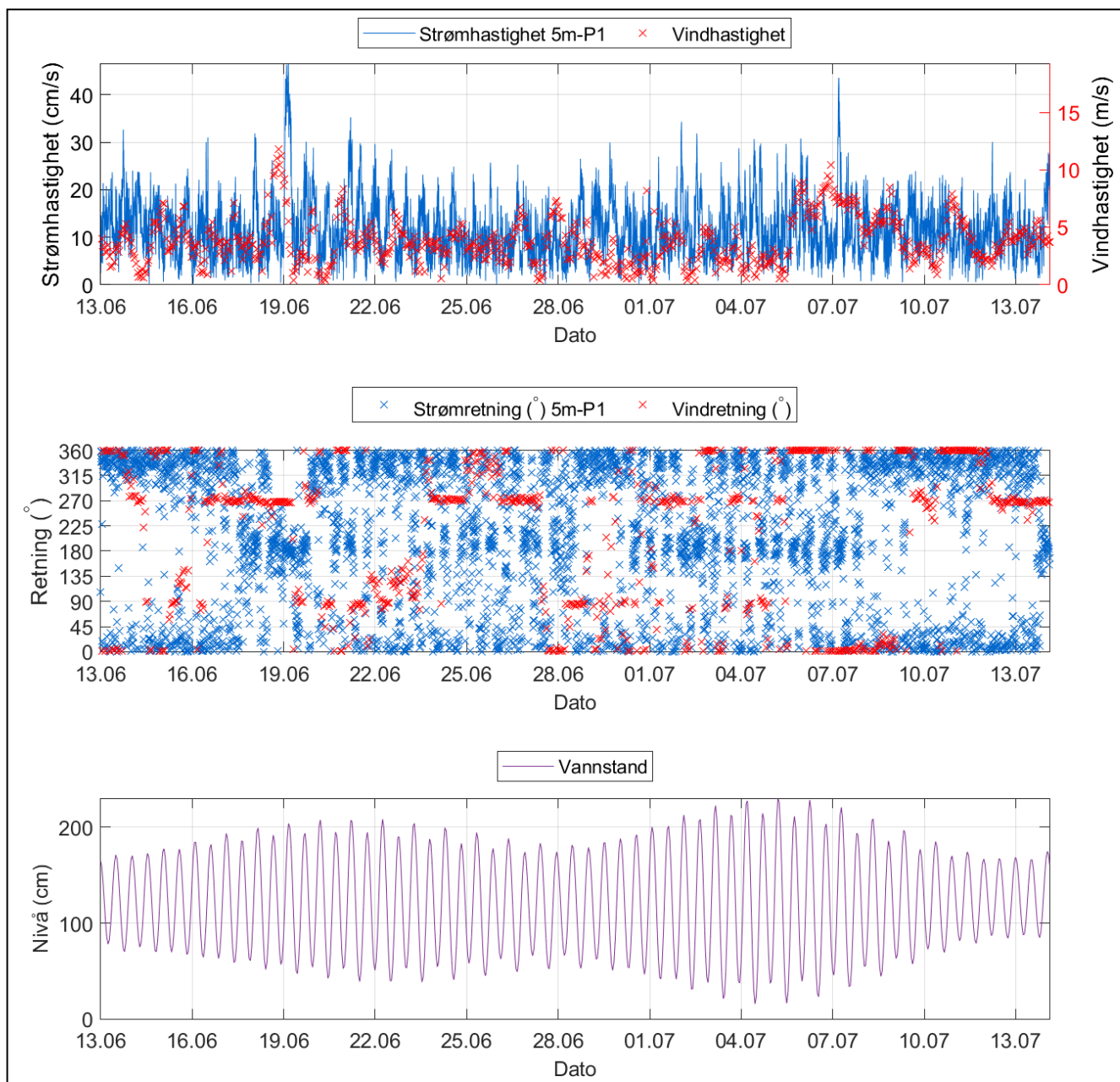
De grønne og røde prikkene i Vedlegg 11.3.4 indikerer når retningen til de undersøkte strømmottene samsvarte eller var motsatt rettet med vindretningen og hvor vindhastigheten $\geq 3\text{m/s}$ på Kristiansund lufthavn. Svak vind ($< 3\text{m/s}$) hvor strøm og vind har sammenfallende eller motsatt retning er indikert med oransje prikk. Det er tillatt en vinkel på opptil $\pm 22.5^\circ$ ved beregning av om vind og strøm har omtrent sammenfallende eller motsatt retning. Grunnet friksjon mellom vind og vannoverflate vil vind med høy hastighet og stabil retning som blåser over en lengre periode ha større innvirkning på strøm. Tilfeller med vindpåvirkning er i dette tilfellet beregnet ut fra sammenfallende eller motsatt rettet retninger ved et bestemt tidspunkt, uten hensyn til vindens varighet eller stabilitet.

Hvis de lokale vindforholdene på strømmålingsposisjonen var like de på Kristiansund lufthavn er det vurdert at vind fra N kan ha påvirket strøm mot S/SV og vind fra SØ kan ha påvirket strøm mot N/NV.

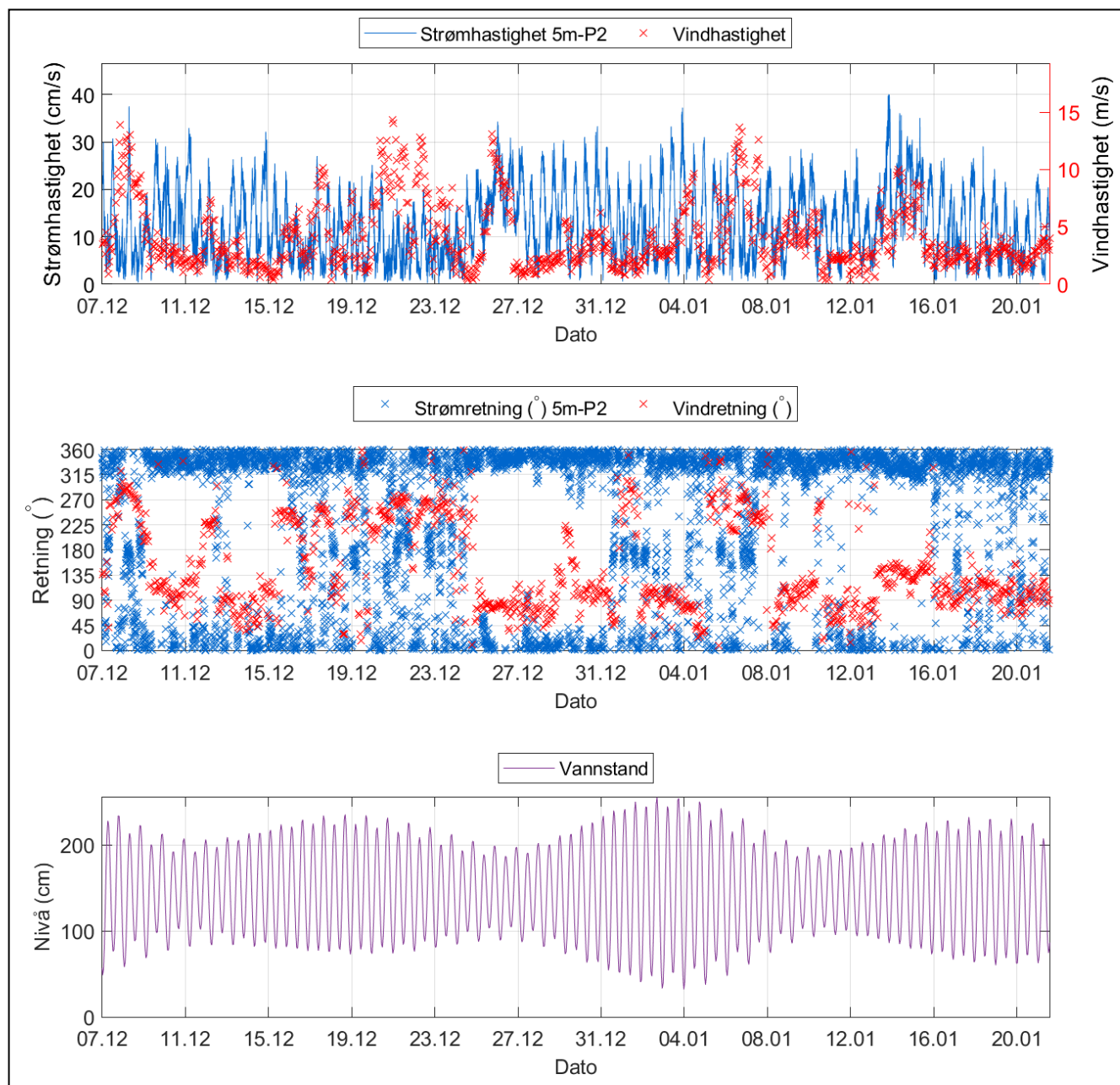
På grunn av omgivende topografi er vind med høy hastighet fra Ø, S og NV lite sannsynlig og eventuell påvirkning på strømmen er dermed vurdert som liten, selv om det er tilfeller hvor strøm- og vindretning sammenfaller når vind blåser fra Ø, S eller NV.

Det var enkelte tilfeller hvor strøm- og vindretning var motsatt rettet under måleperiodene, hvor vind kan ha virket bremsende på målt strømhastighet.

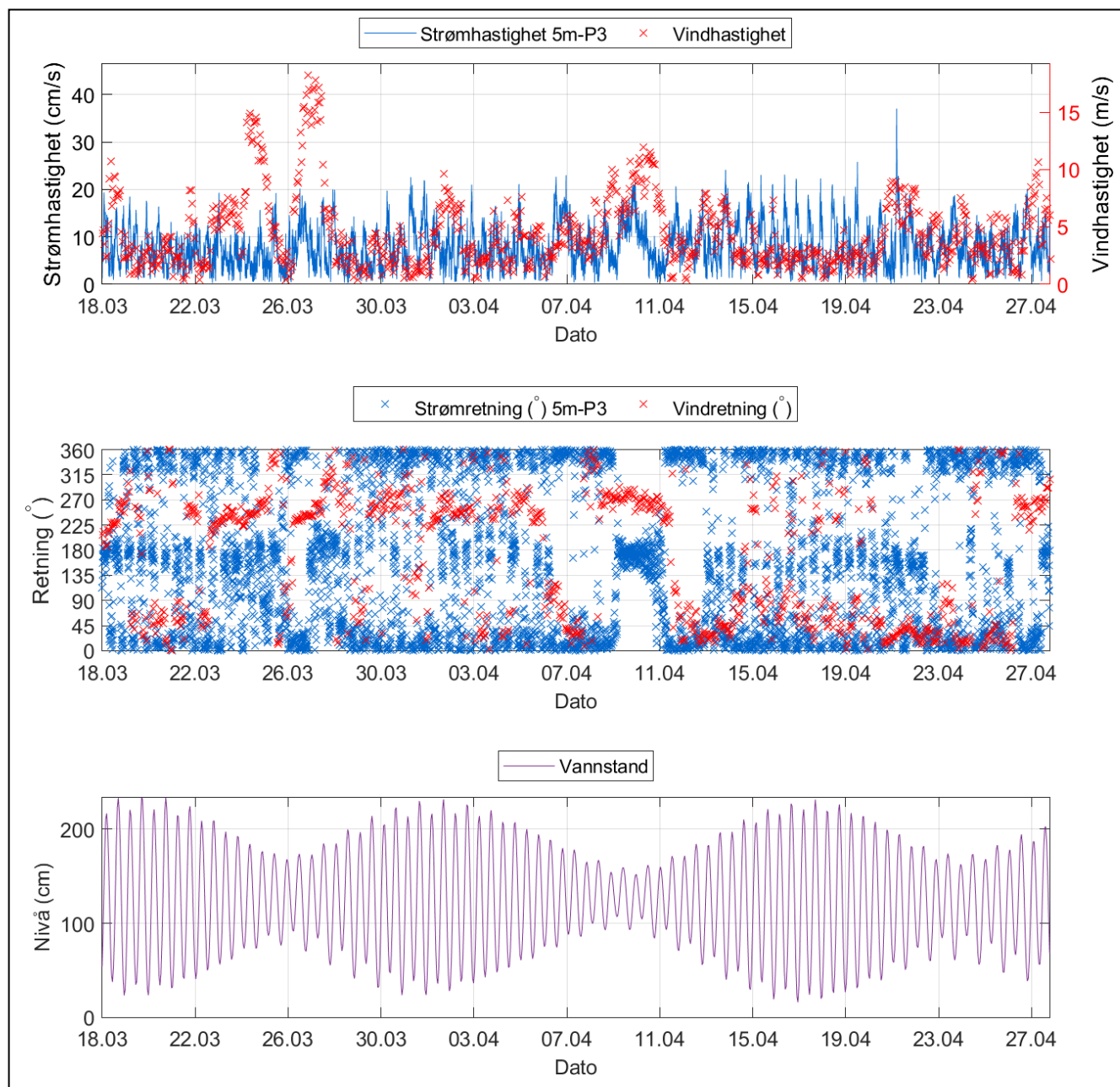
Værstasjonen har ulik omliggende landtopografi sammenlignet med topografien rundt anlegget (se Figur 5.4.7). Dermed forventes det forskjeller mellom vindretninger på værstasjonen og ved lokaliteten. Figur 5.4.7 viser beliggenheten til værstasjonen i forhold til strømmålingsposisjonene.



Figur 5.4.4. Strømhastighet (på 5m) og vindhastighet fra Kristiansund lufthavn (øverst), strøm- og vindretning (i midten) og beregnet havnivå (nederst) under P1.



Figur 5.4.5. Strømhastighet (på 5m) og vindhastighet fra Kristiansund lufthavn (øverst), strøm- og vindretning (i midten) og beregnet havnivå (nederst) under P2.



Figur 5.4.6. Strømhastighet (på 5m) og vindhastighet fra Kristiansund lufthavn (øverst), strøm- og vindretning (i midten) og beregnet havnivå (nederst) under P3.



Figur 5.4.7. Posisjonen til Kristiansund lufthavn værstasjon (markert med grønt kors) og Kristiansund vannstandsmåler (markert med oransje kors) i forhold til strømmålerposisjonene (markert med gult kors). Kartet er hentet fra Fiskeridirektoratets kartverktøy. Kartdatum: WGS84.

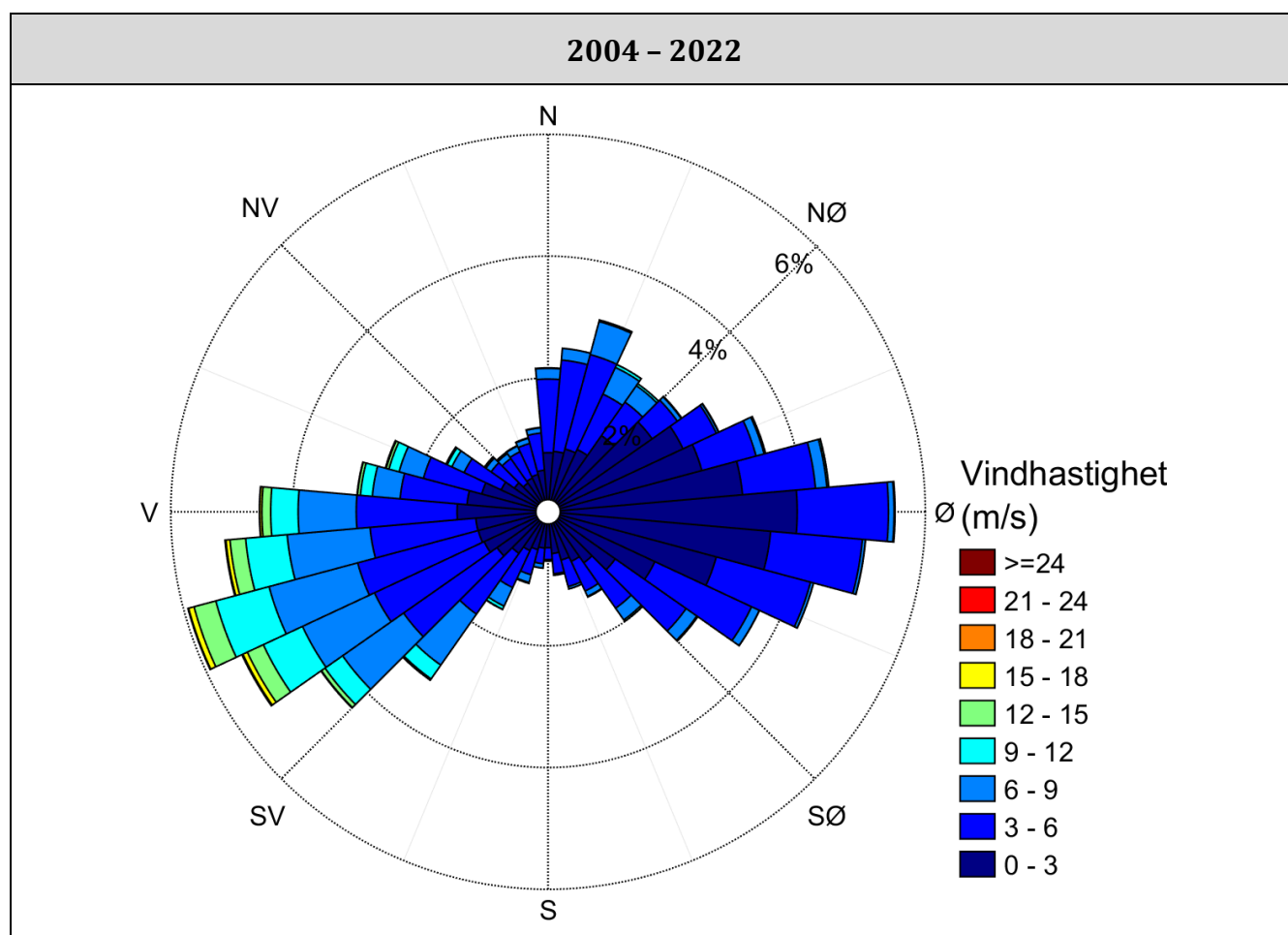
Sesonginnflytelse

Strøm på 5m og 15m ble målt over tre måleperioder, fra 13.06.12 – 14.07.12 (P1; sommer), fra 07.12.17 – 22.01.18 (P2; vinter) og fra 18.03.22 – 28.04.22 (P3; vår).

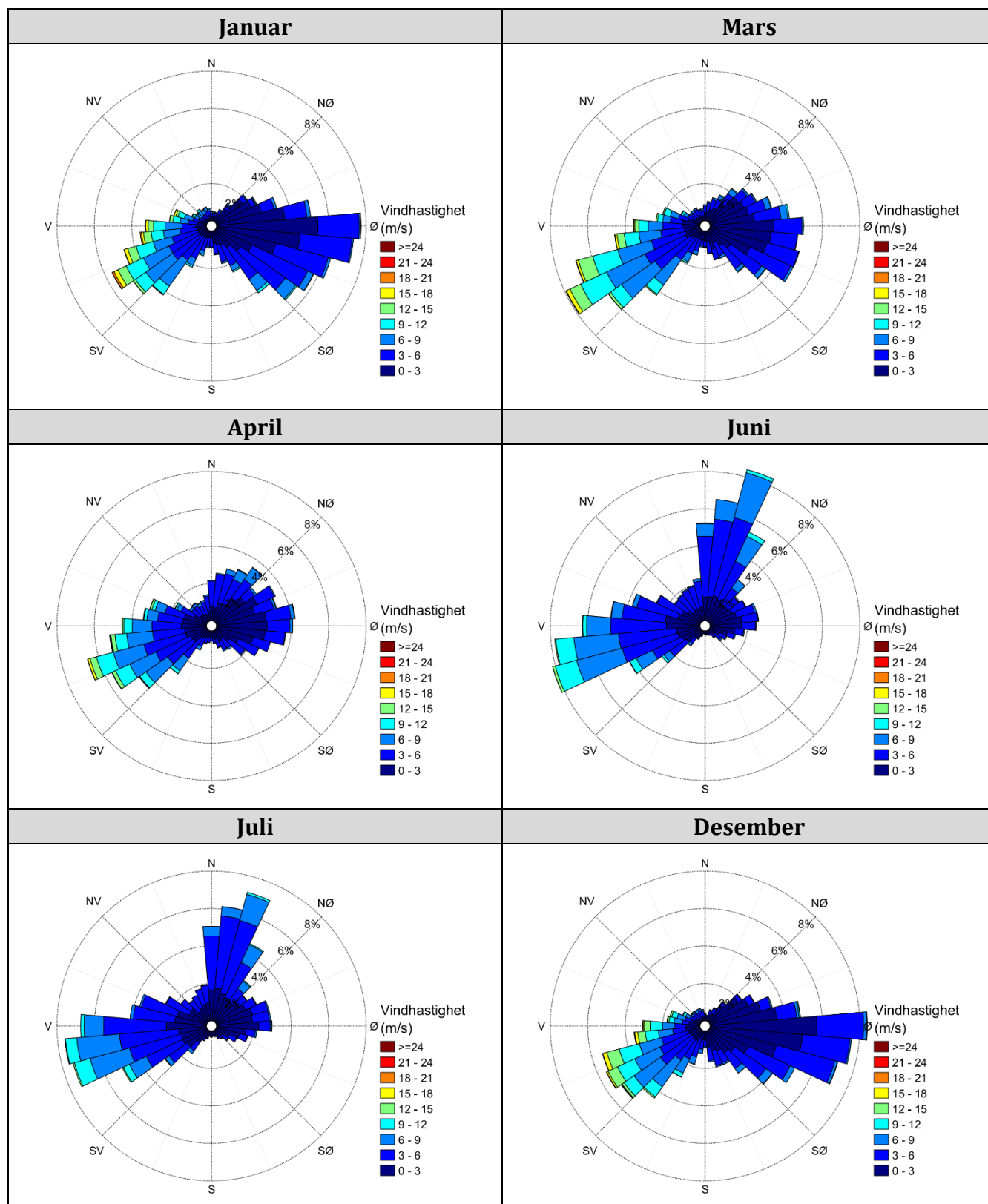
Kristiansund lufthavn har maks månedlige vindhastighet i januar og desember (vinter) (Åkerblå, 2023a).

Maks vindhastighet var lavest i mai, juni og juli (vår og sommer).

Vindretning på Kristiansund lufthavn har høyest frekvens fra retningene Ø og deretter V. Vind på Kristiansund lufthavn blåser minst fra retningene S og NV (Åkerblå, 2023a).



Figur 5.4.8. Vindrose for hele perioden på Kristiansund lufthavn, 2004 – 2022.



Figur 5.4.9. Månedlig vindrose på Kristiansund lufthavn, 2004 – 2022. Øverste panel viser januar (til høyre) og mars (til venstre). Midterste panel viser april (til venstre) og juni (til høyre). Nederste panel viser juli (til venstre) og desember (til høyre).

Vindrosen fra Kristiansund lufthavn under måleperiodene (Figur 5.4.2) hadde lignende mønster som vindrosene for langtidsmålinger på Kristiansund lufthavn 2004 – 2022 (Figur 5.4.7 - Figur 5.4.8), men med lavere vindhastigheter og mer vind fra N og V under måleperiodene.

Maksimal vindhastighet fra N under måleperiodene var 10.4m/s, mens for langtidsmålingene fra 2004 – 2022 var maks vindhastighet fra N på 12.0m/s, med 99 prosentil på 8.4m/s.

Maksimal vindhastighet fra SØ under måleperioden var 10.0m/s, mens for langtidsmålingene fra 2004 – 2022 var maks vindhastighet fra SØ på 14.0m/s, med 99 prosentil på 8.4m/s.

Vind fra N eller SØ kan sette opp en vindstrøm og forårsake en økning i strøm mot S eller NV.

5.4.3 Oppstuving

Vedvarende vind inn i en fjord kan føre til oppstuving av vann som vil fosse tilbake (ut av fjorden) når vinden løyer.

Oppstuving er vurdert å ikke være aktuelt for denne lokaliteten fordi lokaliteten er ikke plassert i en lukket fjord.

5.4.4 Utbrudd fra kyststrømmen

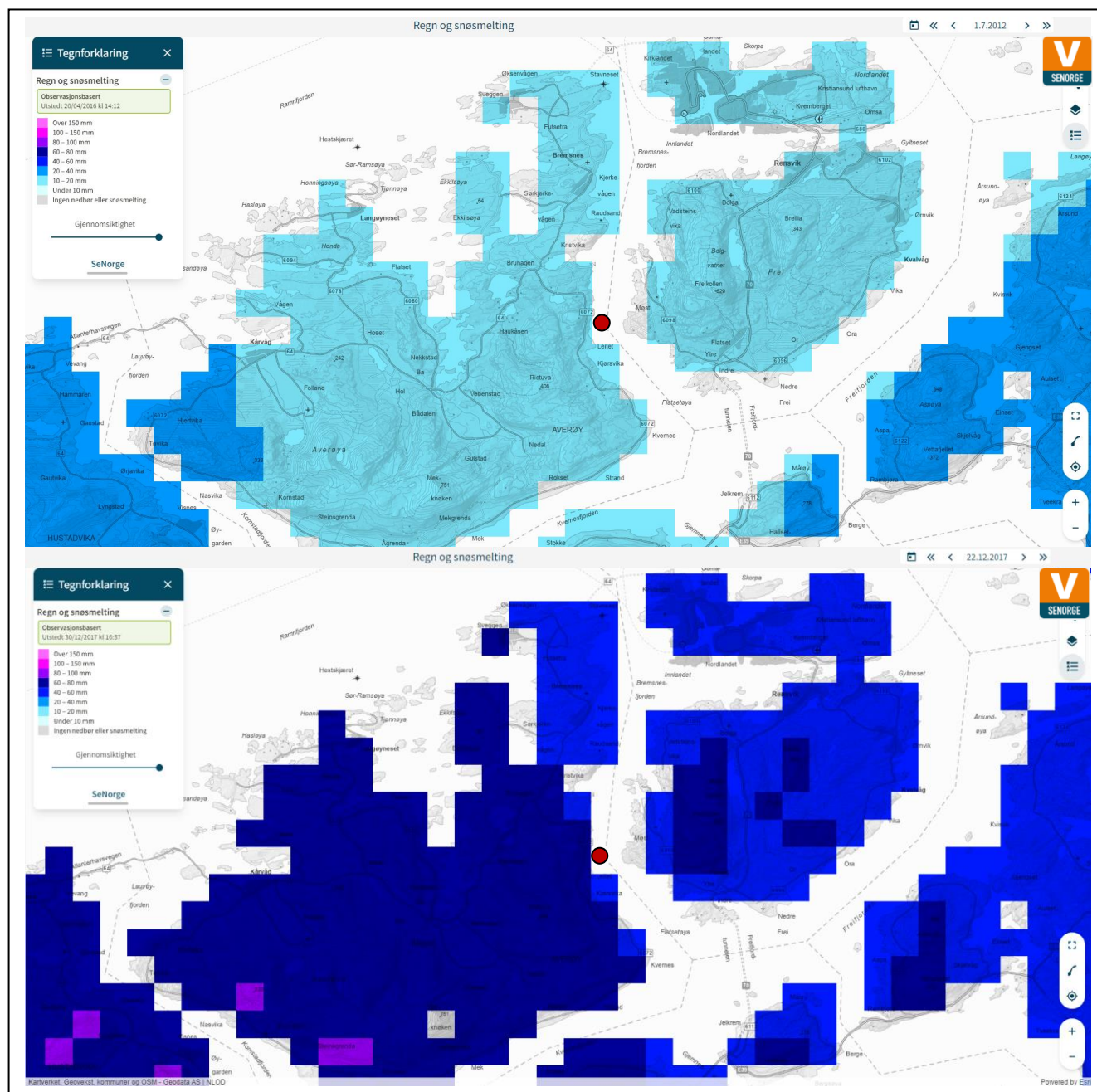
Den norske kyststrømmen går nordover langs norskekysten. Utbrudd fra den norske kyststrømmen kan gå inn i kystområder og fjorder, og kan føre til en økning i strømhastighet. Kyststrømmen deler seg i to vest for Grip på grunn av bunntopografien. Variable vindforhold kan føre til endringer i strømmen. Om vinteren er det fremherskende sørvestlige / sørlige vinder som fører til at kyststrømmen har en sterkere komponent mot land på denne årstiden (Sætre (ed.), 2007).

