



2017

Måling av vannstrøm og bølger ved Gammelveggen, Narvik, januar 2016 - januar 2017

Cermaq Norway AS

**Etter Norsk Standard NS 9415:
2009 og NS 9425-2: 2003**

AQUA KOMPETANSE AS



Aqua Kompetanse A/S

Kontoradresse : Strandveien, Lauvsnes
 Postadresse : 7770 Flatanger
 Telefon : 74 28 84 30
 Mobil : 905 16 947
 E-post : post@aquakompetanse.no
 Internett : www.aquakompetanse.no
 Bankgiro : 4400.07.25541
 Org. Nr. : 982 226 163

Rapportens tittel: Måling av vannstrøm og bølger ved Gammelveggen, Narvik, januar 2016 – januar 2017			Dato for rapport: 27.02.2017
			Måleperiode: 1: 19.01.2016 - 24.05.2016 2: 22.08.2016 - 23.01.2017
			Antall sider uten vedlegg: 48 Antall sider totalt: 51
Forfatter(e): Linda Hagen			Prosjektleder: Linda Hagen
			Prosjekt-/rapport nr.: 38-2-17BM
Oppdragsgiver: Cermaq Norway AS			Tilgjengelighet: På forespørsel
Instrumenttype: 1: AWAC 600 kHz 2: AquaPro 400 kHz 3. Signature 500 kHz	Dybde målested: 1: 151 meter 2: 153 meter 3: 141 meter	Koordinater, instrumenttrigg: 1: 68°29.129 N, 17°20.929 Ø, 2: 68°29.133 N, 17°21.097 Ø 3: 68°29.143 N, 17°20.880 Ø	Fylke: Nordland Kommune: Narvik

Gjennomsnittlig vannstrøm er 8.9 og 7.4 cm/sek på 5 og 15 meters dyp, mens maksimalstrømmen er henholdsvis 61.6 og 41.3 cm/sek. Det er god vannutskiftning med hovedstrømretning mot sørvest og nordøst (langs sundets orientering), samt lite strømstille. Høyeste signifikante og maksimale bølgehøyde målt ved Gammelveggen er 1.03 og 1.67 meter.

Måleseriene illustrerer at det er variasjoner i både strøm og bølgeaktivitet ved Gammelveggen. Generelt er vannstrømmen jevn og bølgeaktiviteten lav. Konsekvensene av en opphørende oppstuvning i Ofotfjorden kan imidlertid være mer ekstreme vannstrømmer enn hva som ellers forekommer på lokaliteten, samt at sterk vind fra sørvest (lengst strøklengde) kan øke bølgeaktiviteten i området.

Emneord: Bølger, vannstrøm, overflatestrøm, dimensjoneringsstrøm, doppler

Ansvarlig for:	Dato:	Signatur:
Feltarbeid/dataanalyse/rapportering: Linda Hagen	27.02.2017	<i>Linda Hagen</i>
Kvalitetssikring: Anja Pedersen	27.02.2017	<i>Anja Pedersen</i>

© 2017 Aqua Kompetanse AS. Kopiering av rapporten kan kun skje i sin helhet. Dersom deler av rapporten (konklusjoner, figurer, tabeller, bilder eller annen gjengivelse) er ønskelig, er dette kun tillatt etter skriftlig samtykke fra Aqua Kompetanse AS.

Innholdsfortegnelse

1. Innledning	3
2. Materiale og metode.....	4
2.1 Lokalitet- og områdebeskrivelse	4
2.2 Definisjoner og parametere	6
2.3 Utstørsbeskrivelse	7
2.4 Instrumentoppsett og kvalitetskontroll.....	8
2.5 Meteorologiske data	9
3. Resultater	10
3.1 Resultater for måleperioden januar – mars 2016	11
3.2 Resultater for måleperioden mars – mai 2016	19
3.3 Resultater for måleperioden mai – august 2016 (mangelfull).....	27
3.4 Resultater for måleperioden august - oktober 2016	28
3.5 Resultater for måleperioden oktober 2016 – januar 2017	36
3.6 Oppsummerende tabell for strømmåling.....	44
3.7 Oppsummerende tabell for bølgemåling.....	45
4. Diskusjon	46
5. Konklusjon	47
6. Litteraturreferanser.....	48
Vedlegg A	49

1. Innledning

I forbindelse med revidering av lokalitetsrapport og dimensjonsberegning tilknyttet det etablerte matfiskanlegget ved Gammelveggen i Nordland, har Aqua Kompetanse AS gjennomført en omfattende strøm- og bølgeundersøkelse på oppdrag fra Cermaq Norway AS. Prosjektet besto av å kartlegge strøm- og bølgeforholdene i over ett år, med oppstart i januar 2016 og avslutning i januar 2017.

Feltprogrammet besto av strøm- og bølgemåling på 5 og 15 meters dyp i nærheten av etablert anleggsramme på Gammelveggen, innerst i Ofotfjorden. Oppstart i januar 2016 og avslutning i januar 2017 skulle dekke en hel årssyklus, men grunnet et feilprodusert instrument mangler strøm- og bølgedata fra perioden 24. mai – 22. august 2016. Med unntak av sommermånedene 2016, har man ellers tilnærmet kontinuerlige målinger for både strøm og bølger gjennom de andre årstidene. Målingene ble utført i omtrentlig samme posisjon i fire perioder, hver av omtrent 2-3 måneders varighet. Hos Aqua Kompetanse AS har Linda Hagen utført arbeidet i felt med god hjelp fra ansatte hos oppdragsgiver. Oppdragsgiver stilte båt til disposisjon i anledning utsett og opptak av måleutstyr. Instrumentene ble avlest og programmert i felt ved hvert batteribytte. Aqua Kompetanse AS har hatt ansvaret for dataanalyse og rapportering.