Strømmen på lokaliteten blir sannsynligvis ikke påvirket av utbrudd av kyststrømmen fra Skagerrak under normale forhold grunnet beliggenhet relativt langt nord for Skagerrak. Det kan derimot forekomme tilfeller av økt strøm som et resultat av det regionale vindmønsteret på kysten hvor sørlig/sørvestlig/vestlig vind som presser kyststrømmen inn fjorder eller nordlig/nordøstlig/østlig vind som presser fjordvann ut av fjordene. Det vurderes at strømbildet kan ha blitt påvirket av variasjoner i kyststrømmen, da det er kort avstand til åpent hav, selv om ingen spesielle hendelser utmerker seg i løpet av måleperiodene.

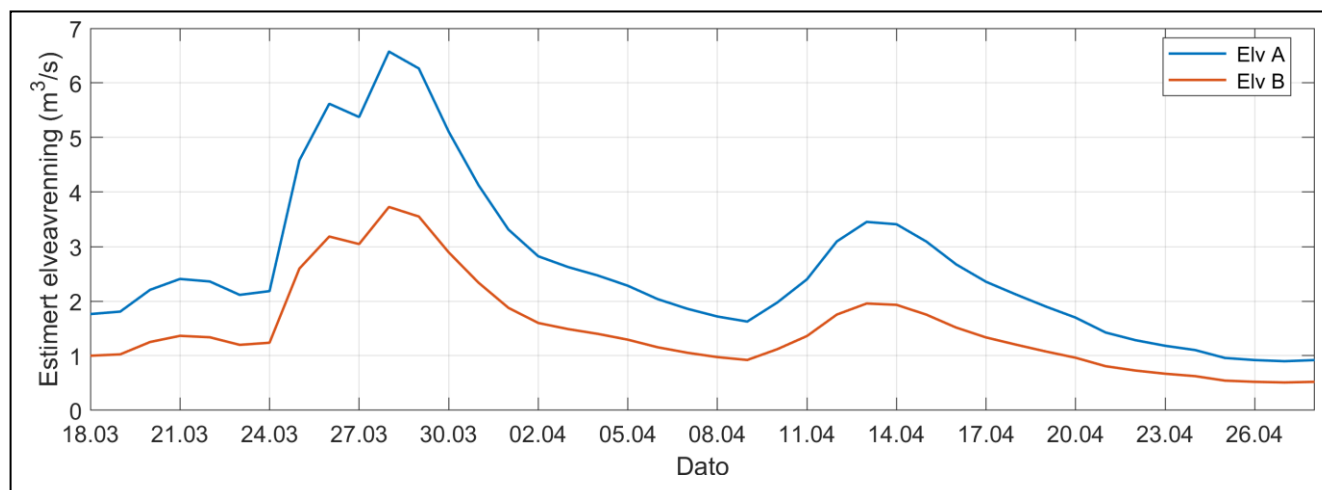
5.4.5 Vårflom / issmelting

Med stor ferskvannstilførsel fra is, snøsmelting eller nedbør kan strømhastigheten på en lokalitet øke kraftig. For uregulerte vassdrag vil dette være typisk mellom april og juni. I slike tilfeller øker strømhastigheten på overflaten med utstrømming av ferskvann. Regulerte vassdrag trenger ikke nødvendigvis å ha denne naturlige sesongvariasjonen, og kan ha større avrenning i løpet av vinteren når strømbehovet er større. Påvirkningen av vårflom og issmelting på strømhastighetene i områder rundt regulerte vassdrag vil kunne være mindre og ikke like kraftig. For å dokumentere en slik påvirkning må det tas strømmålinger i en periode dette kan være aktuelt.

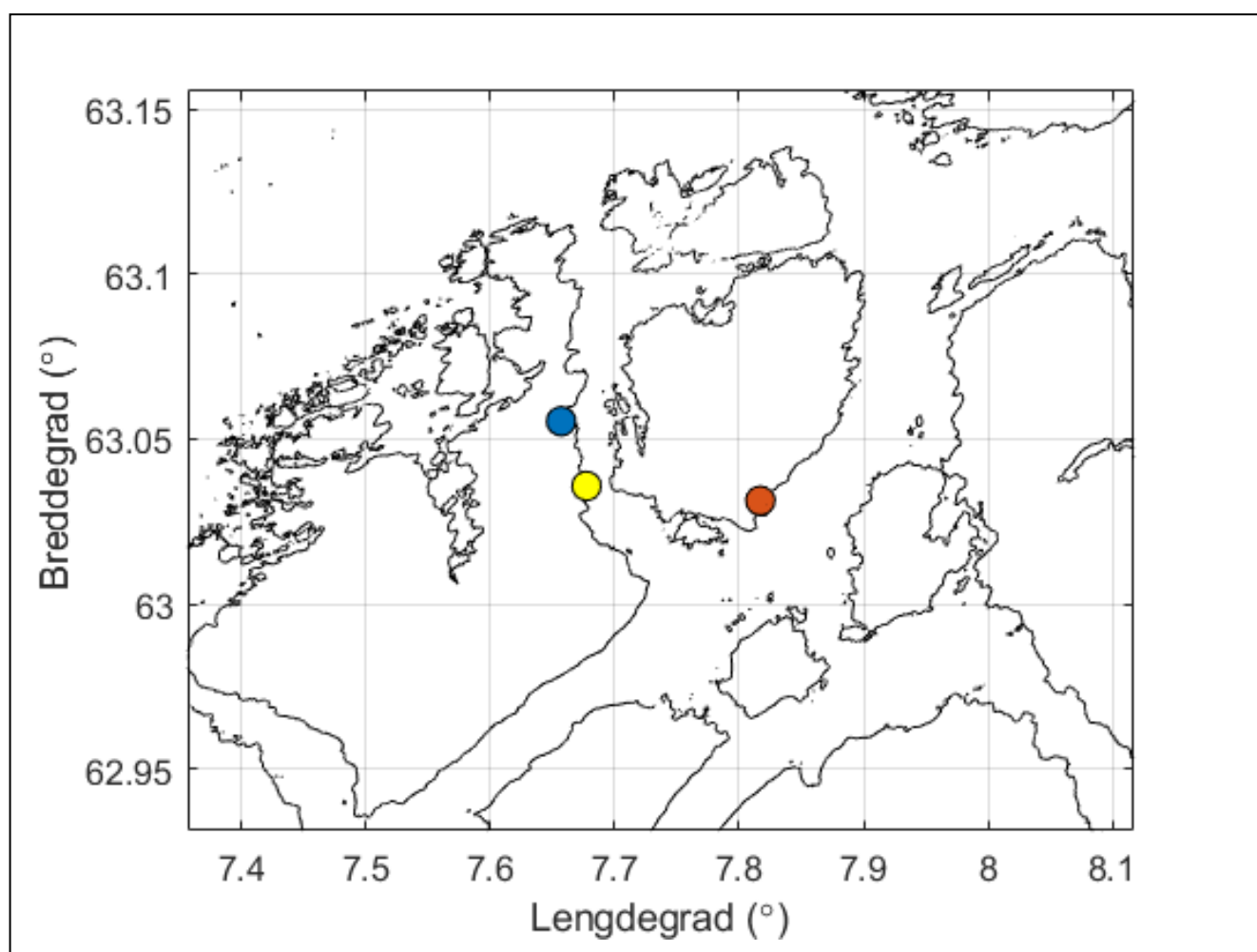
Figur 5.4.9 viser dagene med høyest regn og snøsmelting i P1 og P2 i området rundt lokaliteten. Figur 5.4.10 viser ferskvannsavrenning fra de 2 nærmeste elvene med tilgjengelig avrenningsdata, i P3. Posisjonen til de 2 elvene i forhold til strømmålerposisjonene er vist i Figur 5.4.11. Det er vurdert at lokaliteten ikke er sterkt påvirket av ferskvannsavrenning og vårflom siden det er langt fra nærmeste store ferskvannskilde.



Figur 5.4.9. Regn og snøsmelting rundt plassering av anlegget (rød sirkel) for dagen med høyest regn og snøsmelting (01. juli 2012) under P1 (øverst) og (22. desember 2017) under P2 (nederst). Kart hentet fra www.SeNorge.no. Kartdatum: WGS84.



Figur 5.4.10. Ferskvannsavrenning i løpet av P3 fra 2 elver i nærområdet til lokaliteten. Data er produsert ved NVE og metode er utarbeidet av Jon Albretsen ved Havforskningsinstituttet.



Figur 5.4.11. Posisjonen til 2 elver (Elv A er henvist med blå sirkel og Elv B er henvist med rød sirkel) som det er hentet ut ferskvannsavrenning fra i forhold til strømmålerens posisjon (henvist med gul sirkel).

5.5 Diskusjon

Hovedstrømretning på 5m er mot NV/N – S og mot N – S på 15m dyp. Dette stemmer med anleggets beliggenhet i forhold til bunntopografien i området og orienteringen på fjorden.

Strøm på Leite er vurdert å være tidevannsdominert. Sesonginnflytelse er vurdert som relevant, men mindre viktig.

Strøm på Leite er vurdert å bli påvirket av strømkomponentene tidevann, vind og variasjoner i kyststrømmen. Mulig påvirkning på strømmen fra strømkomponentene er tatt hensyn til gjennom økning av strømhastighetene med multiplikasjonsfaktorer. Strømmen er vurdert å ikke bli påvirket av oppstuvning, vårflo, ferskvannsavrenning eller utbrudd fra kyststrømmen fra Skagerrak.

Data har blitt kvalitetssikret gjennom egne prosedyrer og feilmålinger har blitt eliminert.

5.6 Konklusjon

Etter NS 9415:2021 har lokaliteten en maksimal 10-års og 50-års strøm på hhv. 77 og 86cm/s på 5m og 67 og 75cm/s på 15m.

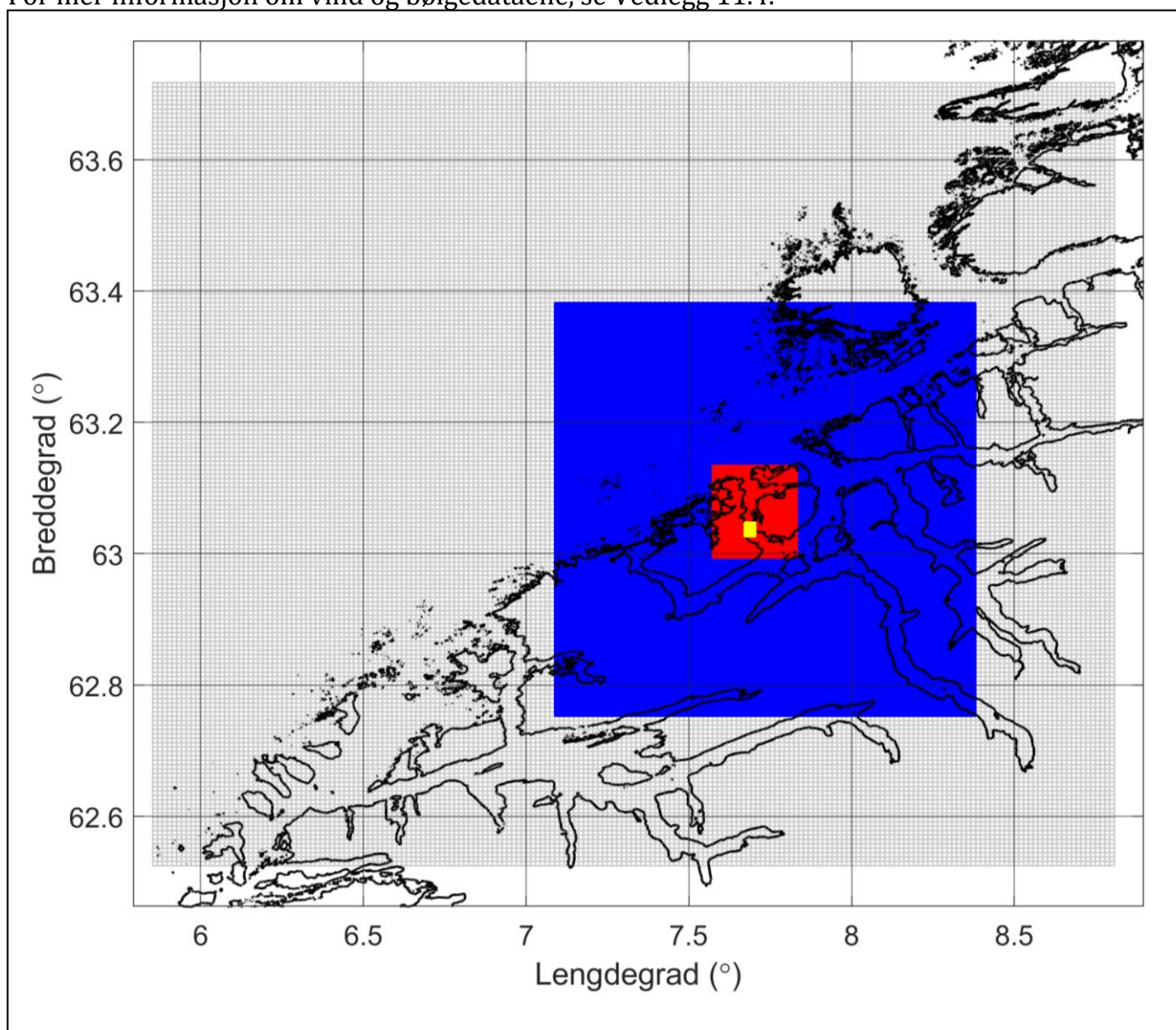
6. Bølger

Ut fra NS 9415:2021, i henhold til krav på lokalitetsrapport, skal det beregnes maksimal opptredende signifikant bølgehøyde med returperiode på 10 og 50 år for 8 himmelretninger.

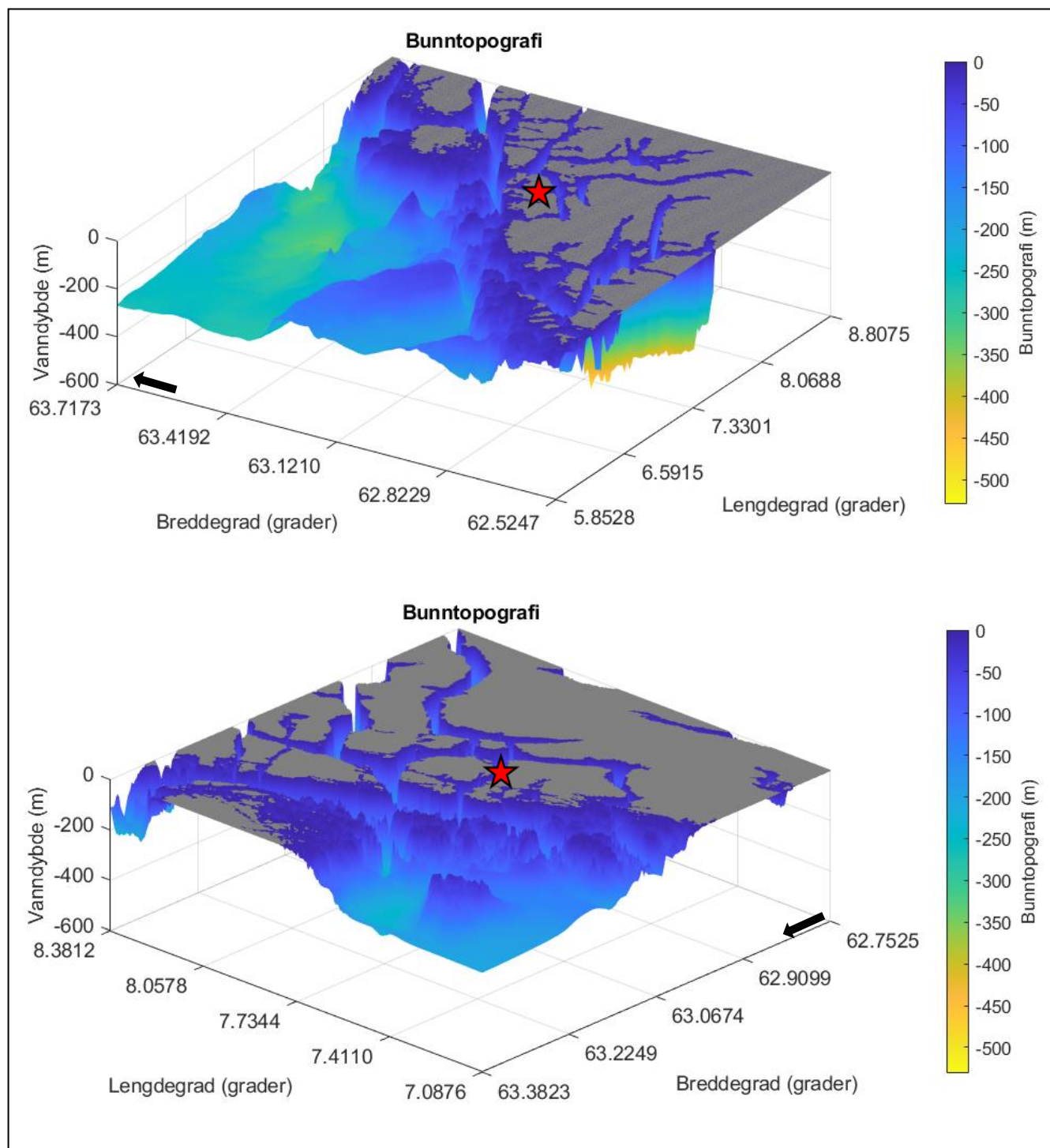
Programmet SWAN (Booij et al., 1999) er benyttet for å beregne vindbølger på lokaliteten med dybde data fra Statens kartverk Sjø (Kystkartverket, 2006) samt oppmålte data fra multistråle ekkolodd tilkoblet Olex.

Vindbølger på lokaliteten er modellert med 3 grid med en oppløsning på 250 x 250m, 50 x 50m og 10 x 10m (Figur 6.1, blå, rød og gul). Havbølger på lokaliteten er modellert med 4 grid (Figur 6.1, grå, blå, rød og gul), hvor offshorebølger er introdusert ved randen på ytterste grid. Kombinert bølger på lokaliteten er modellert med 3 grid, som for vindbølger, hvor havbølger fra havbølgekjøringene er introdusert på randen til grid med oppløsning på 250 x 250m.

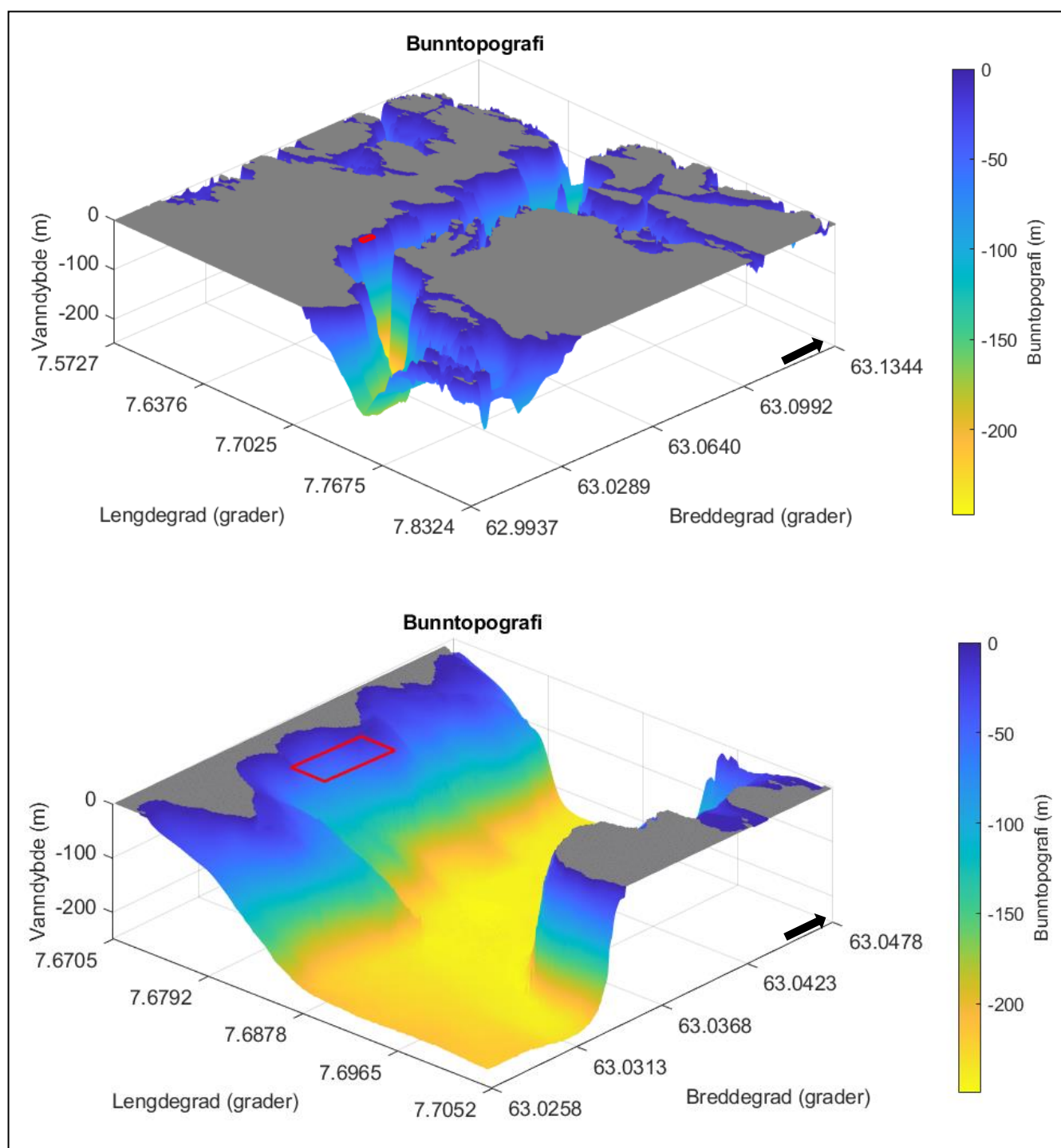
For mer informasjon om vind og bølgedataene, se Vedlegg 11.4.



Figur 6.1. Inndelinger brukt i bølgeberegningen fra havområdet utenfor til nærområdet rundt lokalitet. Gridoppløsning er 750 x 750m offshore (grå); 250 x 250m (blå), 50 x 50m (rød) og 10 x 10m (gul). Gridpunkt over land er definert som land i modellen og kan ikke generere bølger.



Figur 6.2. Modellert bunntopografi. Øverst: 750 x 750m grid, nederst: 250 x 250m grid. Land er vist med grå farge. Anlegget er vist med rød stjerne. Nord er indikert med sort pil.



Figur 6.3. Modellert bunntopografi. Øverst: 50 x 50m grid, nederst: 10 x 10m grid. Land er vist med grå farge. Anlegget er vist med et rødt rektangel. Nord er indikert med sort pil.

6.1 Vindbølger

Vindforholdene på lokaliteten er bestemt i henhold til NS-EN 1991-1-4 og Vedlegg 11.4.1. Tabell 6.1.1 og Tabell 6.1.2 viser vindstyrke (m/s), signifikant bølgehøyde (Hs), pikperiode (Tp) og bølgeretning (grader) for 10- og 50-års returperiode.

Høyeste vindbølger på anlegget er 1.6m fra retning 12° (N). De er generert av vind fra N.

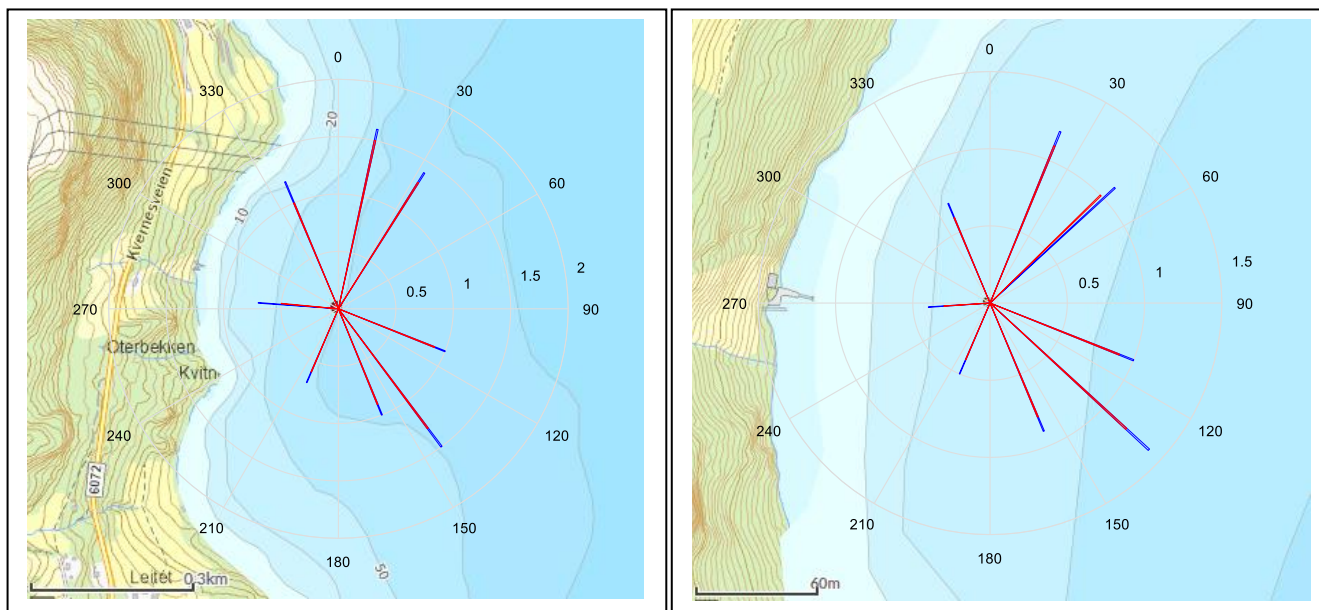
Høyeste vindbølger på flåte er 1.4m fra retning 133° (SØ). De er generert av vind fra S.

Tabell 6.1.1. 10- og 50-års returperiode for vindbølger på anlegget. Vindverdiene oppgitt i tabellen er strøkvind (V_{st}).

	10 år				50 år			
		Bølger på anlegget				Bølger på anlegget		
Vind Retning (fra)	V_{st} (m/s)	Hs (m)	Tp (s)	Retning fra (°)	V_{st} (m/s)	Hs (m)	Tp (s)	Retning fra (°)
Nord (337.5 - 22.5°)	23	1.5	4.4	12	25	1.6	4.7	12
Nordøst (22.5 - 67.5°)	23	1.3	4.1	32	25	1.4	4.4	32
Øst (67.5 - 112.5°)	17	0.9	3.5	112	19	1.0	3.5	112
Sørøst (112.5 - 157.5°)	17	1.3	4.1	143	19	1.5	4.1	143
Sør (157.5 - 202.5°)	26	0.9	3.5	158	28	1.0	3.6	158
Sørvest (202.5 - 247.5°)	28	0.6	2.2	203	32	0.7	2.4	203
Vest (247.5 - 292.5°)	28	0.5	1.9	275	32	0.7	2.0	274
Nordvest (292.5 - 337.5°)	23	1.0	3.8	337	25	1.2	4.0	337

Tabell 6.1.2. 10- og 50-års returperiode for vindbølger på flåte. Vindverdiene oppgitt i tabellen er strøkvind (V_{st}).

	10 år				50 år			
		Bølger på flåte				Bølger på flåte		
Vind retning	V_{st} (m/s)	Hs (m)	Tp (s)	Retning fra (°)	V_{st} (m/s)	Hs (m)	Tp (s)	Retning fra (°)
Nord (337.5 - 22.5°)	23	1.1	3.8	22	25	1.2	4.1	22
Nordøst (22.5 - 67.5°)	23	1.0	3.5	46	25	1.1	3.8	47
Øst (67.5 - 112.5°)	17	0.9	3.3	112	19	1.0	3.5	112
Sørøst (112.5 - 157.5°)	17	1.2	4.1	133	19	1.4	4.1	133
Sør (157.5 - 202.5°)	26	0.8	3.2	157	28	0.9	3.6	157
Sørvest (202.5 - 247.5°)	28	0.4	2.0	203	32	0.5	2.2	203
Vest (247.5 - 292.5°)	28	0.3	1.4	266	32	0.4	1.5	266
Nordvest (292.5 - 337.5°)	23	0.6	2.8	337	25	0.7	3.0	337



Figur 6.1.1. Rosediagrammet viser 10- og 50-års vindgenerert signifikant bølgehøyde i henholdsvis rødt og blått. Til venstre: bølgehøyde på anlegget. Til høyre: bølgehøyde på flåten. Kartdatum: WGS84. Målestokk og skala på figurene er ulike.

6.2 Havbølger

Området til lokaliteten er ikke helt beskyttet fra havbølger fra åpent hav. Det er forventet at havbølger forplanter seg inn til lokaliteten. Offshore bølgetilstand er beregnet ved hjelp av ekstremverdianalyse av WAM10 modelldata (Reistad et al., 2009) ved et gitt punkt langs norskekysten.

Tabell 6.2.1 og Tabell 6.2.2 viser 10-års og 50-års returperiode for signifikant bølgehøyde (Hs) og pikperiode (Tp), samt bølgeretning (grader), for havbølger.

Tabell 6.2.1. 10-års og 50-års returperiode for havbølger på anlegget.

	10 år					50 år				
Offshore	Offshore		Bølger på anlegget			Offshore		Bølger på anlegget		
Retning (fra)	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)	Retning fra (°)	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)	Retning fra (°)
Nord	9.7	14.8	0.1	13.4	7	11.9	16.0	0.1	12.5	8
Sørvest	13.2	16.0	0.1	14.4	8	15.6	16.9	0.1	13.4	8
Vest	12.5	16.4	0.1	12.5	8	15.3	17.4	0.1	12.5	8
Nordvest	11.1	15.8	0.1	14.4	8	13.4	17.0	0.1	12.5	8

Tabell 6.2.2. 10-års og 50-års returperiode for havbølger på flåte.

	10 år					50 år				
Offshore	Offshore		Bølger på flåte			Offshore		Bølger på flåte		
Retning (fra)	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)	Retning fra (°)	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)	Retning fra (°)
Nord	9.7	14.8	0.1	14.4	38	11.9	16.0	0.1	11.7	39
Sørvest	13.2	16.0	0.0	-	-	15.6	16.9	0.0	-	-
Vest	12.5	16.4	0.0	-	-	15.3	17.4	0.0	-	-
Nordvest	11.1	15.8	0.1	15.4	40	13.4	17.0	0.1	11.7	41

Havbølger fra N, SV, V, og NV, med høyde 0.1m og pikperiode 12.5 – 14.4s, forplanter seg inn til anlegget med retning 7 – 8° (N).

Havbølger fra N og NV, med høyde 0.1m og pikperiode 11.7 – 15.5s, forplanter seg inn til flåte med retning 38 – 41° (NØ). Havbølger fra SV og V forplanter seg ikke inn til flåte.

6.3 Kombinertbølger

Tabell 6.3.1 og Tabell 6.3.2 viser 10-års og 50-års returperiode for signifikant bølgehøyde (Hs) og pikperiode (Tp), samt bølgeretning (grader), for kombinertbølger.

Tabell 6.3.1. 10-års og 50-års returperiode for kombinertbølger på anlegget.

Vind (10 år / 50 år)		Offshore bølger (10 år / 50 år)			Bølger på anlegget (10 år / 50 år)			
Retning (fra)	(m/s)	Retning (fra)	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)	Retning	Retning (fra)
Nord	23/25	Nord	9.7/ 11.9	14.8/16.0	1.5/1.7	4.7/4.7	11/11	N
Nord	23/25	Nordvest	11.1/ 13.4	15.8/17.0	1.5/1.7	4.7/4.7	11/11	N

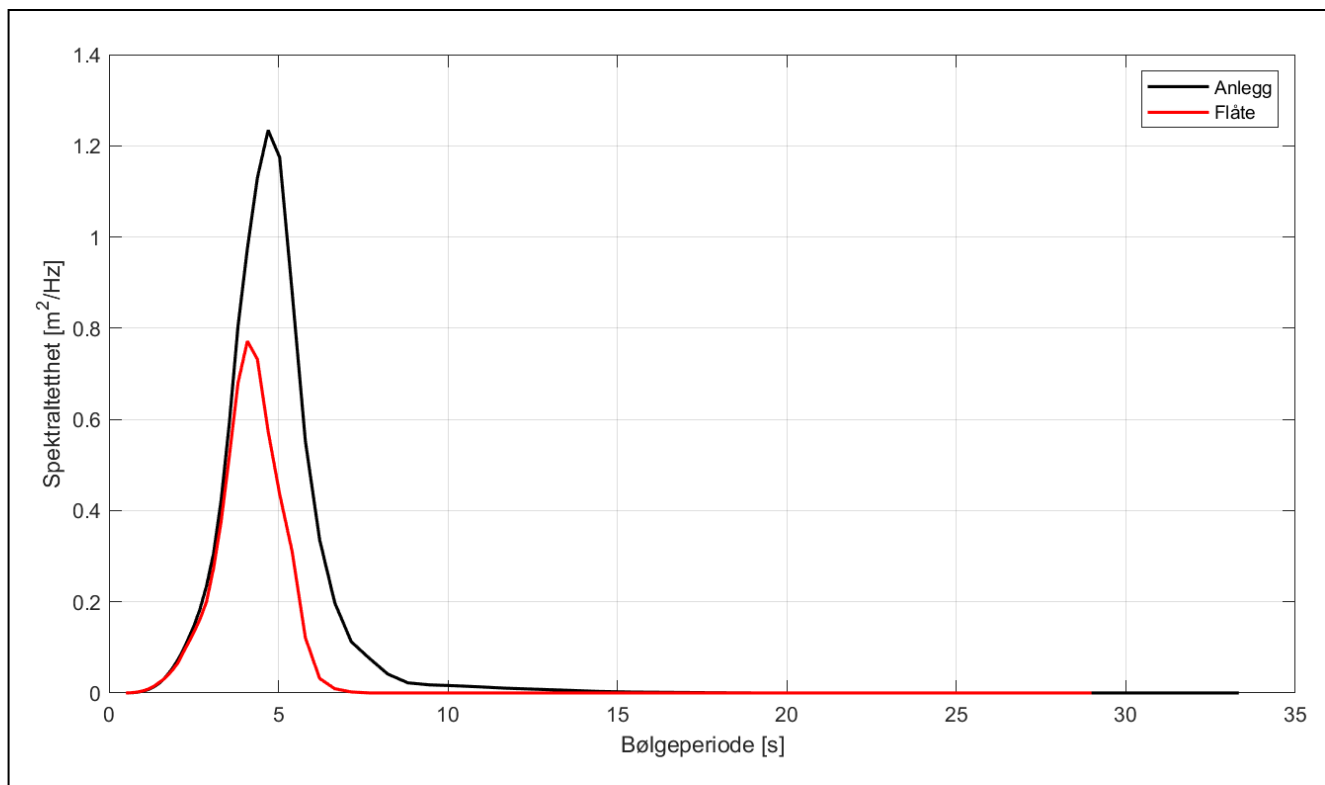
Tabell 6.3.2. 10-års og 50-års returperiode for kombinertbølger på flåte.

Vind (10 år / 50 år)		Offshore bølger (10 år / 50 år)			Bølger på flåte (10 år / 50 år)			
Retning (fra)	(m/s)	Retning (fra)	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)	Retning	Retning (fra)
Nord	23/25	Nord	9.7/ 11.9	14.8/16.0	1.1/1.2	4.1/4.1	25/26	NØ
Nord	23/25	Nordvest	11.1/ 13.4	15.8/17.0	1.1/1.2	4.1/4.1	25/26	NØ

Havbølger fra N og NV, i kombinasjon med vindbølger fra N, bygger opp bølgehøyden på anlegget med opptil 0.1m.

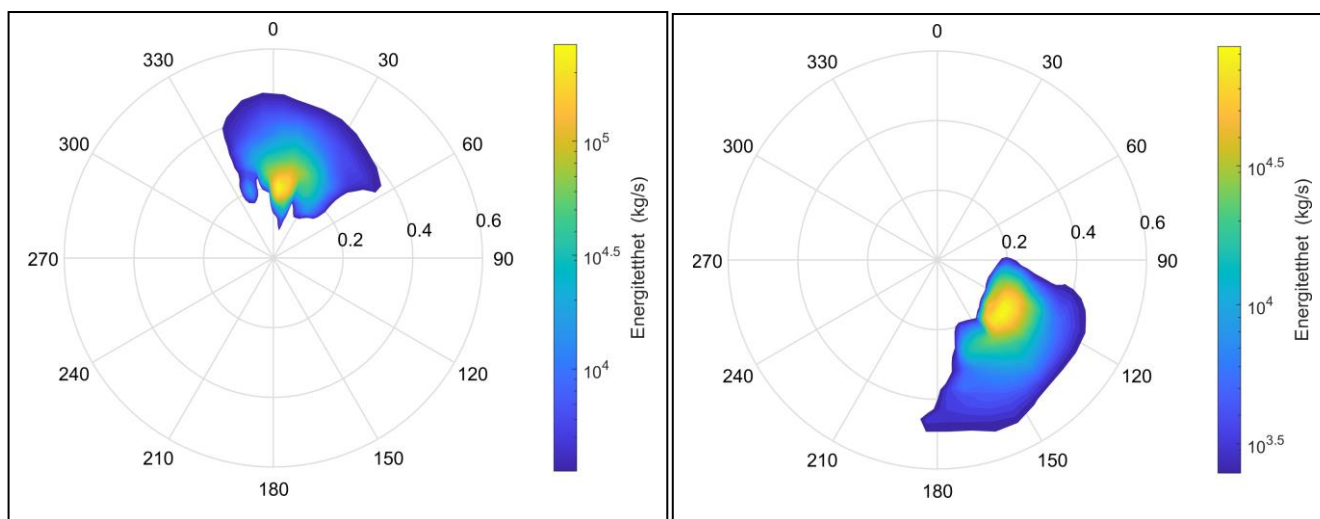
Havbølger fra N og NV, i kombinasjon med vindbølger fra N, bygger opp bølgehøyden på flåte med 0.1m.

6.4 Høyeste bølge og bølgespekter



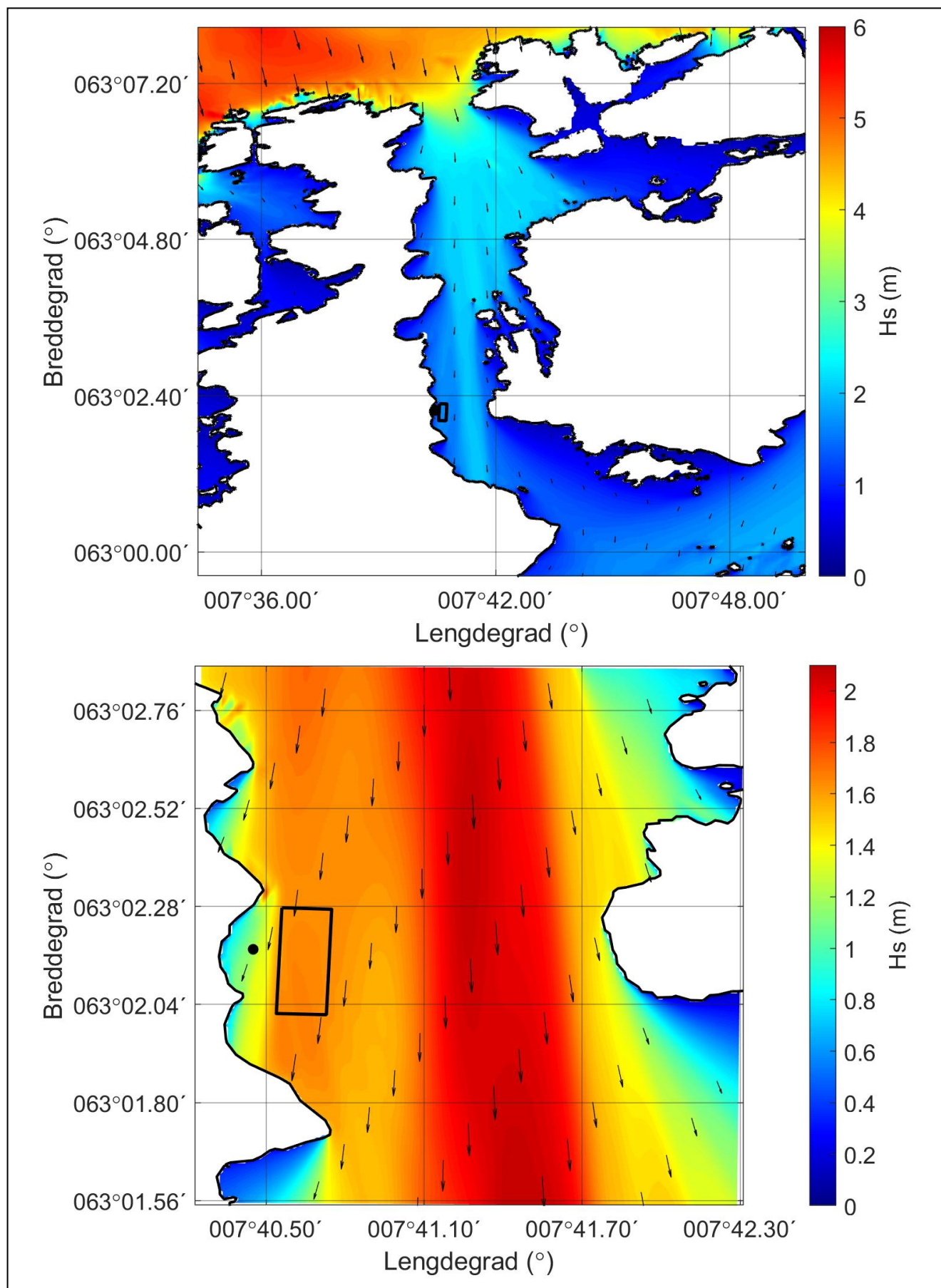
Figur 6.4.1. Spektraltetthet for de største kombinertbølgene på anlegget (svart) og største vindbølge på flåte (rød).

Figur 6.4.1 viser bølgespekteret for den største 50-års kombinertbølgen med vind fra N og havbølger fra NV på flåte og den største 50-års vindbølgen med vind fra S på flåte. Bølgespekteret for flåte har en topp, på ca. 5s og bølgespekteret har en topp på ca. 4s.

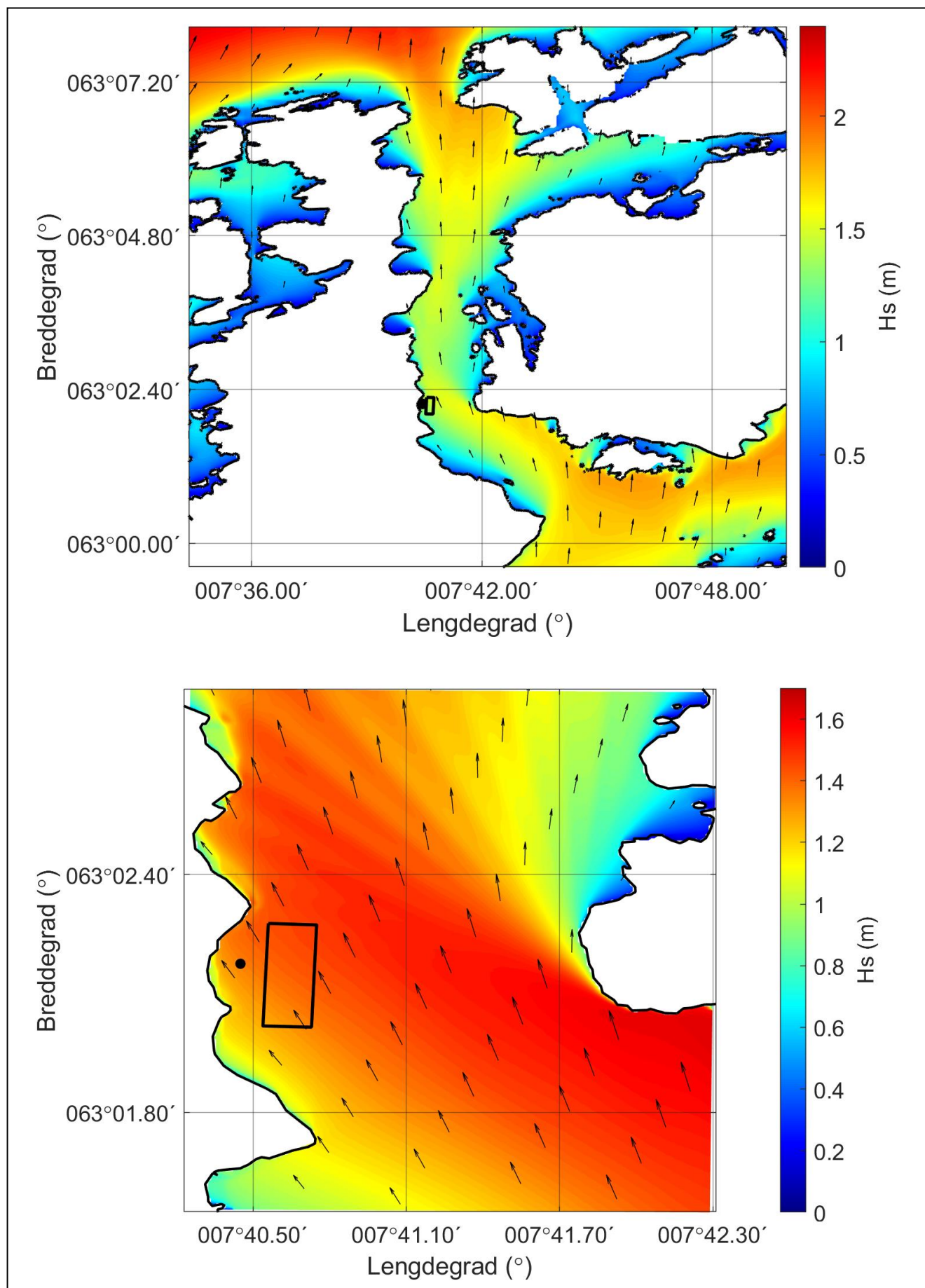


Figur 6.4.2. Bølgeretningsspektrum for de største kombinertbølgene på anlegget (venstre) og de største vindbølgene på flåte (høyre). De øverste 5% av den totale energitettheten er vist.

De høyeste kombinertbølgene på anlegget oppstår når vind blåser fra N og havbølger fra NV. De høyeste vindbølgene på flåte oppstår når vind blåser fra S. De øverste 5% av den totale energitettheten er vist i Figur 6.4.2 for de største vindbølgene på flåte og kombinertbølgene på anlegg. Med denne energitettheten kan bølger komme fra retninger mellom omtrent NV - NØ (330° - 60°) på anlegget og fra Ø - S (90° - 190°) på flåte.



Figur 6.4.3. Kart over signifikant bølgehøyde (Hs) og tilhørende retning med 50-års kombinertbølger med vind fra N og havbølger fra NV mot lokaliteten. Anleggets ramme er anvist med et svart rektangel og flåte er anvist med en svart sirkel. Øverst: 50 x 50m grid og nederst: 10 x 10m grid.



Figur 6.4.4. Kart over signifikant bølgehøyde (Hs) og tilhørende retning med 50-års vindbølger med vind fra SØ mot lokaliteten. Anleggets ramme er anvist med et svart rektangel og flåte er anvist med en svart sirkel. Øverst: 50 x 50m grid og nederst: 10 x 10m grid.

6.5 Bølgekomponenter

Vindbølger

Vinden overfører energi til vannflaten i den retning den blåser og også over en betydelig vinkelåpning til den vindretningen (Saville Jr., 1945). Bølgers utvikling på grunn av vind er begrenset av lokal topografi, bunntopografi og vindvarighet (Smith, 1991). Modellen SWAN er brukt for å beregne bølgehøyde og -periode.

På målepunktet er både vindgenererte bølger og havbølger vurdert som viktige bølgekomponenter.

De høyeste vindbølgene bygger seg opp fra N, NØ og SØ, når vind blåser fra N, NØ og S på grunn av lang strøklengde i N, NØ og SØ. De laveste vindbølgene bygger seg opp når vind blåser fra SV og V, på grunn av kort strøklengde.

Havbølger

Havbølger er bølger med lang bølgelengde (ca. 10 – 20s) som kommer inn til kysten (SINTEF, 2005). Bølgene er utviklet langt fra lokaliteten, og har reist langt på dypt vann fra stedet de ble generert. Forplantingsretningen er derfor ikke nødvendigvis den samme som retningen til lokal vindsjø.

Havbølger fra N, SV, V, og NV, med høyde 0.1m og pikperiode 12.5 – 14.4s, forplanter seg inn til anlegget med retning 7 – 8° (N). Havbølger fra N og NV, med høyde 0.1m og pikperiode 11.7 – 15.5s, forplanter seg inn til flåte med retning 38 – 41° (NØ). Havbølger fra SV og V forplanter seg ikke inn til flåte.

Kombinertbølger

Endringer i bølgespekteret kan skje i tilfeller hvor havbølger og vindbølger møtes og kan føre til høyere eller reduserte bølger. Vind og havbølger kan gjennom konstruktiv interferens bygge opp høyere kombinertbølger på anlegget enn bølgehøyden som oppstår ved vindpåvirkning alene.

Havbølger fra N og NV, i kombinasjon med vindbølger fra N, bygger opp bølgehøyden på lokaliteten med opptil 0.1m.

Bølgespekteret på både anlegg og flåte har en topp, på henholdsvis ca. 5s og 4s. Selv om havbølger forplanter seg inn til lokaliteten, er bølgespekteret mest påvirket av vindbølger som anvist av vindbølgenes pikperiode.

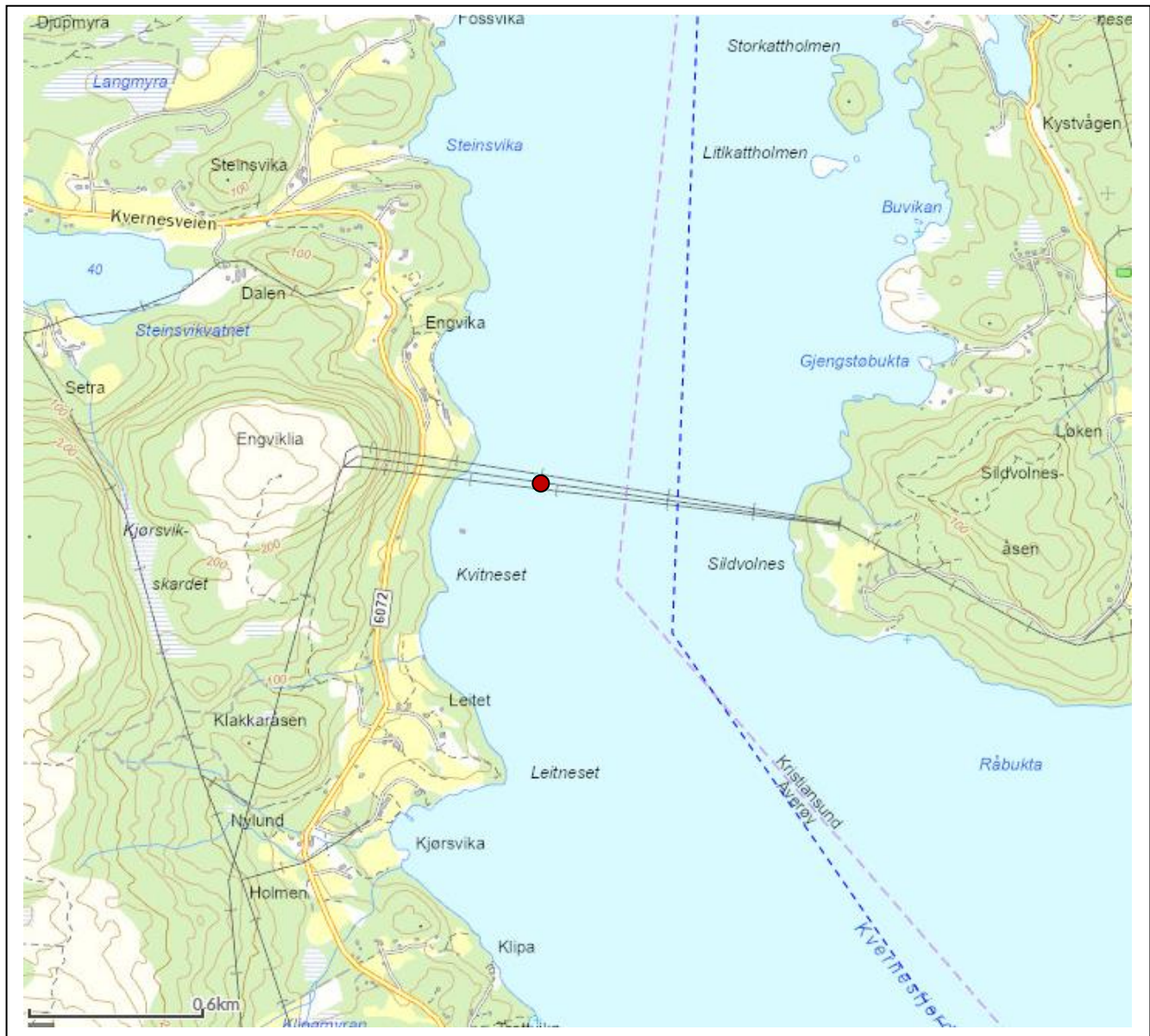
Skipsgenererte bølger, bølgetog og bølgerrefleksjon

Båter kan generere bølger som i noen tilfeller kan overskride vindgenererte bølger, men bølgehøyden avtar eksponentielt med avstand fra seillinje. Skipsgenerert bølgehøyde er også avhengig av type skip og skipets hastighet (Dam et al. 2005, Hoffmann et al., 2008). Hofmann et al. (2008) har oppgitt noen eksempler på skipsgenererte bølger: ferge som skaper bølger med høyde 0.04 – 0.15m og periode på ca. 3.7s og passasjerskip som skaper bølger med høyde 0.1 – 0.5m og periode på ca. 2.9s. For at skipsgenererte bølger skal kunne påvirke anlegget og føre til høyere bølger enn den dimensjonerende vindbølgen, må bølger fra skip skapes samtidig som vindbølger påvirker anlegget, og bølgene må ha en retning som fører til at vind- og skipsgenererte bølger bygges opp.

Anlegget ligger ca. 476m (0.26Nm) fra nærmeste farled (Figur 6.5.1). Bølgehøyden på anlegget er derfor vurdert til å bli påvirket av skipsgenererte bølger på grunn av plassering relativt nærme trafikkert skipsled. Skipsgenererte bølger er imidlertid vurdert å være mindre enn vindgenererte bølger som oppstår på lokaliteten.

Anlegget er vurdert til å bli litt utsatt for bølgetog på grunn av plassering og innflytelse av havbølger i aktuelt område.

Anlegget ligger ikke i nærheten av bratt bunntopografi eller landtopografi og er derfor vurdert å ikke bli påvirket av bølgererefleksjon.



Figur 6.5.1. Plassering av anlegget (anvist med rød sirkel) i forhold til farled (blå stiplet linje). Kart hentet fra Fiskeridirektoratets kartverktøy. Kartdatum: WGS84.

Bølge-strøm interaksjon

Bølge-strøm interaksjon er viktig når bølger treffer strøm i motsatt retning. Bølger kan i teorien bygges opp på grunn av redusert hastighet. Dette gir høyere bølger på en lokalitet enn når bølger og strøm har samme retning. Hovedstrømretning på lokaliteten er mot NV/N – S på 5m dyp. Høyeste bølger kommer fra N (retning 12 – 22°) og SØ (retning 133 – 143°). Når de to går i samme retning vil ikke bølgehøyden på lokaliteten bli påvirket. Strøm og bølger med motsatt retning på samme sted kan påvirke bølgehøyden på lokaliteten, dvs. bølger fra N og strøm mot N. Lokaliteten er vurdert å bli påvirket av bølge-strøm interaksjon.

6.6 Bekreftelse av bølgeberegninger

Vindbølgeresultatene fra SWAN blir kontrollert av bølgehøyden beregnet ut fra ligninger oppgitt i NS 9415:2009, og fra 'Manual Wave Forecasting Diagram' (Gröen og Dorrestein, 1976) oppgitt i Guide to Wave Analysis and Forecasting (World Meteorological Organization, 1998).

Disse beregner bølgehøyde og periode ut fra strøklengde og vindhastighet. Resultatene blir sammenlignet med resultatene fra SWAN-modellen.

Kombinertbølger er kontrollert etter Formel 11.4-1.

6.7 Diskusjon

Den høyeste beregnede 50-års signifikante bølgehøyde er på 1.7m fra N på anlegget. Denne sjøtilstanden oppstår når vind blåser fra N og havbølger forplanter seg inn fra NV eller N. Laveste 50-års signifikante bølgehøyde er på 0.7m når vinden blåser fra SV eller V.

Den høyeste beregnede 50-års signifikante bølgehøyde er på 1.4m fra SØ på flåte. Denne sjøtilstanden oppstår når vind blåser fra S. Laveste 50-års signifikante bølgehøyde er på 0.4m når vinden blåser fra V.

Lokaliteten har lengst strøklengde (sammenhengende sjølengde som vinden har til rådighet) mot N, NØ og SØ. Selv om høyeste vindhastighet har retning fra SV og V, bygger de høyeste bølgene seg opp fra N og SØ på grunn av anleggets plassering og topografien i området. De laveste bølgene bygger seg opp når vind blåser fra SV og V, på grunn av kort strøklengde.

Maksimal vindhastighet på Kristiansund lufthavn fra retningene N og S mellom 2004 – 2022 var henholdsvis 12.0m/s og 15.3m/s. Tilgjengelig vinddata viser at:

99. prosentil for vindhastighet fra N er 8.4m/s og for vindhastighet fra S er 8.3m/s.

Dette indikerer at 1% av vinddata har hastighet høyere enn 8.4m/s (N) og 8.3m/s (S).

Ved bruk av vindhastighet bestemt i henhold til NS-EN 1991-1-4 for de to retningene (50-års vind N - 25m/s og S - 28m/s), er bølgehøyde for Leite vurdert konservativt.

Vindbølgehøyden er økt i kombinasjon med havbølger som forplanter seg inn til lokaliteten. Disse kan være relevant for anlegget og flåte. Bølgehøyden er også vurdert å være påvirket av skipsgenererte bølger, bølgetog og bølge-strøm interaksjon. Selv om bølgehøyden er vurdert å bli påvirket av noen bølgekomponenter, er 50-års Hs vurdert konservativt nok til å ta hensyn til innflytelse fra bølgekomponentene. Bølgehøyden er vurdert å ikke bli påvirket av bølgerrefleksjon.

Maksimal bølgehøyde (H_{max}) er ofte estimert som $H_{max} = 1.67 \cdot H_s$. Forholdet mellom H_{max} og H_s er steds- og sjøtilstandsspesifikk, dermed kan forholdet mellom de to være fra 1.5 til 1.85. Fordi H_s er et gjennomsnitt av den høyeste tredjedel av bølgene, kan høyere bølger opptre på lokaliteten enn oppgitt 10-år og 50-års H_s .

Bølgebrytingsdyp = ca. $1.3 \cdot H_s$. Det vil si at med $H_s = 1.7m$ kommer bølgen til å bryte når dypet er ca. 2.2m. Bølgebryting er irrelevant for de fleste lokaliteter.

Usikkerheten i beregninger er tatt hensyn til i verdier oppgitt i rapporten.

6.8 Konklusjon

Beregnet maksimal signifikant bølgehøyde for 10- og 50-års bølger på anlegget er henholdsvis 1.5m og 1.7m fra retning 11° (N) når vinden blåser fra N og havbølger forplanter seg inn fra N eller NV.

Beregnet maksimal signifikant bølgehøyde for 10- og 50-års bølger på flåte er henholdsvis 1.2m og 1.4m fra retning 133° (SØ) når vinden blåser fra S.

7. Konklusjonstabell for vind, strøm og bølger

Beregnet største 10- og 50-års vind, strøm og bølger for anlegget og flåte er vist i Tabell 7.1 og Tabell 7.2.

Tabell 7.1. 10-års vind, strøm og bølger.

Returperiode - 10 år																								
							Anlegg									Flåte								
	Vind	Strøm				Vind	Vindbølger			Havbølger			Kombinertbølger			Vindbølger			Havbølger			Kombinertbølger		
	V _s	5m	Ret	15m	Ret	V _{st}	Hs	Tp	Ret	Hs	Tp	Ret	Hs	Tp	Ret	Hs	Tp	Ret	Hs	Tp	Ret	Hs	Tp	Ret
	m/s	cm/s	°	cm/s	°	m/s	m	s	°	m	s	°	m	s	°	m	s	°	m	s	°	m	s	°
	fra		mot		mot	fra			fra			fra			fra			fra			fra			fra
N	25	61	341	55	344	23	1.5	4.4	12	0.1	13.4	7	1.5	4.7	11	1.1	3.8	22	0.1	14.4	38			
NØ	25	45	29	41	23	23	1.3	4.1	32							1.0	3.5	46				1.1	4.1	25
Ø	19	25	71	28	69	17	0.9	3.5	112							0.9	3.3	112						
SØ	19	51	153	37	156	17	1.3	4.1	143							1.2	4.1	133						
S	28	77	177	67	190	26	0.9	3.5	158							0.8	3.2	157						
SV	32	53	205	53	208	28	0.6	2.2	203	0.1	14.4	8				0.4	2.0	203	0.0	-	-			
V	32	40	286	33	249	28	0.5	1.9	275	0.1	12.5	8				0.3	1.4	266	0.0	-	-			
NV	25	66	326	47	331	23	1.0	3.8	337	0.1	14.4	8				0.6	2.8	337	0.1	15.4	40			

Tabell 7.2. 50-års vind, strøm og bølger.

Returperiode - 50 år																								
							Anlegg									Flåte								
	Vind	Strøm				Vind	Vindbølger			Havbølger			Kombinertbølger			Vindbølger			Havbølger			Kombinertbølger		
	V _s	5m	Ret	15m	Ret	V _{st}	Hs	Tp	Ret	Hs	Tp	Ret	Hs	Tp	Ret	Hs	Tp	Ret	Hs	Tp	Ret	Hs	Tp	Ret
	m/s	cm/s	°	cm/s	°	m/s	m	s	°	m	s	°	m	s	°	m	s	°	m	s	°	m	s	°
	fra		mot		mot	fra			fra			fra			fra			fra			fra			fra
N	28	69	341	62	344	25	1.6	4.7	12	0.1	12.5	8	1.7	4.7	11	1.2	4.1	22	0.1	11.7	39			
NØ	28	50	29	46	23	25	1.4	4.4	32							1.1	3.8	47				1.2	4.1	26
Ø	21	28	71	32	69	19	1.0	3.5	112							1.0	3.5	112						
SØ	21	58	153	42	156	19	1.5	4.1	143							1.4	4.1	133						
S	32	86	177	75	190	28	1.0	3.6	158							0.9	3.6	157						
SV	35	59	205	60	208	32	0.7	2.4	203	0.1	13.4	8				0.5	2.2	203	0.0	-	-			
V	35	45	286	37	249	32	0.7	2.0	274	0.1	12.5	8				0.4	1.5	266	0.0	-	-			
NV	28	74	326	53	331	25	1.2	4.0	337	0.1	12.5	8				0.7	3.0	337	0.1	11.7	41			

8. Tidevannsnivå

Havnivåinformasjon for anleggets midtpunkt er hentet fra sehavniva.no (Kartverket, 2023), data er beregnet fra nærmeste målestasjon. Verdier for anlegget og nærmeste målestasjon er presentert i Tabell 8.1.

Tabell 8.1. Beregnet vannstands nivå på anlegget basert på målestasjon Kristiansund, Kristiansund kommune. Det er ingen tidsforskjell eller høydekorreksjonsforskjell mellom anlegg og målestasjon. Referansenivå er sjøkartnull.

	Målestasjon (cm)	Anlegg (cm)
Gjentakningsintervall 50 år - høyvann	321	321
Gjentakningsintervall 10 år - høyvann	308	308
Høyeste astronomiske tidevann	265	265
Middel høyvann	202	202
Middelvann	134	134
Laveste astronomiske tidevann (sjøkartnull)	0	0
Gjentakingsintervall 5 år - lavvann	-16	-16
Gjentakingsintervall 20 år - lavvann	-25	-25
Gjentakingsintervall 50 år - lavvann	-100	-100

9. Is

Det er viktig å unngå så store mengder is på både stål- og platanlegg at oppdriften blir utilstrekkelig og at deler av anlegget kommer under vann (SINTEF, 2006).

Med tap av oppdrift kan anlegget utsettes for store krefter på grunn av tvungne deformasjoner, selv om is vil smelte og forsvinne når anlegget kommer under overflaten. Isingsraten er sterkt avhengig av en kombinasjon av lufttemperatur, vindhastighet, sjøvannstemperatur og mengde vann i lufta (SINTEF, 2006).

Lav saltholdighet i vann kan også forsterke effekten av ispåslag på anlegget. Strøklengde på en lokalitet kan også være avgjørende for isvekst på utstyret. For anlegg som er utsatt for sjøsprøyt vil de anleggene med lang strøklengde kunne dra nytte av bølger som kan føre til smelting av akkumulert is.

Isforholdene innfrysing, nedising og drivis er evaluert. Temperatur og vinddata fra 2004 – 2022 er tatt fra den nærmeste og mest representative værstasjonen operert av Meteorologisk institutt, Kristiansund lufthavn (Åkerblå, 2023a), for å vurdere isforholdene innfrysing og nedising.

9.1 Innfrysing

I skjermede fjordområder med store ferskvannskilder kan innfrysing starte under kalde og vindstille værforhold.

Sannsynligheten for at ising starter under slike forhold (lufttemperatur $< 0^{\circ}\text{C}$, vind $< 1\text{m/s}$), er 7.3% basert på målinger fra Kristiansund lufthavn (Tabell 11.6.4). Frekvensen av en kombinasjon av kalde og vindstille forhold for vintermånedene (desember, januar, februar og mars) var 1.5% på Kristiansund lufthavn i vinterperioden 2004 – 2022 (Åkerblå, 2023a).

Det er presisert i Den norske los (2018) at Nordmørsfjordane er isfrie om vinteren. I særlig strenge vintre kan isen legge seg i enkelte av fjordbunnene i korte perioder. Det er ingen store ferskvannskilder i området og dermed er innfrysing av lokaliteten vurdert som liten.

9.2 Nedising

Erfaringer fra oppdretterne tilsier at en kan få problemer med nedising av anlegget på grunn av sjøsprøyt når det er kaldt (lufttemperatur $<$ frysepunkt av sjøvann (avhengig av salinitet), vindhastighet $> 10\text{m/s}$ og sjøvannstemperatur $< 8^{\circ}\text{C}$; ISO 19906).

9.2.1 Beregning av akkumulering av is

Det finnes flere metoder for å beregne mengden akkumulert is. De ulike metodene kan gi forskjellige svar siden datagrunnlaget som metoden er basert på er ulik, og eventuelt mengden variabler som inngår i analysen. Beregninger fra metodene er beskrevet i Guest et al. (2005), Albrecht (2010) og Mertins (1968), og er basert på data fra værstasjonen Kristiansund lufthavn (2004 – 2022).

Det er viktig å merke seg at akkumulering av is kun vil forekomme i nevnte risikotilfeller, og at påslag av store bølger vil føre til smelting av akkumulert is.

PPR-beregninger (Guest et al., 2005) i kombinasjon med IcingCalculator 1.0 (Albrecht, 2010)

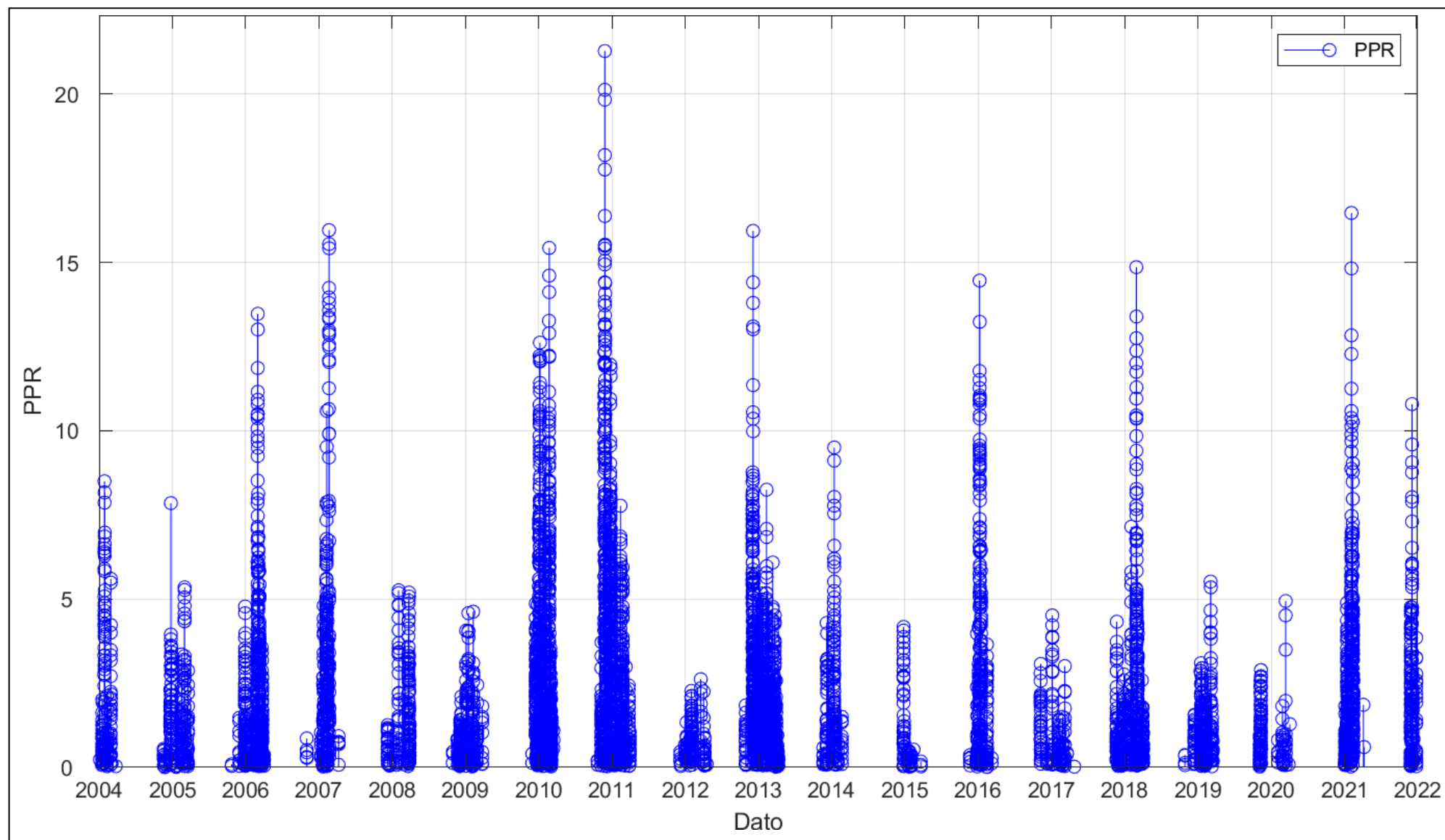
Guest et al. (2005) oppgir en metode for å beregne isingsrisiko, isingpredikator (PPR) (Figur 9.1.1), basert på lufttemperatur, sjøtemperatur og vindstyrke, (ligning 11.6-1 i Vedlegg 11.6). De fem kategoriene for isingsrisikoen er null, liten, middels, stor og ekstrem (Tabell 11.6.2). ISO 19906 deler intensiteten av akkumulert is inn i tre kategorier: treg, rask og veldig rask (Tabell 11.6.1).

Rimelige verdier for sjøtemperatur for de månedene det var tilfeller med isingsrisiko, basert på isingsberegninger beskrevet av Guest et al. (1984) i kombinasjon med IcingCalculator 1.0 (Albrecht, 2010), er hentet fra Haakstad et al. (1994), se Tabell 9.2.1. Nedre estimat er benyttet for å sikre konservative beregninger.

Tabell 9.2.1. Risiko for akkumulering av is ved lokaliteten basert på IcingCalculator 1.0 (Albrecht, 2010). Ising per time (mm/t) er beregnet fra de temperatur- og vindhastighetsverdiene som gir maks PPR-verdi, for alle måneder med PPR-verdier > 0. Sjøtemperatur er hentet fra Haakstad et al. (1994). Lufttemperatur- og vindhastighetsdata er hentet fra Kristiansund lufthavn, 2004 – 2022.

Måned	Sjøtemperatur (°C)	Lufttemperatur (°C)	Vindhastighet (m/s)	Ising per time (mm/t) basert på maks PPR
Januar	4.0	-7.3	7.0	3.8
Februar	4.0	-6.5	9.3	4.3
Mars	4.0	-6.1	8.3	3.3
November	4.0	-7.3	10.3	5.6
Desember	4.0	-7.7	7.2	4.1

Ifølge Guest et al. (2005) og ISO 19906 (Figur 9.2.2, Tabell 9.2.1, Tabell 11.6.1 og Tabell 11.6.2) kan akkumulering av is på anlegget bli opptil treg / liten i januar, februar, mars, november og desember.



Figur 9.2.1. Isvekst per timer etter Guest et al. (2005).

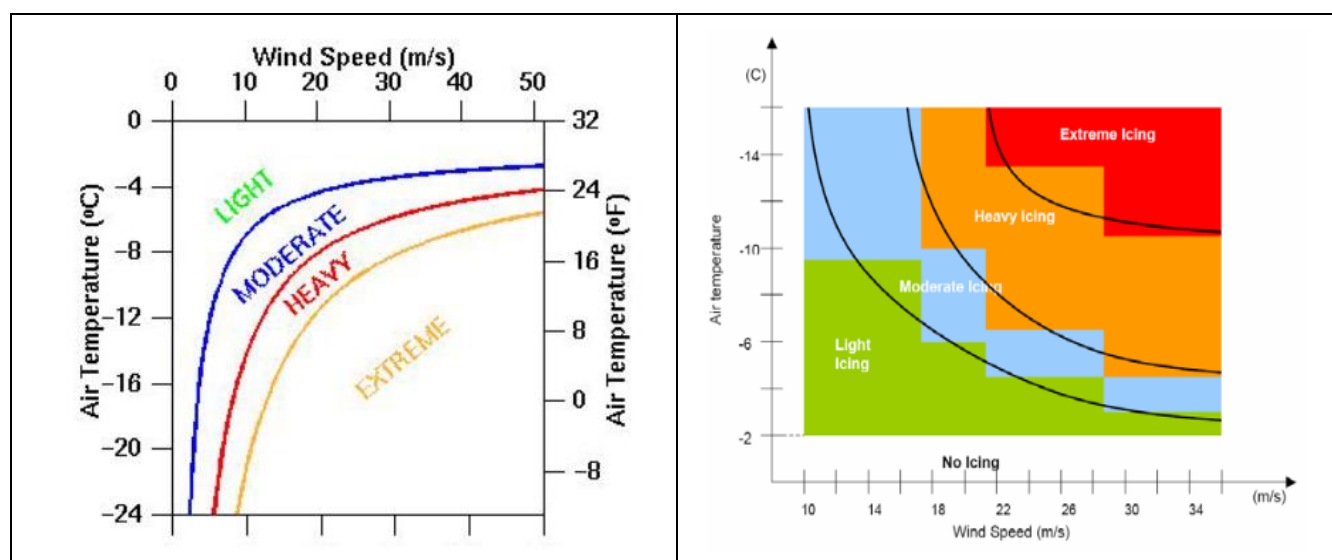
Isingsrisiko er også retningsavhengig. Faren for ising øker ved kald landvind. På Leite gjelder det vind fra Ø-SØ-S. Isingspotensial er beregnet og oppgitt i Tabell 9.2.2. Fare for ising er delt inn i 4 klasser. Total fare for nedising med kald landvind er 3.7% av perioden 2004 – 2022 (beregnet fra Tabell 9.2.2).

Tabell 9.2.2. Fare for ising i de forskjellige klassene og prosent av tiden med kald fralandsvind.

Fare for ising i perioden, 2004 – 2022 var 4.6%.				
	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4
	Liten < 0.7cm/t	Middels 0.7 – 2.0cm/t	Stor 2.0 – 4.0cm/t	Ekstrem > 4.0cm/t
Fare for ising (%)	4.6	0	0	0
% av tid med landvind	80.5	0	0	0

Mertins (1968)

Mertins (1968) utviklet en isingsklassifisering (Figur 9.2.2, høyre) som er forskjellig fra Guest et al. (2005). Mertins (1968) estimerer akkumulert is fra sjøsprøyt i cm/24 timer. Med vind og lufttemperatur fra Kristiansund lufthavn (Tabell 11.6.4) og Figur 9.2.2 vil akkumulert is på anlegget, går fra ingen til moderat ising, dersom disse værforholdene oppstår.



Figur 9.2.2. Venstre: Isakkumuleringsklasse i et isingsnomogram for sjøtemperatur +3°C, definert i Tabell 11.6.2 (Guest et al., 2005). Høyre: Mertins diagram – isakkumulering fra sjøsprøyt. Kategorier er definert i Tabell 11.6.3 (Mertins,1968).

9.2.2 Akkumulering av is med returperiode på 50år

NYTEK-forskriften (2023) krever en 50års returperiode på akkumulert is for å beregne laster på akvakulturanlegget og dets komponenter.

Ising per time er beregnet iht. Overland et al. (1986), og er basert på vind- og lufttemperaturdata fra Kristiansund lufthavn (2004 – 2022), estimert sjøtemperatur og frysetemperatur for sjøvann for området. Tidsserier med akkumulert ising over 72t, 48t, 24t og 12t er vist i Figur 11.6.1. Denne metoden tar ikke hensyn til faktorer som kan føre til smelting og kan sees på som et øvre estimat for forholdene ved værstasjonen.

For å utføre en ekstremverdianalyse er det brukt årlige maksimum for et vinterår, som er definert fra 1. juli til 1. juli påfølgende år (Hansen et al., 2015). Utgangspunktet i de årlige maksimumsverdiene sikrer at de ekstreme isingstilfellene er uavhengig av hverandre. Weibull-fordelingen med konfidensintervall på 95% er best tilpasset dataseriene med tidsintervall på 72t, 48t og 24t (Figur 11.6.2 og Tabell 11.6.5). Gumbel-fordelingen med konfidensintervall på 95% er best tilpasset dataserien for tidsintervall 12t (Figur 11.6.2 og Tabell 11.6.5). 50-års verdiene er fortsatt vurdert som representative selv om fordelingene for tidsintervallene 72t og 48t underestimerer maksimal beregnet akkumulert is.

Tabell 9.2.3 viser de resulterende akkumulerte ismengdene over en bestemt tidsperiode med returperiode på 50år.

Tabell 9.2.3. Akkumulert is over 72, 48, 24 og 12 timer med returperiode på 50år basert på lufttemperatur- og vinddata fra Kristiansund lufthavn (2004 – 2022).

	72t	48t	24t	12t
50års verdi (cm/#t)	20.7	15.6	9.8	6.0

9.3 Drivis

Ferskvannstilførsel fra land er kilde til drivis i fjorder. De nordlige deler av Norge er mest utsatt for drivisfare.

Sannsynligheten for drivis i området rundt lokaliteten er vurdert som liten.

9.4 Konklusjon

Lokaliteten ligger nærme kysten, men er noe mer skjermet enn værstasjonen Kristiansund lufthavn. Det er vurdert at værstasjonen Kristiansund lufthavn er representativ med hensyn til ising for lokaliteten.

Forhold for innfrysing (kalde og vindstille værforhold) på Leite, basert på data fra værstasjon Kristiansund lufthavn, er 7.3%. Faren for innfrysing på Leite er vurdert som liten.

Ifølge Guest et al. (2005) og ISO 19906 kan nedising på anlegget bli opptil treg / liten i januar, februar, mars, november og desember.

Det var fare for nedising 4.6% av perioden 2004 – 2022. Fare for nedising med kald landvind er 3.7% av perioden 2004 – 2022.

Ifølge Mertins (1968) kan nedising på anlegget være opptil moderat.

Maksimal 50års akkumulert is er 20.7cm/72t, 15.6cm/48t, 9.8cm/24t og 6.0cm/12t basert ekstremverdianalyse av årlige maksimum av akkumulert is.

10. Referanser

1. Albrecht, J.A. (2010). IcingCalculator 1.0. National Weather Service.
2. Aqua Kompetanse (2022). Vannstrømmåling ved Leite, Averøy kommune, mars - april 2022. Rapportnavn: 1287-4-22S Leite.pdf, 22 sider.
3. Aqua Kompetanse (2018). Vannstrømmåling ved Leite, Averøy, desember 2017 - januar 2018. Rapportnavn: Leite - AKP - Strøm på fire dyp Dato 2017-18.pdf, 28 sider.
4. Booij, N., Ris, R.C. og L.H. Holthuijsen (1999). A third-generation wave model for coastal regions, Part I, Model description and validation, J.Geoph.Research, 104, C4, 7649-7666.
5. Brukerveiledning. Nortek Aquadopp Profiler 400kHz.
6. Butler H.L., Sommerfeld, B. og J. Mason (2006) Coastal Engineering Design and Analysis System, Version 4.0, computer software, Veri-Tech, Inc., Summit, MS.
7. Dam, K.T., Tanimoto, K., Nguyen, B.T. og Y. Akagawa (2006). Numerical study of propagation of ship waves on a sloping coast. Ocean Engineering, 33, 350-364.
8. Den norske los (2018), bind 4. Stad – Rørvik. Tilgjengelig fra: <https://www.kartverket.no/dnl/den-norske-los-4.pdf>. Nedlastet 02.03.2023.
9. Department of Energy (1990). Offshore Installations: Guidance on design, construction and certification. Fourth edition, London: HMSO.
10. Guest et al. (2005). Vessel icing. Mariners Weather Log 49-3. National Weather Service.
11. Haakstad, M., Kögeler, J.W. og S. Dahle (1994). Studies of sea surface temperatures in selected northern Norwegian fjords using Landsat TM data. Polar Research 13, 95 – 103.
12. Hansen, E. S., Eik, K. J. og Teigen, S. H. (2015). Statistical method for applying icing estimates in offshore design. Proceedings of the International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions, POAC. 2015.
13. Hofmann, H., Lorke, A. og F. Peeters (2008). The relative importance of wind and ship waves in the littoral zone of a large lake. Limnology Oceanography, 53(1), 368-380.
14. Howe, J.A., W.E.N. Austin, M. Forwick og M. Paetzel (eds) (2010). Fjord Systems and Archives. Geological Society, London, Special Publications, 344.
15. ISO 19906: 2010(E). Petroleum and natural gas industries – Arctic offshore structures.
16. Kartverket (2023). Sehavnivå.no. Nedlastet 28.02.2023. Tilgjengelig fra: <https://kartverket.no/til-sjos/se-havniva/resultat?latitude=63.035767&longitude=7.677400>.
17. Kystkartverket (2006). Dybdegrunnlag fra Statens karteverk Sjø.
18. Marin Konsulent i Nord-Trøndelag (2012). Lokaliteten: Leite, Averøy. Strømmålinger. Overflate og dimensjoneringsstrøm. Rapportnavn: Leitejuli12MaHa 9415-2009Nr2od.doc, 11 sider.
19. Mertins, H.O. (1968). Icing on Fishing Vessels due to Spray. London Mar CorR., 38. pp. 128-130.
20. NORSOK STANDARD N/003 (2007). Actions and action effects. Edition2.

21. NS 9415:2021. Flytende akvakulturanlegg. Lokalitetsundersøkelse, prosjektering, utførelse og bruk. Norsk Standard 2021: 127s.
22. NS 9415:2009. Flytende oppdrettsanlegg. Krav til utforming, dimensjonering, utførelse. Installasjon og drift. Norsk Standard 2009: 101s.
23. NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009. Eurokode 1: Laster på konstruksjoner. Del 1-4: Allmenne laster. Vindlaster.
24. Olex (2002). Olex, Brukerhåndbok – utgave 4.1, 7/6-2002. www.olex.no.
25. Overland, J. E., Pease, C., Preisendorfer, R. W. og Comiskey, A. L. (1986). Prediction of Vessel Icing. Journal of Applied Meteorology, 25(12), 1793-1806.
26. 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.
27. Reistad, M., Breivik, Ø., Haakenstad, H., Aarnes, O.J., Furevik, BR. (2009). A high-resolution hindcast of wind and waves for the North Sea, The Norwegian Sea and the Barents Sea. Rapport nummer: 2009/14. Norwegian Meteorological Institute
28. Saville, T. Jr. (1945). The effect of fetch width on wave generation. Beach Erosion Board. Army Corps of Engineers. Technical Memorandum no. 70.
29. SINTEF (2005). Miljøkriterier på lokalitet.
30. SINTEF (2006). Islaster – isvekst og forslag til tiltak. Rapportnr. SFH80 A064062.
31. Smith, J.M. (1991). Wind-wave generation on restricted fetches. US Army Corps of Engineers. AD-A237 420.
32. Sætre, R. editor (2007). The Norwegian Coastal Current. 159s.
33. The GEBCO_08 Grid, version 20100927, <http://www.gebco.net>
34. Vannstand.no. Strøm og navigasjon. www.vannstand.no.
35. World Meteorological Organisation (1998). Guide to Wave Analysis and Forecasting. Report Number: WMO-No. 702: 152s.
36. Åkerblå (2023a). Værstasjonsrapport. Vind-, temperatur- og isingsdata fra Kristiansund Lufthavn 2004 - 2022. Åkerblå AS-rapport: VR-KristiansundLufthavn-64330_2004-2022, 44 sider.
37. Åkerblå (2023b). Usikkerhetsvurdering Bølgeberegning. Lokalitetsrapport etter NS9415:2021. Åkerblå AS-rapport: Usikkerhetsvurdering-ver02-Jan2023, 22 sider.
38. Åkerblå (2021). B-undersøkelse for lokalitet 12870 Leite. Åkerblå AS-rapport: B MOWI Leite 103692-01-001 1221.pdf, 24 sider.
39. Åkerblå(2017a). Kilder til usikkerhet ved strømmålinger. Åkerblå AS- rapport. Usikkerhetsfaktorer ved strømmåling_ver01.doc. 2 sider

11. Vedlegg

11.1 Kart

Kartene er hentet fra Olex. Sjøkart av typen C-MAP legges inn i programmet. Midt på øverste linje på kartet er målestokken angitt. Kartenes orientering er vist med kompasspila i øverste venstre hjørne.

11.2 Bunnforhold

11.2.1 Bunntopografi

Områdets bunntopografi er oppmålt med multistråleekkolodd tilkoblet Olex (Figur 4.1.2). Datasystemet Olex plotter målte dybder fra ekkoloddet inn i sjøkart ved hjelp av posisjonerings- og bevegelsessystemer. Mellom hvert loddsudd vil dataprogrammet beregne sannsynlig dybde ved interpolering. Oppløsning på rutenettet på bunnen er satt til 23 x 23cm. Kortere avstand mellom loddsuddene vil gi mer nøyaktig oppmåling av bunnen.

Utstyr for bunnkartlegging er montert i egne båter i tillegg til evt. bærbart utstyr. Båten kjøres ikke fortere enn 8 knop, og farten er tilpasset etter dybde, bunntype og vær. Bunntopografien som kartlegges vises på pc-skjermen. Olex programvaren holdes oppdatert.

11.2.2 Sedimenttype

Til opptak av sediment blir grabb med åpning på 250cm² og 1000cm² benyttet for henholdsvis B- og C-undersøkelse.

11.3 Strøm

11.3.1 Informasjon om strømmålingen

Tabell 11.3.1. Informasjon om instrument og måleperiode.

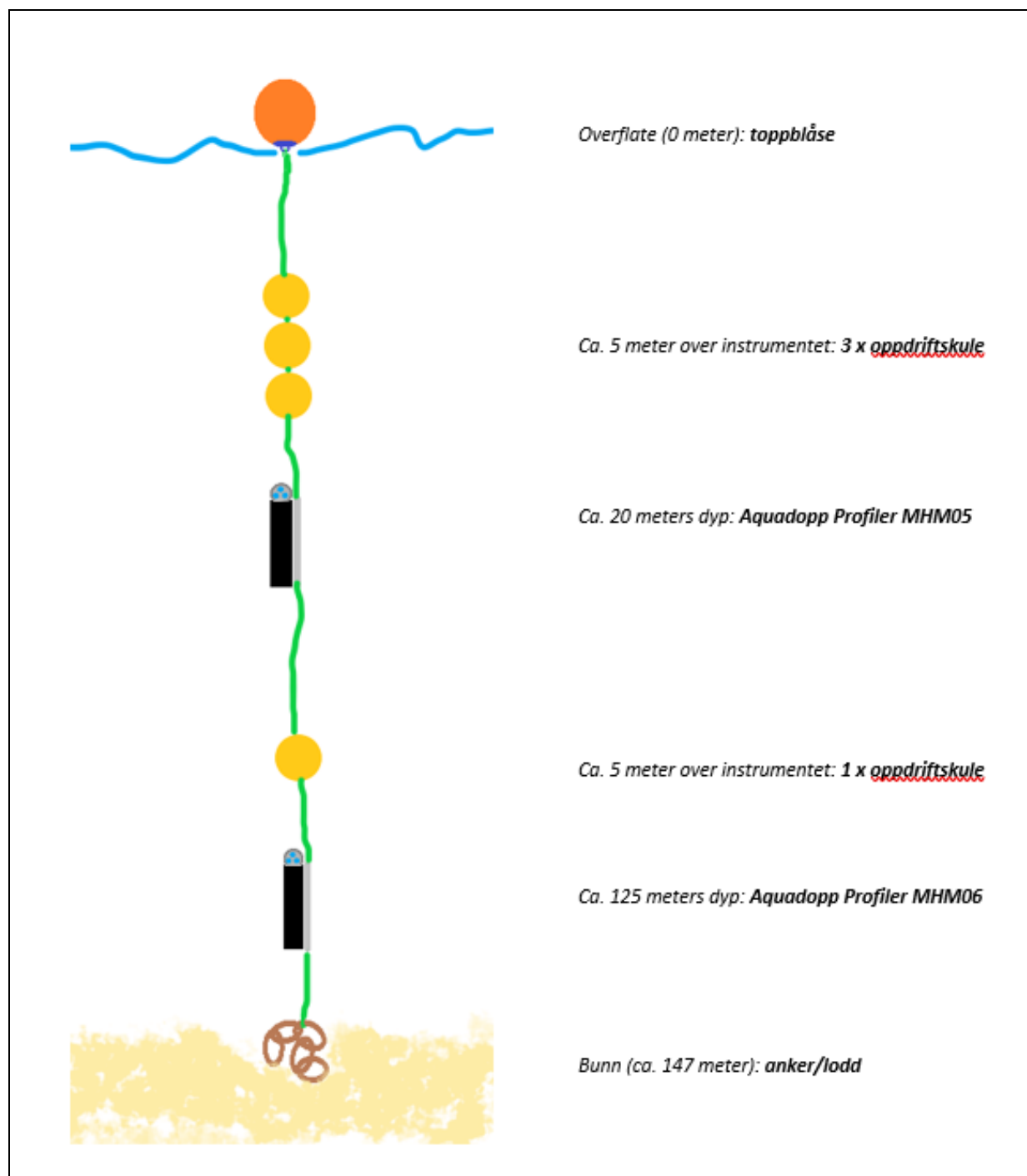
Dyp	5m	15m
Instrument		
Måletype og ID	Nortek profiler (AquaPro, 400 kHz), id-nr.: P1: 3644 P2: 7798 P3: 3892	Nortek profiler (AquaPro, 400 kHz), id-nr.: P1: 3644 P2: 7798 P3: 3892
Leverandør	Nortek AS	Nortek AS
Måleprinsipp	Instrumentet bruker doppler effekten for å måle strøm.	Instrumentet bruker doppler effekten for å måle strøm.
Utsettsopplysninger		
Posisjon strømmåling:	P1: 63°02.123' N; 007°40.719' Ø P2: 63°02.124' N; 007°40.828' Ø P3: 63°02.131' N; 007°40.719' Ø	P1: 63°02.123' N; 007°40.719' Ø P2: 63°02.124' N; 007°40.828' Ø P3: 63°02.131' N; 007°40.719' Ø
Måleintervall	10min	10min
Midlingsperiode	P1 – P2: 1min P3: 1.5 min	P1 – P2: 1min P3: 1.5 min
Filnavn		
Filnavn rådata	P1: Leite00014481Juli1263021230740719odM34MaHa2.prf P2: Leite63021240740828odM10MH5.prf P3: Leite_MH1.prf	P1: Leite00014481Juli1263021230740719odM34MaHa2.prf P2: Leite63021240740828odM10MH5.prf P3: Leite_MH1.prf
Filnavn Strømrapport	P1: Leitejuli12MaHa 9415-2009Nr2od.doc P2: Leite - AKP - Strøm på fire dyp Dato 2017-18.pdf P3: 1287-4-22S Leite.pdf	P1: Leitejuli12MaHa 9415-2009Nr2od.doc P2: Leite - AKP - Strøm på fire dyp Dato 2017-18.pdf P3: 1287-4-22S Leite.pdf
Databearbeiding		
Måleperiode for utskrift	P1: 13.06.12 18:10 – 14.07.12 20:40 P2: 07.12.17 18:30 – 22.01.18 08:10 P3: 18.03.22 18:20 – 28.04.22 13:00	P1: 13.06.12 18:10 – 14.07.12 20:40 P2: 07.12.17 18:30 – 22.01.18 08:10 P3: 18.03.22 18:20 – 28.04.22 13:00
Antall målinger i utskrift	16915 / 16917	16905 / 16917
Antall dager med målinger i utskrift	Hele perioden: 117.5 / 117.5 P1: 31.1 / 31.1 P2: 45.6 / 45.6 P3: 40.8 / 40.8	Hele perioden: 117.4 / 117.5 P1: 31.0 / 31.1 P2: 45.6 / 45.6 P3: 40.8 / 40.8
Var det feilmålinger som ble tatt bort i måleperioden?	Ja, se Vedlegg 11.8	Ja, se Vedlegg 11.8
Er målingene påvirket av andre eksterne faktorer?	Nei, se Vedlegg 11.8	Nei, se Vedlegg 11.8
Datakvalitet	God - Data kontrollert etter interne prosedyrer	God - Data kontrollert etter interne prosedyrer

Dyp	5m	15m
Instrumentdata		
Kalibrering	Utført hos Nortek AS ved levering av instrumentet.	Utført hos Nortek AS ved levering av instrumentet.
Strømhastighet, nøyaktighet	± 0.5cm/s	± 0.5cm/s
Kompass nøyaktighet	± 2°	± 2°
Kompass justert for misvisning	Nei	Nei
Temperatur, nøyaktighet	0.1°C	0.1°C

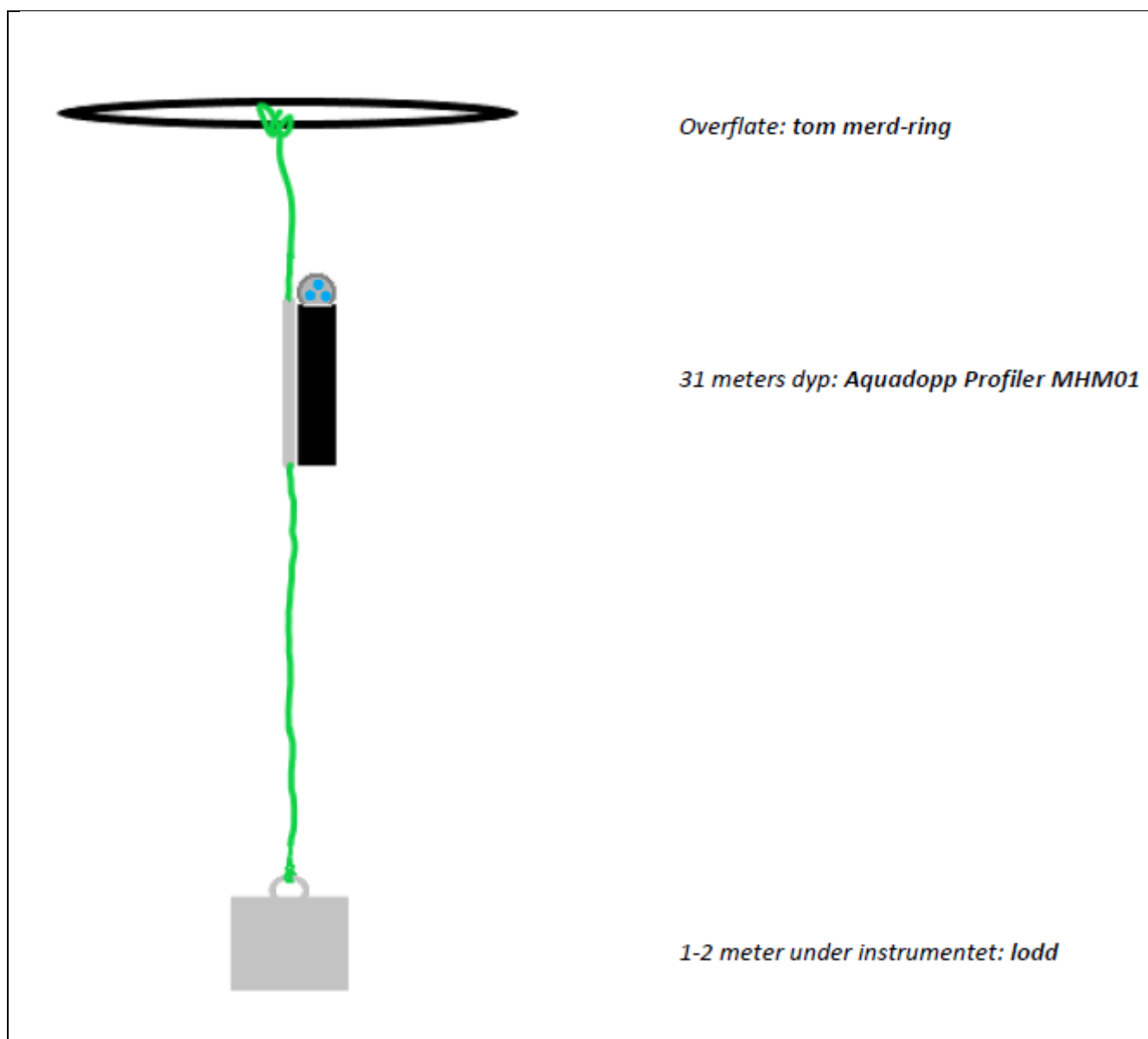
11.3.2 Strømmåling riggoppsett

Riggoppsettet for strømmåler på 5m og 15m dyp er vist i Figur 11.3.1 – Figur 11.3.2. For mer informasjon angående riggoppsett i de ulike periodene, se tilhørende strømrappport i P1 (Marin Konsulent i Nord-Trøndelag, 2012), P2 (Aqua Kompetanse, 2018) og P3 (Aqua Kompetanse, 2022).

Det var ingen tilgjengelig riggskisse fra strømmålingene i P1.



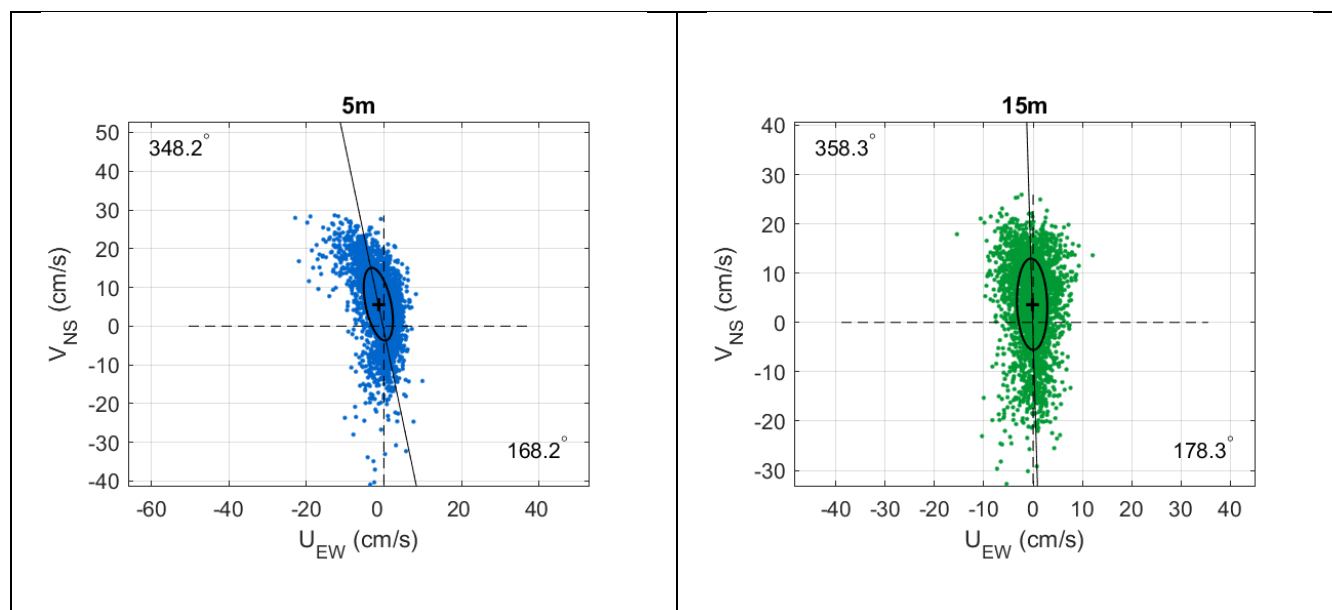
Figur 11.3.1. Skisse av riggoppsettet i P2.



Figur 11.3.2. Skisse av riggoppsettet i P3.

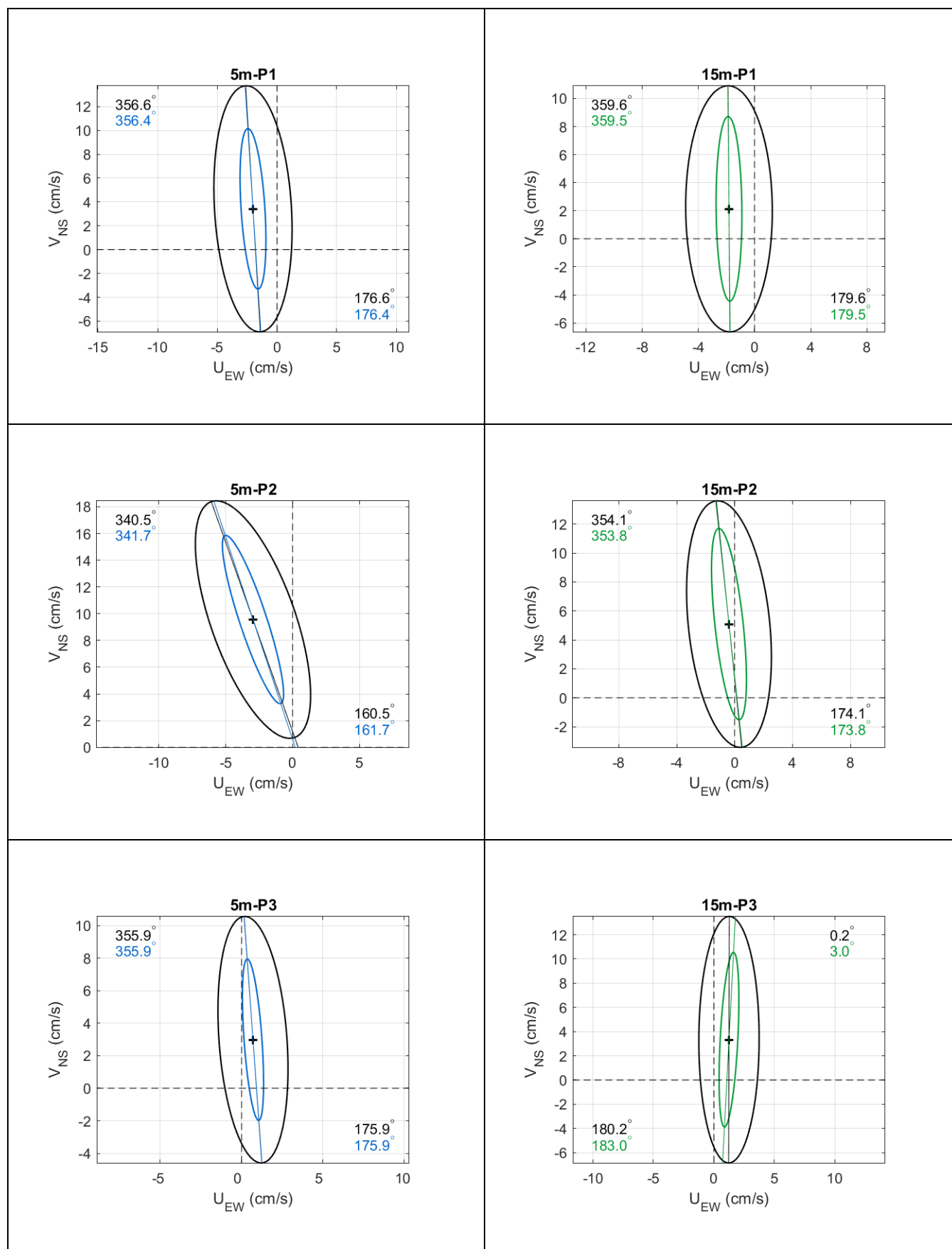
11.3.3 Strøm- og tidevannsanalyse

Strøm på 5m og 15m er delt i Ø – V komponent (U_{EW}) og N – S komponent (V_{NS}). Punktdiagram av U_{EW} - og V_{NS} - komponentene viser at strømaksen er orientert N – S på 5m og 15m.



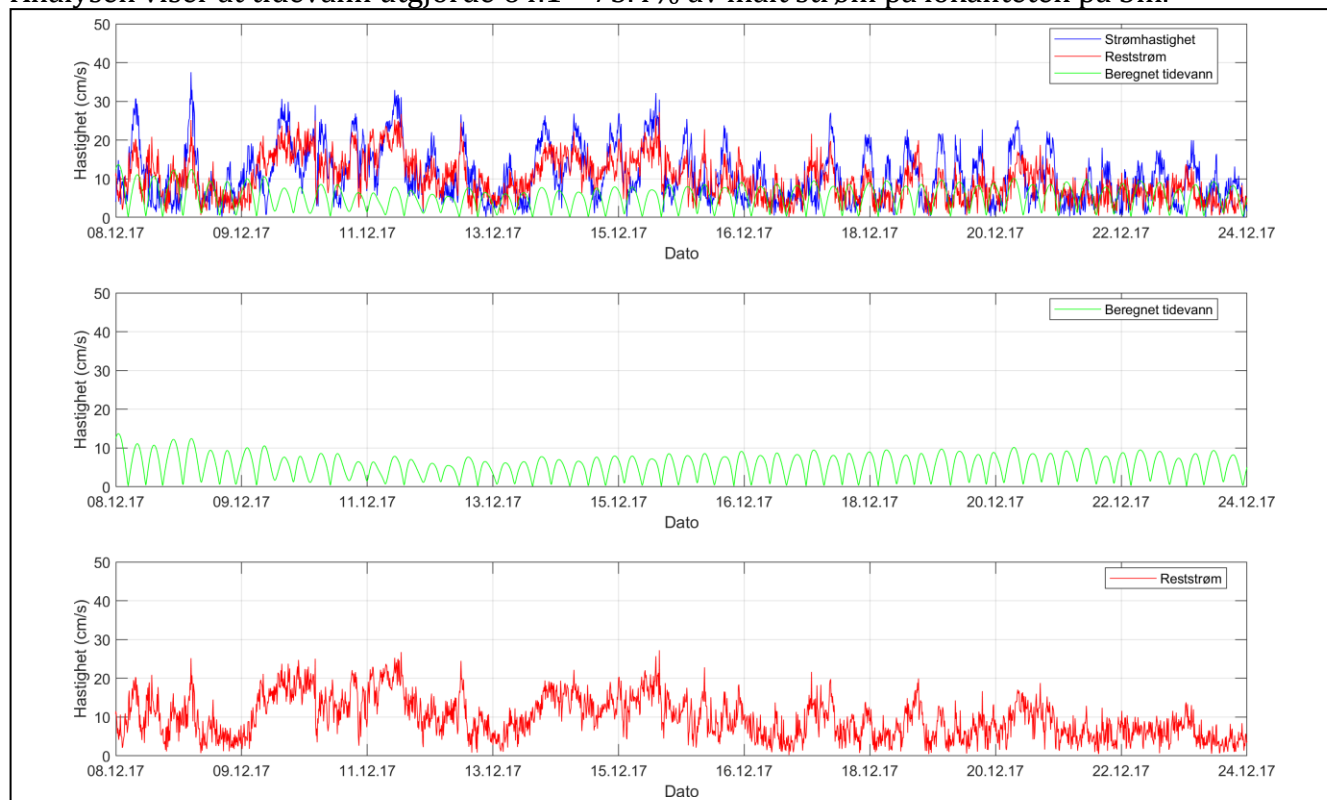
Figur 11.3.3. U_{EW} – V_{NS} punktdiagram av strømdata på 5m (venstre) og 15m (høyre).

Figur 11.3.4 viser tidevannsellipsen (farget linje) fra analysen med alle separerbare komponenter sammenlignet med den totale strømmellipsen (svart linje). Tidevannsellipsene er store i forhold til strømmellipsene. Dette indikerer at strømmen er tidevannsdominert.



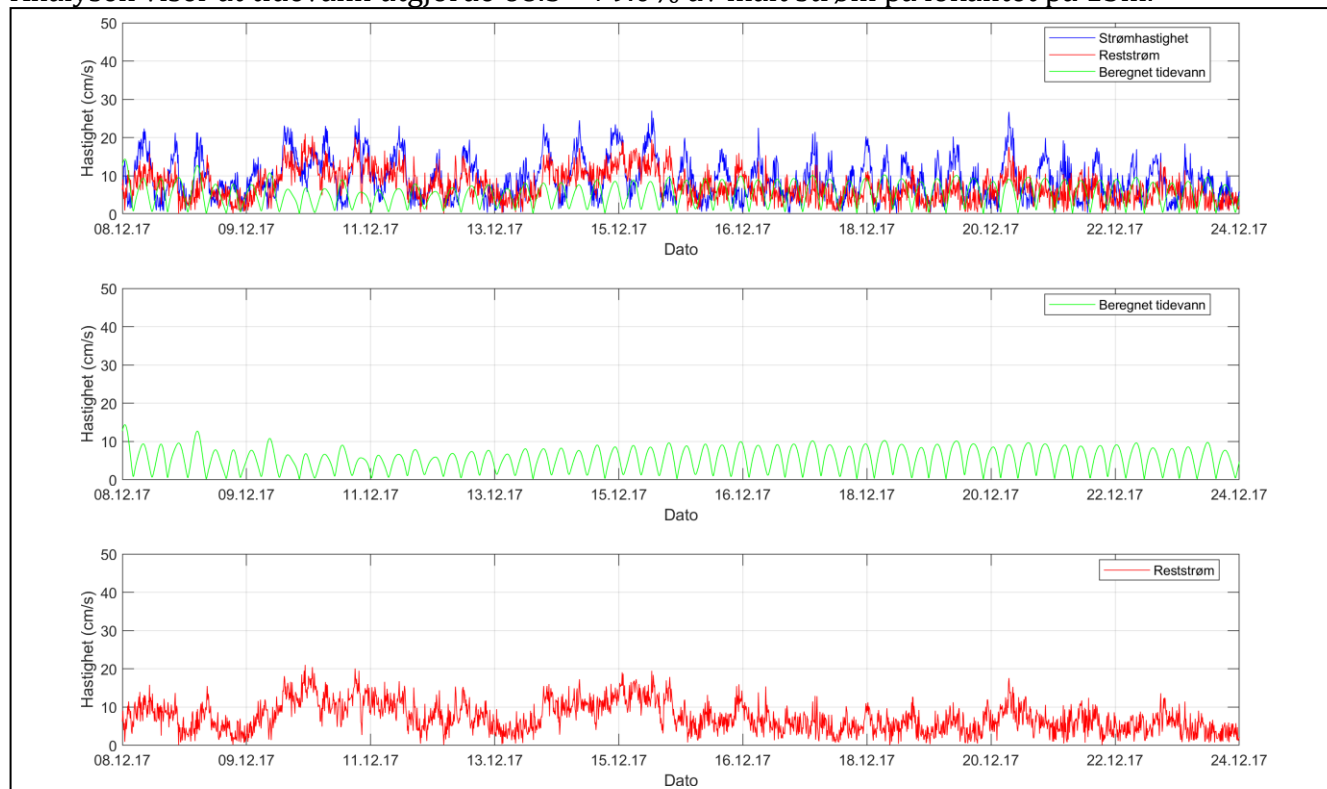
Figur 11.3.4. U_{EW} - V_{NS} tidevannsellipse (farget linje) vist sammen med strømellipsen (svart linje). Midtpunktet for strømellipsene er markert med kryss som også markerer den effektive transporthastigheten. Vinklene indikerer de store halvaksenes orientering i forhold til nord/sør. Øst-vest og nord-sør aksekor er vist med stiplede linjer.

Analysen viser at tidevann utgjorde 64.1 – 73.4% av målt strøm på lokaliteten på 5m.



Figur 11.3.5. Tidevannsanalyse av strømdata på 5m for en valgt periode (08.12.2017 – 24.12.2017) under hele perioden. Den blå linja viser målt strømhastighet, grønn linje viser tidevannsbidrag beregnet fra alle tidevannskomponentene og rød linje viser reststrømmen.

Analysen viser at tidevann utgjorde 68.5 – 79.0% av målt strøm på lokalitet på 15m.

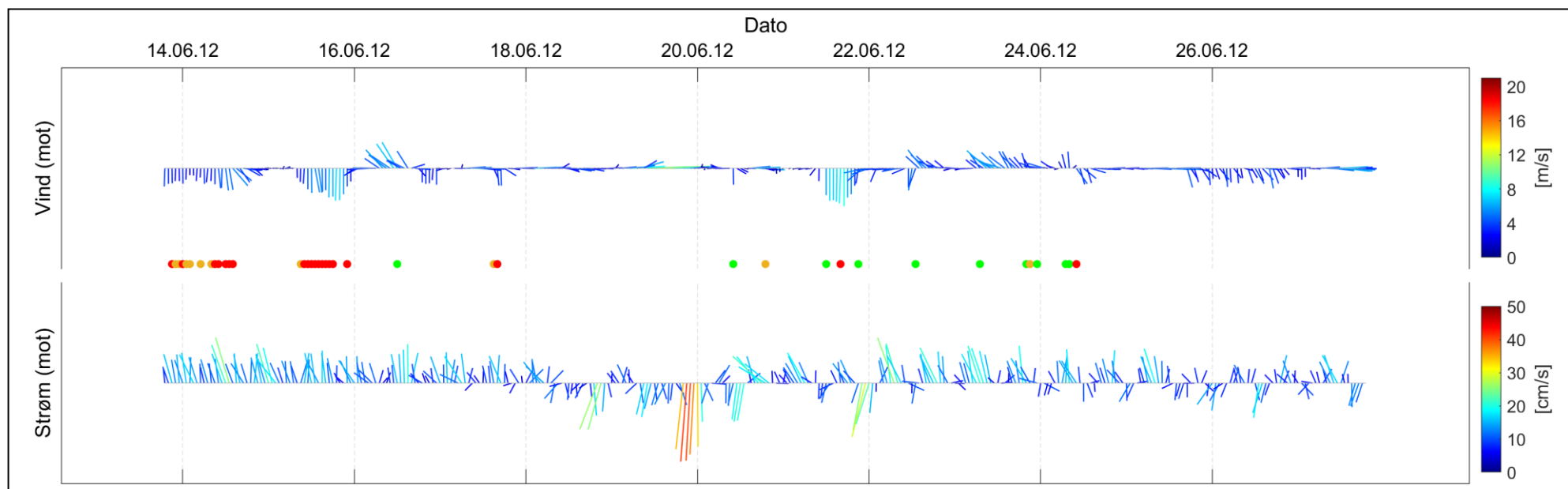


Figur 11.3.6. Tidevannsanalyse av strømdata på 15m for en valgt periode (08.12.2017 – 24.12.2017) under hele perioden. Den blå linja viser målt strømhastighet, grønn linje viser tidevannsbidrag beregnet fra alle tidevannskomponentene og rød linje viser reststrømmen.

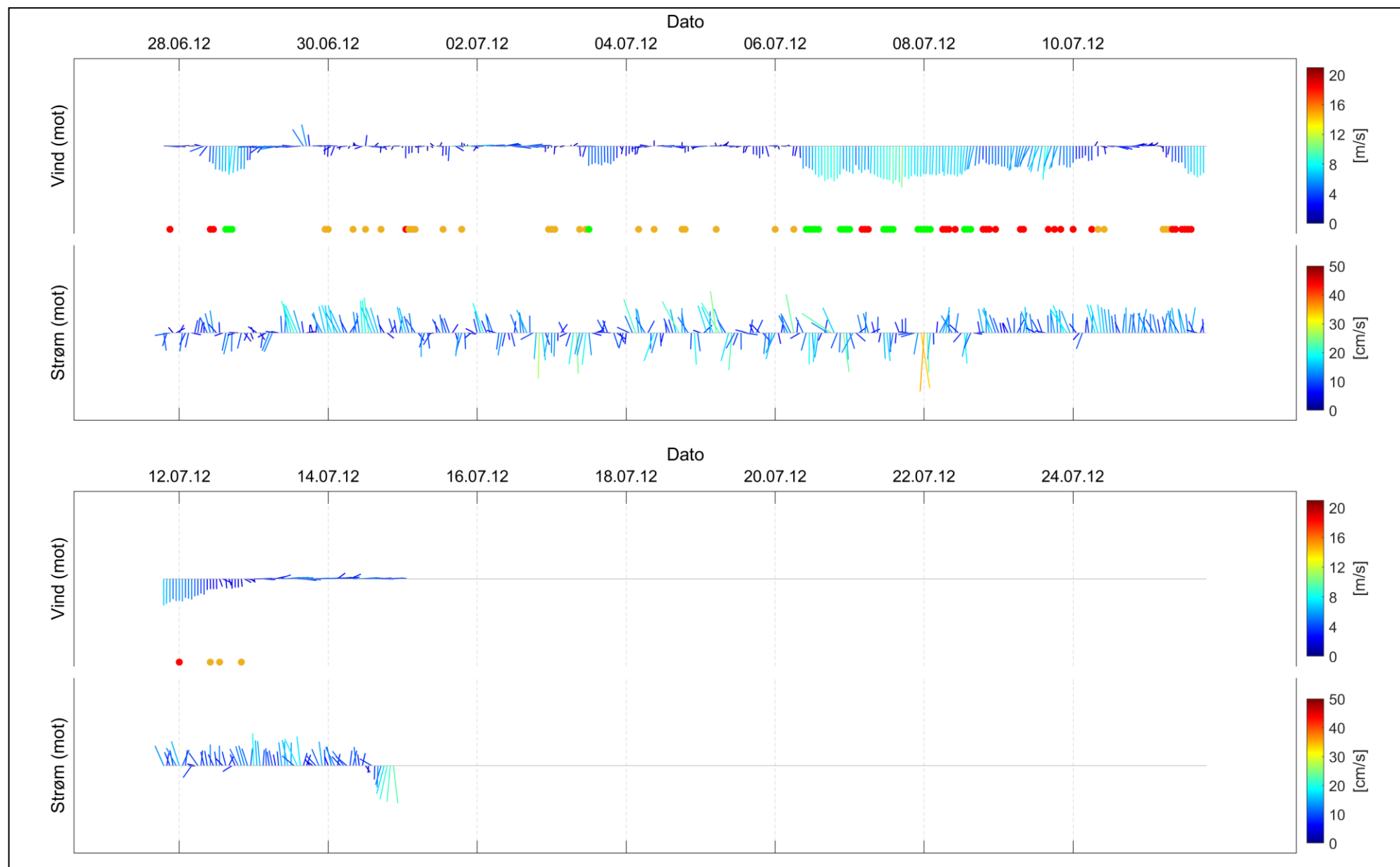
11.3.4 Fyrsikkkdiagram av vind og strøm

Figurene under viser vind- og strømhastighet i løpet av måleperioden, oppdelt i perioder på to uker. Tidspunkter hvor vind og strøm hadde omtrent sammenfallende retning (grønne prikker) eller motsatt retning (røde prikker) indikerer tilfeller med vindpåvirket strøm. Svak vind (< 3m/s) hvor strøm og vind har sammenfallende eller motsatt retning er indikert med oransje prikk. Det er tillatt en vinkel på opptil $\pm 22.5^\circ$ ved beregning av om vind og strøm har omtrent sammenfallende eller motsatt retning.

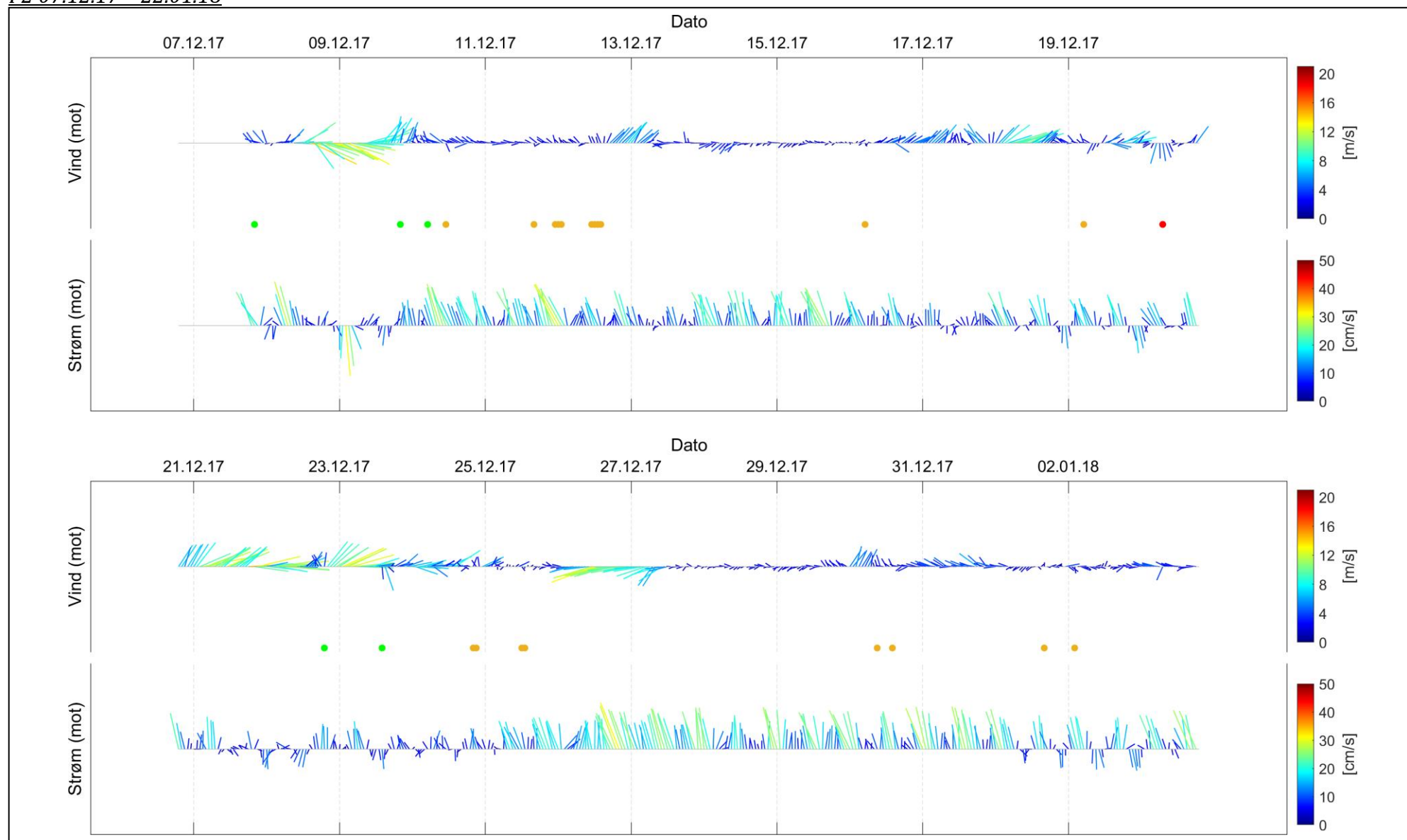
P1 13.06.12 – 14.07.12



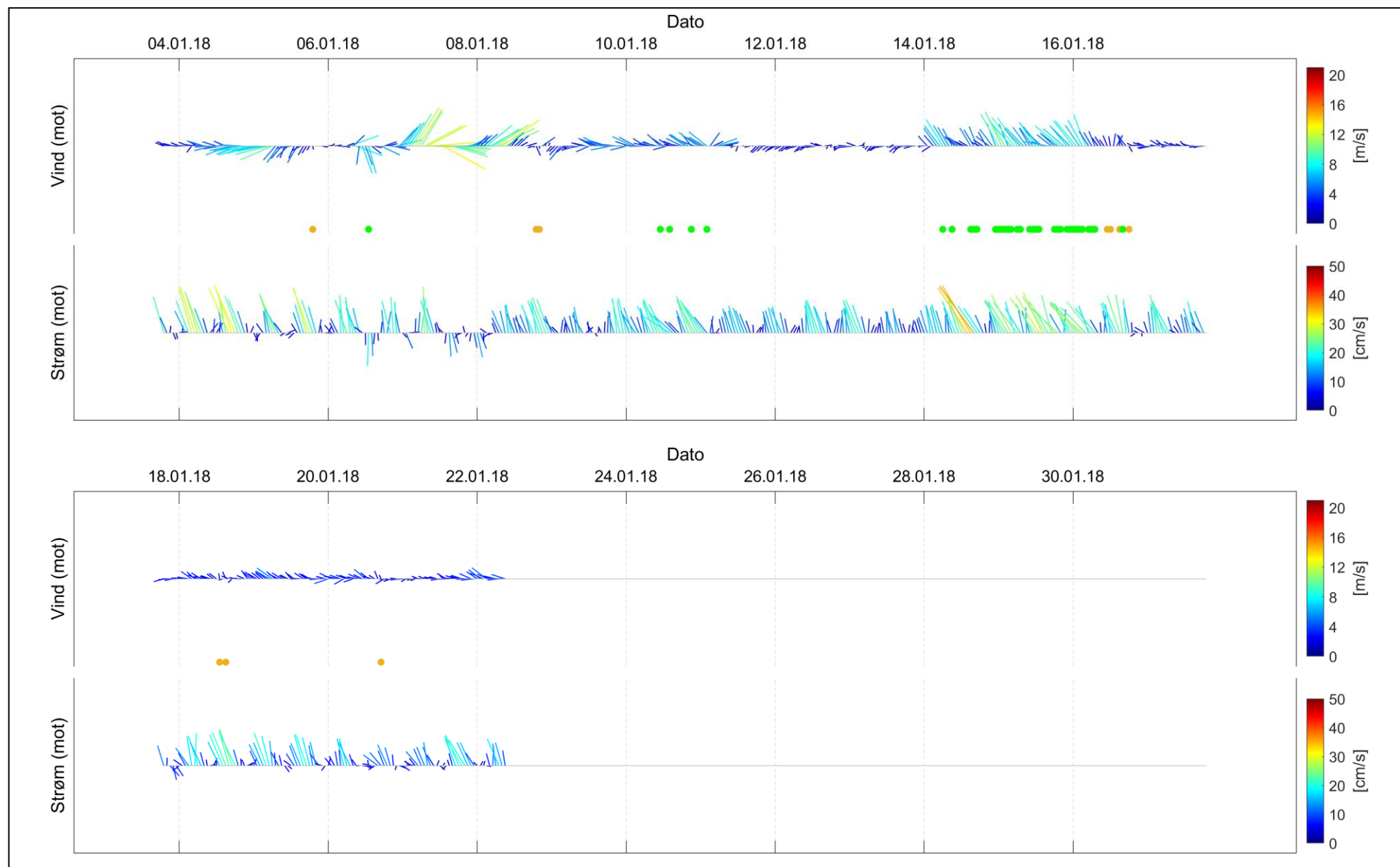
Figur 11.3.7. Fyrstikkdiagram av vindhastighet (mot retning) på Kristiansund lufthavn (over) og strømhastighet (mot retning) på 5m dyp (under) under P1.



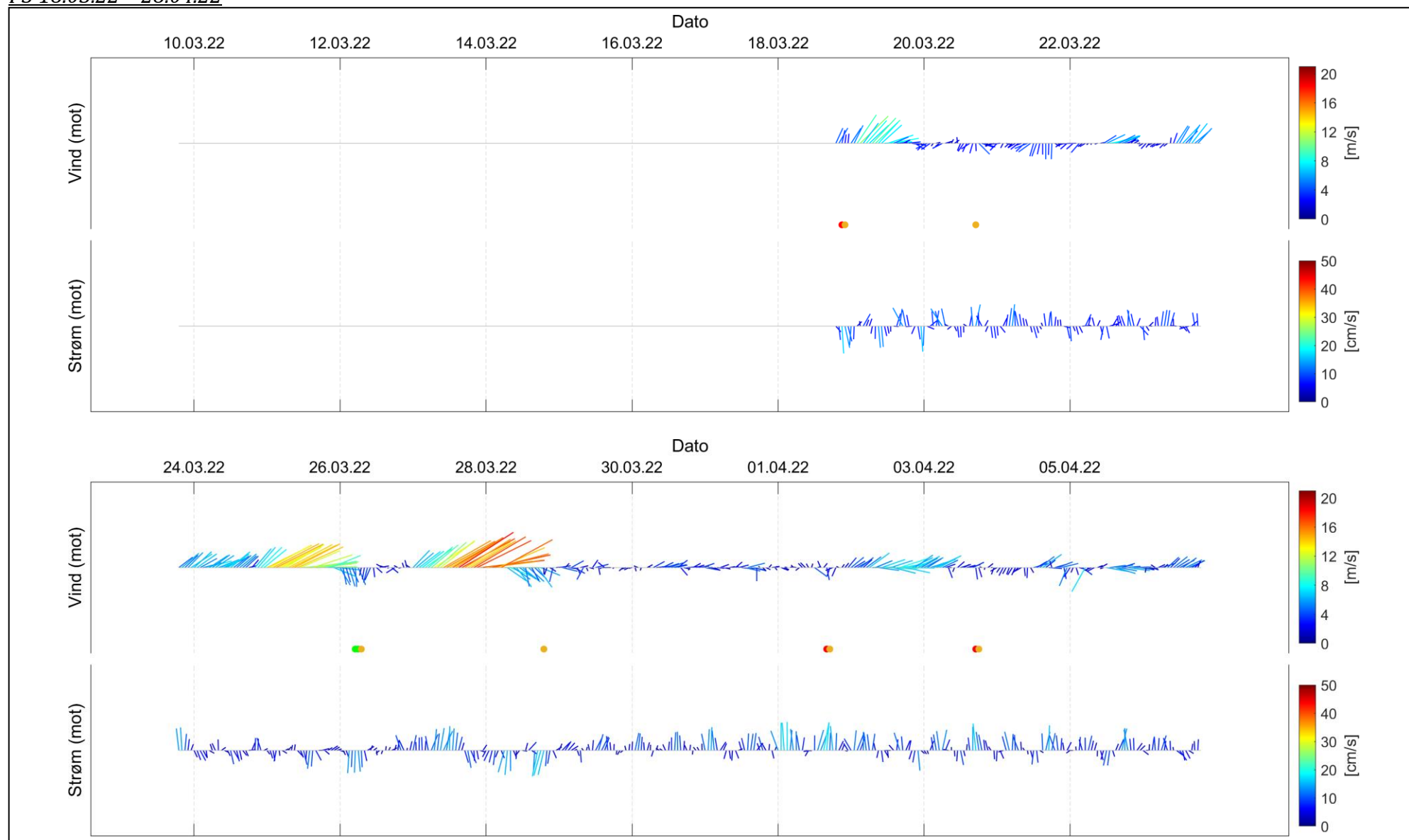
Figur 11.3.8. Fyrstikkdiagram av vindhastighet (mot retning) på Kristiansund lufthavn (over) og strømhastighet (mot retning) på 5m dyp (under) under P1.

P2 07.12.17 – 22.01.18

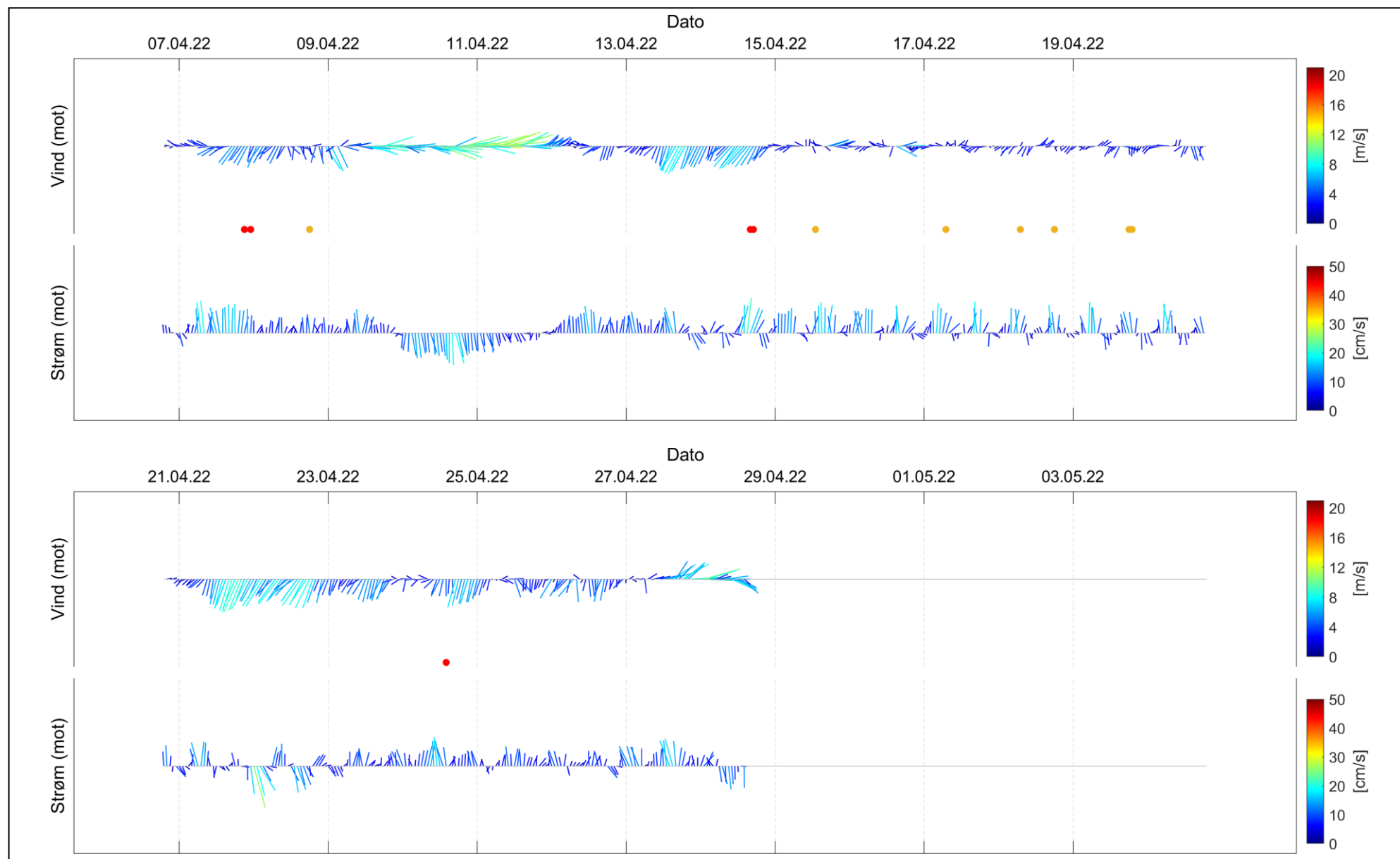
Figur 11.3.9. Fyrstikkdiagram av vindhastighet (mot retning) på Kristiansund lufthavn (over) og strømhastighet (mot retning) på 5m dyp (under) under P2.



Figur 11.3.10. Fyrstikkdiagram av vindhastighet (mot retning) på Kristiansund lufthavn (over) og strømshastighet (mot retning) på 5m dyp (under) under P2.

P3 18.03.22 – 28.04.22

Figur 11.3.11. Fyrstikkdiagram av vindhastighet (mot retning) på Kristiansund lufthavn (over) og strømhastighet (mot retning) på 5m dyp (under) under P3.



Figur 11.3.12. Fyrstikkdiagram av vindhastighet (mot retning) på Kristiansund lufthavn (over) og strømhastighet (mot retning) på 5m dyp (under) under P3.

11.4 Bølger

11.4.1 Vinddata

Ut fra Norsk Standard 9415:2009 / 2021 skal det beregnes vindhastighet med returperiode på 10 og 50 år i 8 himmelretninger.

Vinndata er hentet fra Norsk Standard NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009. *"Eurokode 1: Laster på konstruksjoner. Del 1-4: Allmenne laster. Vindlaster"*.

Vindhastighetene som blir benyttet er gjennomsnittlig vindhastighet over 10min, 10m over havoverflaten med terrengkategori II. For kystnære områder, opprørt hav, åpne vidder og strandsoner uten trær og busker (terrengkategori I) er vinden 17% høyere.

Hastigheten ble justert med oppgitt retningsfaktor fra standarden.

$$V_b = V_{REF} \times C_{RET} \times C_{\text{ÅRS}} \times C_{HOH} \times C_{SAN}$$

Der:

V_b =	Basisvindhastighet
V_{REF} =	Referansevindhastigheten, som angitt i Norsk Standard
C_{RET} =	Retningsfaktoren som kan velges 1.0 for alle vindretninger. Eventuelle lavere verdier for enkelte sektorer er angitt i Norsk Standard
$C_{\text{ÅRS}}$ =	Årsfaktoren, som settes lik 1.0
C_{HOH} =	Nivåfaktoren, som settes lik 1.0
C_{SAN} =	Årlig sannsynlighetsfaktor for overskridelse. Settes lik 1.0 for en returperiode på 50 år. Settes lik 0.9 for en returperiode på 10 år.

For bestemmelse av bølgeforhold ved anlegget brukes stedsvindhastigheten, V_s , dvs. vindhastighet over 10 min ved 10m høyde ved lokaliteten:

$$V_s(z) = C_r(z) \times C_t(z) \times V_b$$

Der:

C_r =	Terrengruhettsfaktoren = 1.17 (med $z=10$ m)
C_t =	Topografifaktoren, som settes lik 1.0

Referansevindhastighet for Averøy kommune ble benyttet og stedsvindhastighet og strøkvindhastighet beregnet ut fra den.

Stedsvindhastighet (V_s i m/s) bør brukes for fortøyningsanalyse. Strøkvindhastighet (V_{st} i m/s) er brukt for bølgeberegning.

Tabell 11.4.1. Referansevindhastighet (V_{ref} i m/s), 10- og 50-års stedsvindhastighet (V_s i m/s) og 10- og 50-års strøkvindhastighet (V_{st} i m/s).

	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV
V_{ref}	30	30	30	30	30	30	30	30
C_{ret}	0.8	0.8	0.6	0.6	0.9	1	1	0.8
$C_{års}$	1	1	1	1	1	1	1	1
C_{HOH}	1	1	1	1	1	1	1	1
$C_{san, 10\text{-år}}$	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
$C_{san, 50\text{-år}}$	1	1	1	1	1	1	1	1
$V_b, 10\text{-år}$	22	22	16	16	24	27	27	22
$V_b, 50\text{-år}$	24	24	18	18	27	30	30	24
C_r (kat I)	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17
C_t	1	1	1	1	1	1	1	1
$V_s, 10\text{-år}$	25	25	19	19	28	32	32	25
$V_s, 50\text{-år}$	28	28	21	21	32	35	35	28
$V_{st}^*, 10\text{-år}$	23	23	17	17	26	28	28	23
Beaufort kategori	Liten storm	Liten storm	Stiv kuling	Stiv kuling	Full storm	Full storm	Full storm	Liten storm
$V_{st}^*, 50\text{-år}$	25	25	19	19	28	32	32	25
Beaufort kategori	Full storm	Full storm	Sterk kuling	Sterk kuling	Full storm	Sterk storm	Sterk storm	Full storm

* Vind redusert med 10% på grunn av kort strøk (Butler et al. 2006).

11.4.2 Bølgemodellering

Vindbølger og havbølger på lokaliteten er beregnet fra vinddata og bølgetilstand offshore ved bruk av modellen SWAN. Kortvarige høye vindhastigheter kan påvirke en flåte på et anlegg og derfor er stedsvindhastighet foreslått for fortøyningsanalyse. Siden bølgevekst i modellen kun er begrenset av strøklengde og vindhastighet, er strøkvindhastighet brukt for bølgeberegninger på lokaliteten.

Programmet SWAN er utviklet av Delft Technical University og er brukt for å beregne utvikling og forplantning av bølger i kystområder.

Ettersom målet er å beregne de høyeste bølger i 10 og 50 år, og det ikke er en tidsbegrensning på bølgevekst, blir det brukt 3 modellgrid for vindbølger og kombinertbølger, 4 modellgrid for havbølger, som er innkapslet i hverandre for å sikre at bølger vokser til en stabil tilstand i modellen og at den kun er begrenset av strøklengde og vindhastighet. Gridoppløsningen øker fra 250 x 250m ytterst på kysten i området til 10 x 10m ved lokaliteten for vindbølger og kombinertbølger og fra 750 x 750m offshore til 10 x 10m ved lokaliteten for havbølger. Bunntopografien er høydekorrigert for å kunne simulere disse bølgene ved høyvann med returperiode opptil 50 år for området.

11.4.3 Verifisering

Strøklengde

Stedsvindhastighet blir justert til strøkvindhastighet i henhold til lokalitetens strøkgeometri. Strøkvinden er middelvei av vindhastighet ved 10m høyde over en periode tilsvarende strøkvarigheten. Strøkvarigheten er tiden bølger trenger for å bli generert over strøket. For strøklengde <16km kan stedsvindhastigheten bli justert med 0.9 (Butler et al. 2006). Ligninger for å beregne signifikant bølgehøyde og tilsvarende pikperiode er oppgitt i NS 9415:2009.

Metode for å beregne kombinert vind- og havbølger

$$Kombinertbølger = [(vindgenert Hs)^2 + (havbølger Hs)^2]^{1/2} \quad (\text{Formel 11.4-1})$$

11.5 Tidevannsnivå

Data fra nærmeste permanente målestasjon for tidevann.
Dataene er innhentet fra Statens kartverk, avd. sjø.

11.6 Is

Opplysningene er vurdert opp mot topografien og geografien i området. Vind- og lufttemperaturdata er hentet fra nærmeste værstasjon.

Isakkumulering (ISO 19906) er delt i tre kategorier:

Tabell 11.6.1. Isingsstyrke fra ISO 19906.

Styrke	Akkumulering (mm/t)	Lufttemperatur (°C)	Vindhastighet (m/s)
Treg	< 10	0 – -3	Alle
	< 10	< -3	< 7
Rask	10 – 30	-3 – -8	7 – 15
Veldig rask	> 30	< -8	> 15

Guest et al. (2005) deler isingsrisikoen inn i fem kategorier:

Tabell 11.6.2. Isingsklasse og opphopning som veiledning til isingsrisikoen.

Isingsklasse	Null	Liten	Middels	Stor	Ekstrem
Isingsopphopning (cm/t)	0	< 0.7	0.7 – 2.0	2.0 – 4.0	> 4.0

Ligning 11.6-1. Guest et al. (2005) beregning av PPR.

$$PPR = \frac{V_a (T_f - T_a)}{1 + 0.3 (T_w - T_f)} \quad (\text{Formel 11.6-1})$$

PPR = icing predictor / isingprediktor

V_a = Vindhastighet (m/s)

T_f = Frysepunkt for sjøvann (vanligvis -1.7°C eller -1.8°C)

T_a = Lufttemperatur (°C)

T_w = Sjøvanntemperatur (°C)

Mertins (1968) deler isingsrisikoen inn i fire kategorier:

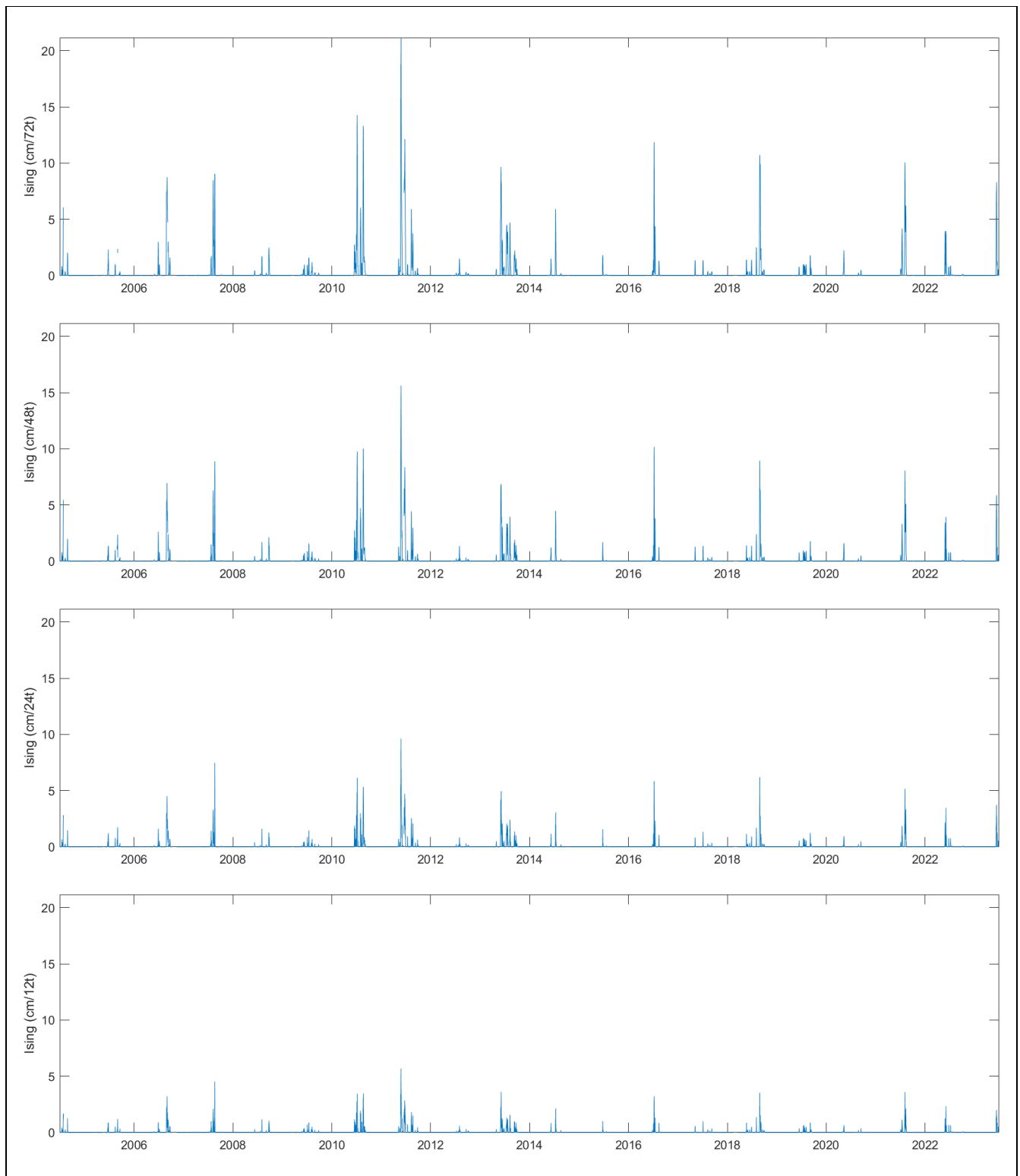
Tabell 11.6.3. Isingsklasse og opphopning som veiledning til isingsrisikoen.

Isingsklasse	Lett	Moderat	Sterk	Ekstrem
Isingsopphopning (cm/24t)	1 – 3	4 – 6	7 – 14	≥ 15

Antall tilfeller av vindhastighet (10 minutters middelvind registrert hver time) og sammenfallende lufttemperatur $<0^{\circ}\text{C}$, på Kristiansund lufthavn (2004 – 2022) er vist i Tabell 11.6.4 under. Tabellen benyttes også til å estimere akkumulert is av sjøsprøyt basert på Mertins diagram og vind- og lufttemperaturdata fra Kristiansund lufthavn. De fargede cellene følger fargekodene i Mertins diagram. Farget skrift over en annen bakgrunnsfarge indikerer at data ligger mellom to isakkumuleringsklasser. Grønn farge indikerer lett ising og blå farge indikerer moderat ising.

Tabell 11.6.4. Matrise av vindhastighet og temperatur $<0^{\circ}\text{C}$, 2004 – 2022 på Kristiansund lufthavn.

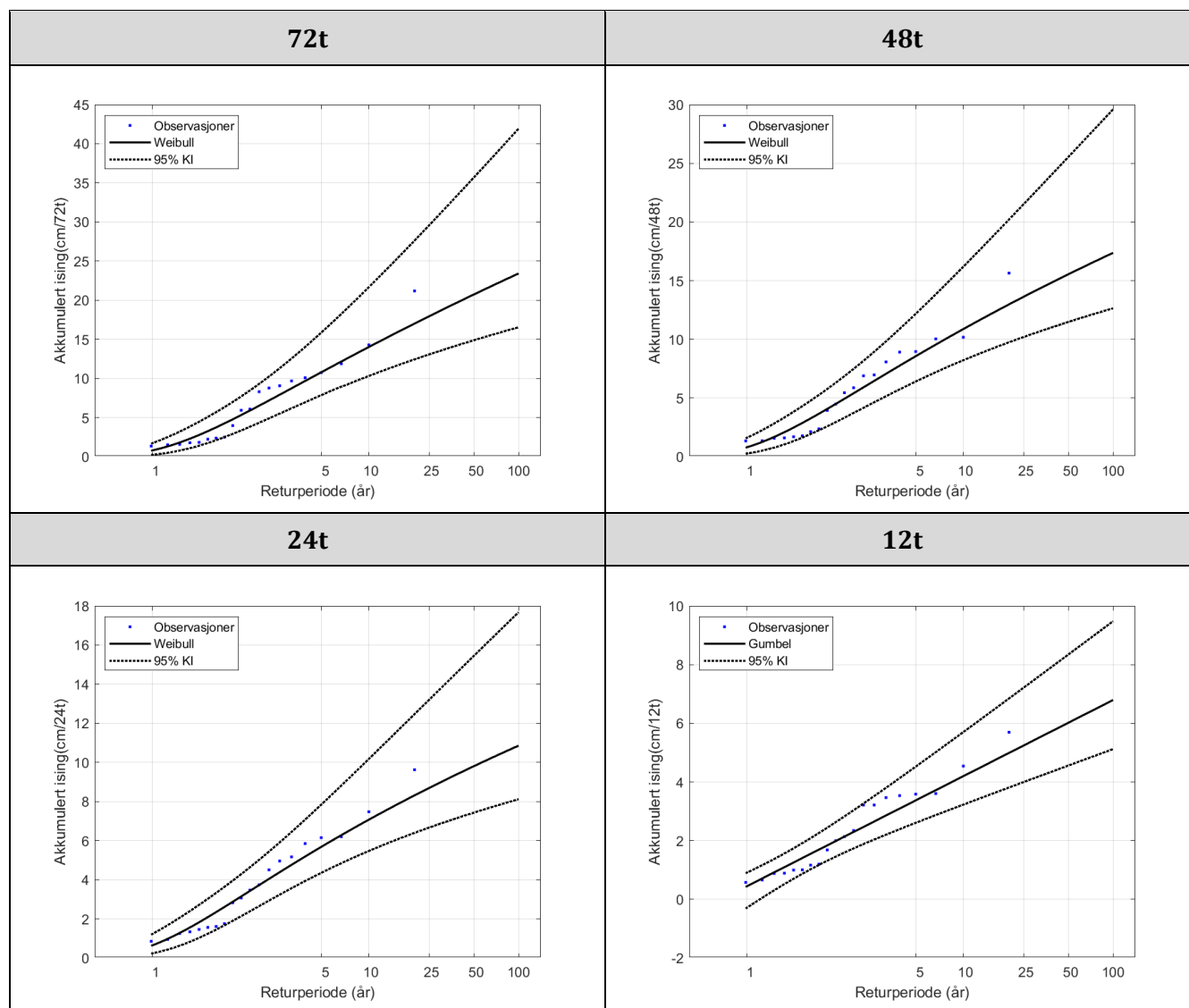
Vindhastighet	Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)						Sum	%
(m/s)	-30 – -25	-25 – -20	-20 – -15	-15 – -10	-10 – -5	-5 – 0		
< 1	0	0	0	6	59	1015	1080	7.3
1 – 3	0	0	0	57	1185	7345	8587	57.6
3 – 5	0	0	0	21	451	3221	3693	24.8
5 – 7	0	0	0	0	105	830	935	6.3
7 – 9	0	0	0	0	49	329	378	2.5
9 – 11	0	0	0	0	7	140	147	1.0
11 – 13	0	0	0	0	0	60	60	0.4
13 – 15	0	0	0	0	0	10	10	0.1
15 – 17	0	0	0	0	0	5	5	0.0
17 – 19	0	0	0	0	0	1	1	0.0
19 – 21	0	0	0	0	0	0	0	0.0
21 – 23	0	0	0	0	0	0	0	0.0
23 – 25	0	0	0	0	0	0	0	0.0
> 25	0	0	0	0	0	0	0	0.0
Sum	0	0	0	84	1856	12956	14896	100.0
%	0.0	0.0	0.0	0.6	12.5	87.0	100.0	



Figur 11.6.1. Akkumulert ising for intervall på 72t, 48t, 24t og 12t for tidsperioden 2004 – 2022 iht. Overland et al. (1986).

11.6.1 Ekstremverdianalyse av akkumulert is

Ekstremverdianalysen er basert på utregnede akkumulerte isingsverdier iht. Overland et al. (1986), hvor det er brukt vind- og lufttemperaturdata i perioden 2004 – 2022 fra værstasjonen Kristiansund lufthavn (Åkerblå, 2023a). Ekstremverdifordelingene til de 4 ulike isingsintervallene (72t, 48t, 24t og 12t) er vist i Figur 11.6.2 og informasjon om ekstremverdifordelingene er oppgitt i Tabell 11.6.5. Metoden Method of Maximum Likelihood (MML) er anvendt for å tilpasse fordelingene til de ekstreme verdiene som er valgt.



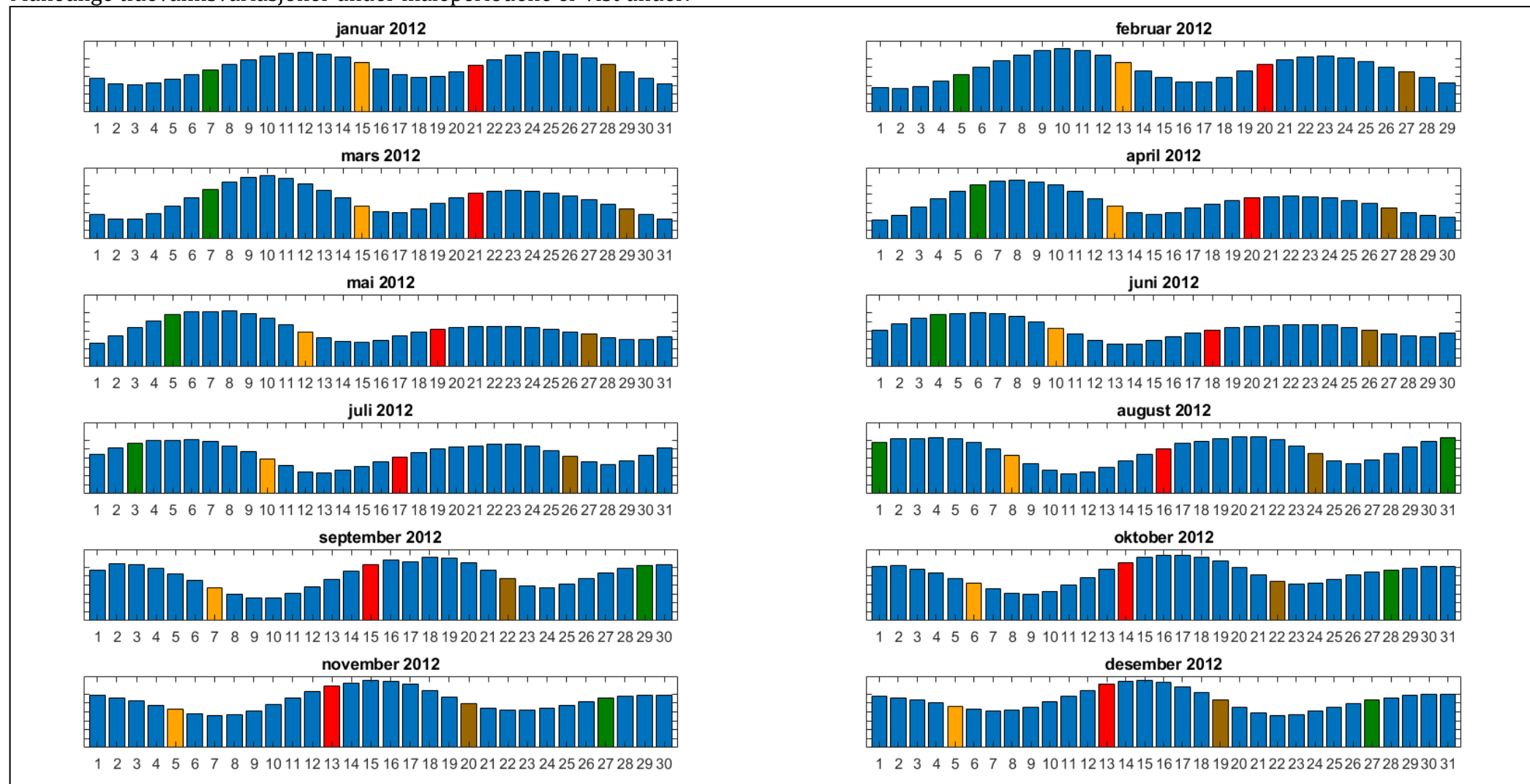
Figur 11.6.2. Ekstremverdianalyse av akkumulert ising for intervall på 72, 48, 24 og 12 timer for tidsperioden 2004 – 2022.

Tabell 11.6.5. Informasjon om ekstremverdifordelingene brukt til å beskrive returperiode på 50år for akkumulert is over 72, 48, 24 og 12 timer.

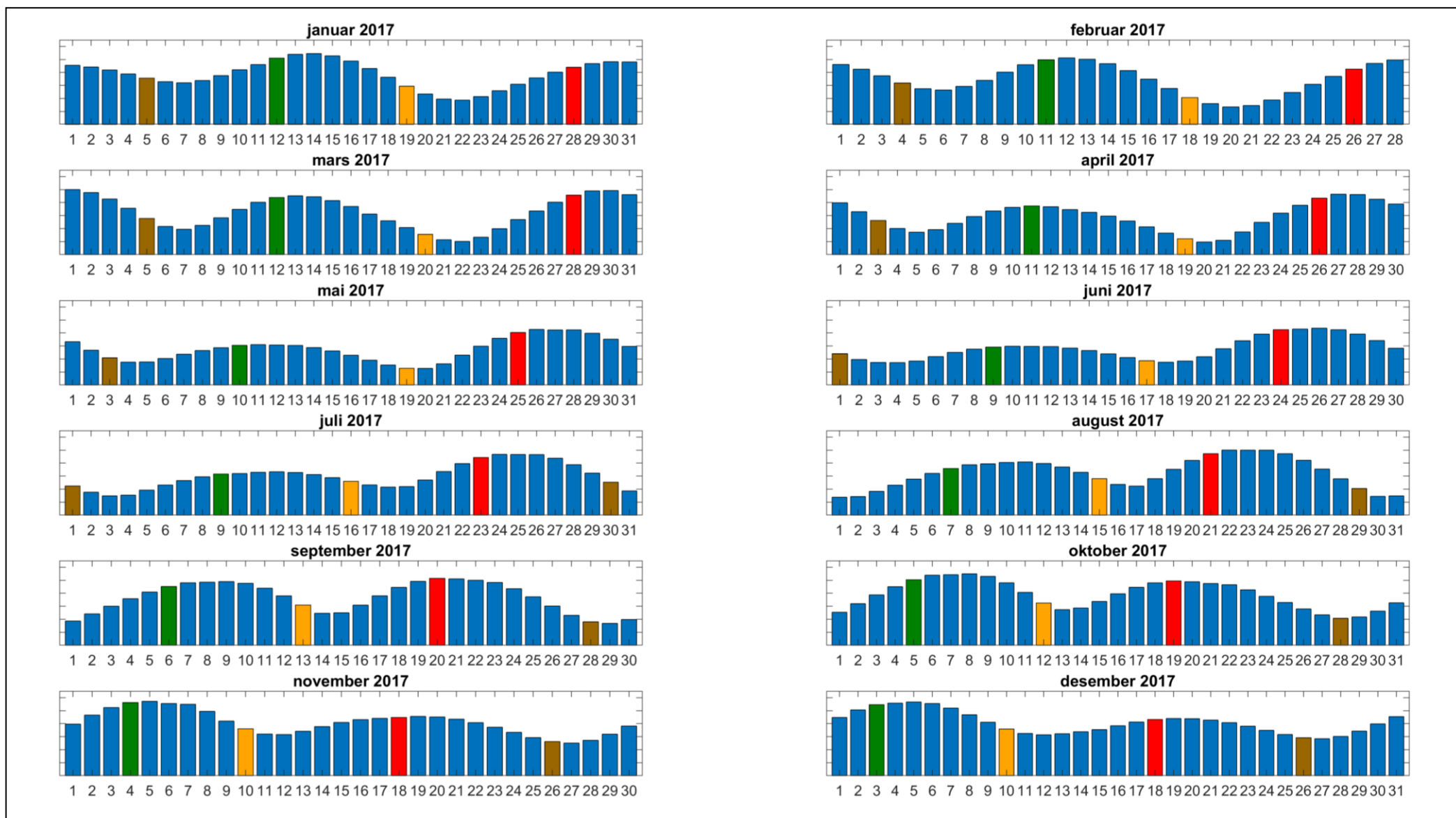
	72t	48t	24t	12t
Fordeling	Weibull	Weibull	Weibull	Gumbel
Shape	1.3309	1.4586	1.5928	0
Scale	7.3712	6.0498	4.1331	1.1048
Location	0	0	0	1.6536
Estimeringsmetode	MML	MML	MML	MML

11.7 Tidevannsvariasjon under måleperiodene

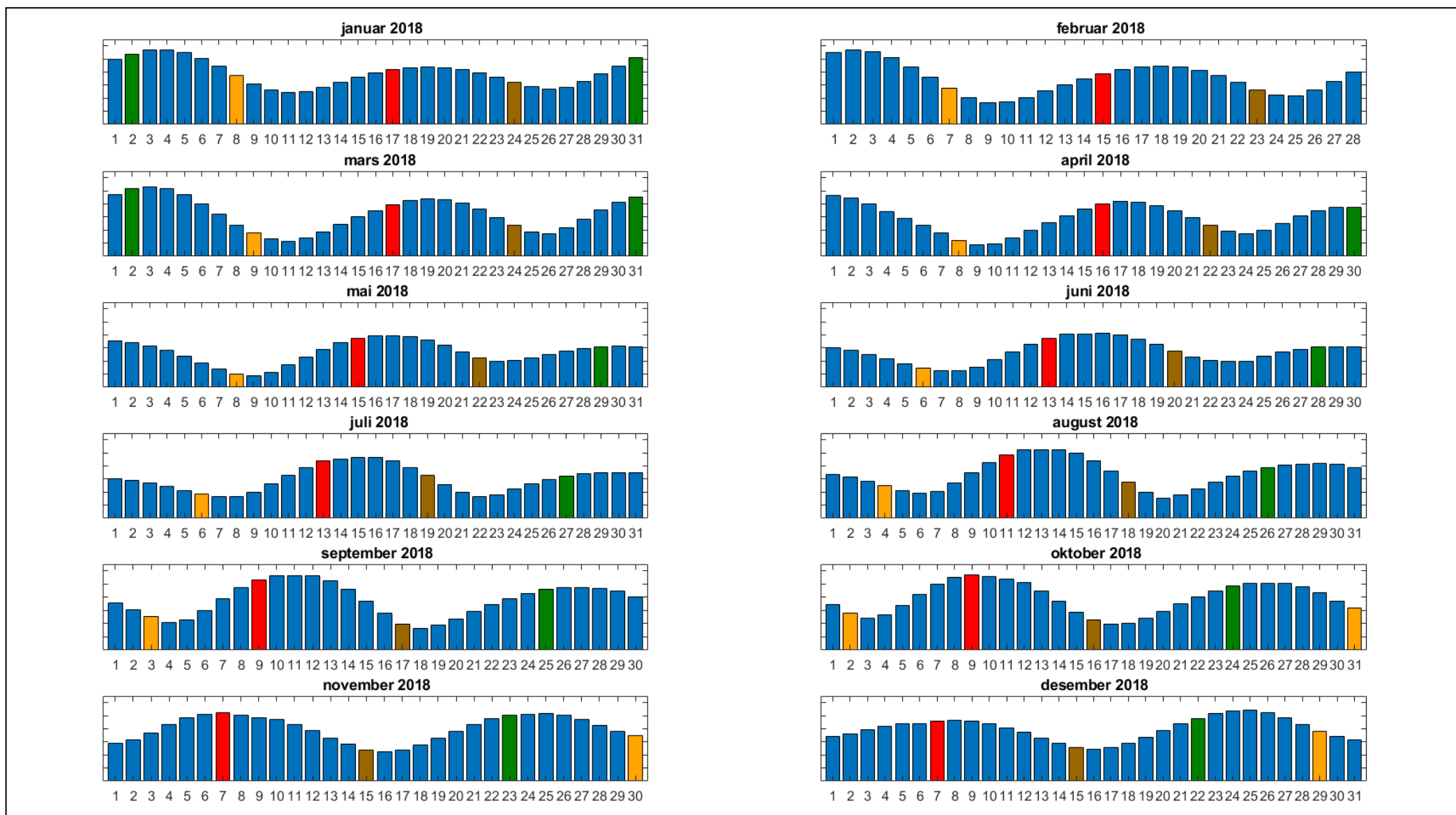
Månedlige tidevannsvariasjoner under måleperiodene er vist under.



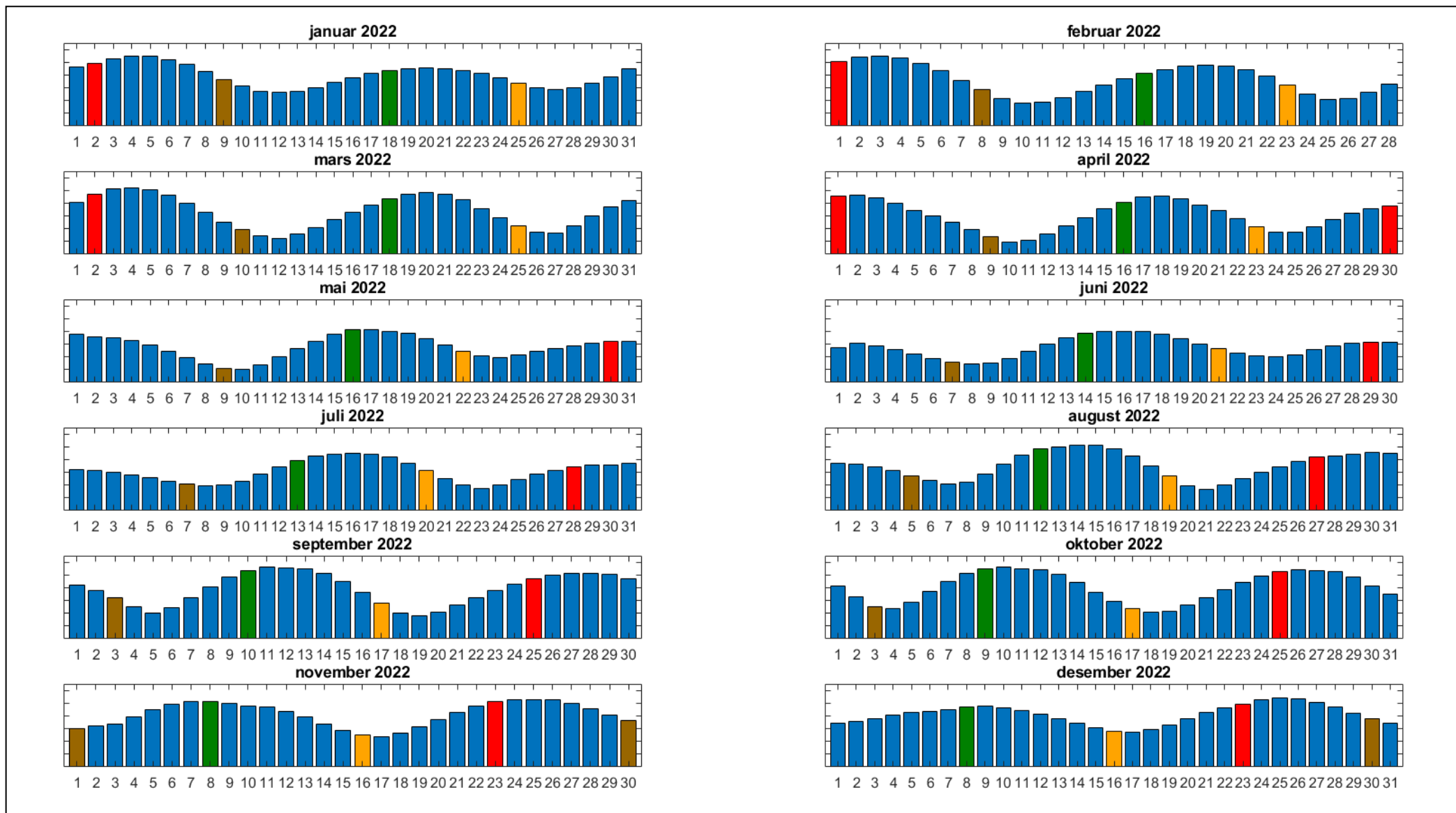
Figur 11.7.1. Måleperiode opp mot springflo og nippflo i 2012 (Oransje - siste kvarter; rød - nymåne; brun - første kvarter; grønn - fullmåne). Høyden på kolonnene indikerer den relative strømstyrken i et område som er forårsaket av månefasen. Sterk vind og store variasjoner i lufttrykk vil i tillegg påvirke strømhastigheten.



Figur 11.7.2. Måleperiode opp mot springflo og nippflo i 2017 (Oransje - siste kvarter; rød - nymåne; brun - første kvarter; grønn - fullmåne). Høyden på kolonnene indikerer den relative strømstyrken i et område som er forårsaket av månefasen. Sterk vind og store variasjoner i lufttrykk vil i tillegg påvirke strømhastigheten.



Figur 11.7.3. Måleperiode opp mot springflo og nippflo i 2018 (Oransje - siste kvarter; rød - nymåne; brun - første kvarter; grønn - fullmåne). Høyden på kolonnene indikerer den relative strømstyrken i et område som er forårsaket av månefasen. Sterk vind og store variasjoner i lufttrykk vil i tillegg påvirke strømhastigheten.



Figur 11.7.4. Måleperiode opp mot springflo og nippflo i 2022 (Oransje - siste kvarter; rød - nymåne; brun - første kvarter; grønn - fullmåne). Høyden på kolonnene indikerer den relative strømstyrken i et område som er forårsaket av månefasen. Sterk vind og store variasjoner i lufttrykk vil i tillegg påvirke strømhastigheten.

11.8 Dataredigering, datakvalitet og kvalitetskontroll

11.8.1 Bunnkartlegging og anleggstegning

Dataprogrammet 'Olex' brukes for å utføre bunnkartlegging. Anlegg kan tegnes inn i Olex.

11.8.2 Strøm

Strømmålerne i P1 var satt ut, tatt opp, avlest og data lagret av Marin Konsulent i Nord-Trøndelag. Åkerblå AS har kvalitetssikret strømdataene i denne perioden egne prosedyrer og feilmålinger er eliminert. Strømmålerne i P2 var satt ut, tatt opp, avlest og data lagret av Aqua Kompetanse. Strømmålerne i P3 var satt ut og tatt opp av MOWI, men avlest, kvalitetssikret og lagret av Aqua Kompetanse. Åkerblå AS beregnet 10- og 50-års strøm iht. NS 9415:2021.

Multiplikasjonsfaktor

Ved måleperiode på under ett år kan det være tilfeldig om komponentene som kan bidra til strømmen blir fanget opp. Bidragenes størrelse er også årstidsavhengige og kan være uavhengige av hverandre. Derfor er det et krav om en minimumsverdi for 50-års strøm på 50cm/s (NS 9415:2021).

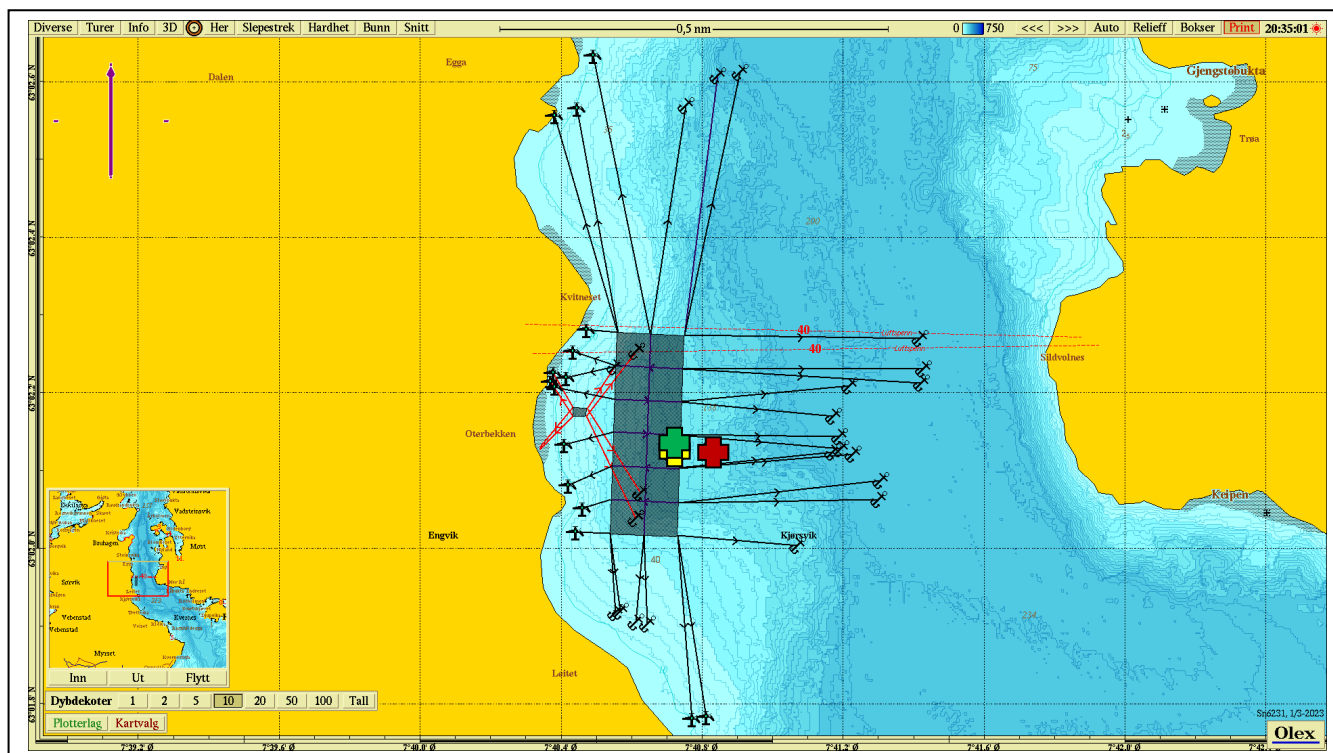
Målt strøm på Leite hadde en høyere beregnet 50-års strøm enn 50cm/s og trenger dermed ikke å oppjustere strømmen i de 8 retningssektorene.

Vurdering av usikkerhet i strøm

Anlegget var ikke i drift under P1 eller P3. Anlegget var derimot i drift under P2. Strømriggerens posisjoner i forhold til anleggets plassering er anvist med gult kors (P1), rødt kors (P2) og grønt kors (P3) i Figur 11.8.1.

Strømmålinger i P1 og P3 på 5m og 15m dyp er vurdert upåvirket, ettersom anlegget ikke var i drift under måleperiodene.

Strøm mot NV/N – S på 5m og mot N – S på 15m er vurdert lite påvirket i P2 på grunn av avstand fra anlegget når anlegget var i drift. Strøm mot NØ/Ø/SØ kan ha blitt påvirket av at anlegget var i drift. Disse retningene er derimot vurdert å ha liten betydning for vannutskifting, dimensjonerende strøm og spredning i anlegget.



Figur 11.8.1. Plassering av strømmålere i området anvist med gult kors (P1), rødt kors (P2) og grønt kors (P3) i forhold til anlegget (grått rektangel). Kart er hentet fra Olex. Kartdatum: WGS84.

I P1 er det manuelt fjernet 10 datapunkter fra målingene på 15m dyp på grunn av urealistiske hastighetssprang. Ingen data ble fjernet på 5m dyp. Data er vurdert av god kvalitet og usikkerhet vurdert til å være av størrelse oppgitt av produsenten for sensorene som er brukt på instrumentene (Åkerblå, 2017a)

Ingen data er fjernet fra strømmålingene på 5m og 15m i P2. I P3 ble to datapunkter fjernet fra både 5m og 15m dyp. Ett datapunkt var manuelt fjernet grunnet korrupt måling, mens ett datapunkt ble fjernet automatisk grunnet opptrekk (Aqua Kompetanse, 2022).

11.8.3 Bølger

Modellering er begrenset av inndata som blir brukt. Usikkerhet i bølgemodellering er vurdert etter inputdata som er brukt i modellen, dvs. bunndata, vindhastighet og selve modellen.

Vurdering av usikkerhet i bølgemodellering

Den største kilden til usikkerhet i bølgeberegning er fastsettelsen av vindhastighet som er brukt i SWAN for de 8 himmelretningene. Bølgevekst i modellen er begrenset av strøklengde (bunntopografien) og vindhastighet. Bølger utvikler seg i modellen til modellen oppnår en «stabil tilstand». Bølgevekst i modellen er ikke begrenset av vindvarighet. Topografisk styring av vindhastighet, som kan føre til vesentlig reduksjon i hastighet, er heller ikke tatt hensyn til. Bølgeveksten er derfor vurdert konservativt siden vind over havet varierer i hastighet og ikke blåser med en bestemt hastighet fram til maksimale bølger for den bestemte hastigheten er oppnådd. På grunn av det er resultater fra SWAN ofte høyere enn bølgehøyde beregnet ved bruk av strøklengde metoden. Samlet usikkerhet i vinddata, bunndata og modellering skal ikke ha noe betydning for bruk av resultatene videre (Åkerblå, 2023).

11.8.4 Is

Vurdering av usikkerhet i beregning av ising

Fare for nedising ble beregnet med data fra nærmeste værstasjon og rimelige antagelser oppgitt i litteraturen. Pga. usikkerhet i beregninger er lokal erfaring den mest troverdige kunnskapen om fare for påvirkning av is på lokaliteten.

50-års akkumulert isingsrater tar ikke hensyn til faktorer som fører til smelting, og kan sees på som et øvre estimat.

11.8.5 Kvalitetskontroll

Åkerblå AS har interne prosedyrer for kontroll av rapporter. Alle rapporter blir godkjent av en andrepert som er godkjent for å utføre rapportkontroll.

11.8.6 Habilitetsvurdering

Jeg har ikke engasjerte meg i utforming, framstilling, levering, installering, kjøp, eierskap, bruk eller vedlikehold av objektene som er inspisert. Jeg har heller ingen andre nære forbindelser til hverken kunde eller deres objekter, og anser meg derfor som habil til å utføre en objektiv vurdering.