Til å vurdere bølge- og strømmålingene benyttes meteorologiske data fra to nærliggende operative målestasjoner, Fagernesfjellet og Narvik lufthavn. Fagernesfjellet ligger 1000 meter over havet og er mer eksponert enn området hvor strøm- og bølgemålingene ved Gammelveggen er gjennomført, men dataene gir uansett en god indikasjon på sammenhengen mellom værtilstanden og sjøtilstanden.

Bølgemålingen viser at største signifikante og maksimale bølgehøyde inntraff desember 2016, med henholdsvis 1.03 og 1.67 meter. Bølgeklimaet ved Gammelveggen er beskyttet for havbølger, samt for vindbølger fra alle sektorer mellom vest-nordvest-nord (bak Veggfjellet). Lengste strøklengde er langs Herjangsfjorden/Ofotfjorden fra Ballangen i sørvest. Det er registrert liten bølgeaktivitet ved Gammelveggen, med lave bølgehøyder og korte bølgelengder.

Gjennomsnittlig strømstyrke på 15 meters dyp varierte fra 7.0 cm/s (perioden august - oktober 2016) til 8.0 cm/s (perioden januar – mars 2016), og på 5 meters dyp varierte gjennomsnittlig strømstyrke fra 8.0 cm/s (perioden januar – mars 2016) til 9.9 cm/s (perioden august – oktober 2016). Maksimal strømstyrke på 5 meters dyp var i en kort periode opp i 61.6 cm/sek. Vannstrømretningen varierte mellom å være rettet mot sørvest og nordøst gjennom hele perioden. Det er lite variasjon i gjennomsnittshastigheten fra en måleperiode til en annen, og vannstrømmen på Gammelveggen er periodevis svært ensrettet.

Denne rapporten presenterer et utvalg figurer fra hver av dataseriene, samt gir en oppsummering av hele måleprogrammet og dets hovedresultater. All rådata og prosesserte data i tilknytning dette prosjektet er lagret elektronisk hos Aqua Kompetanse AS, og er tilgjengelig for oppdragsgiver.

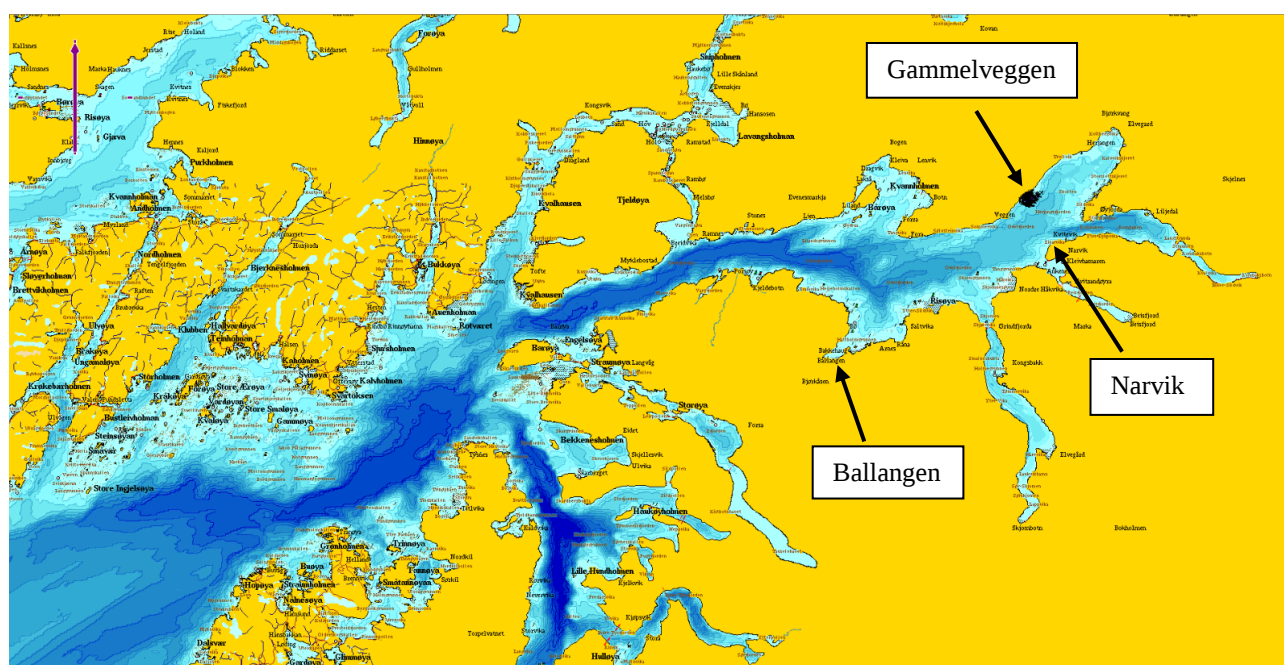
Det er viktig å merke seg at vind- og bølgeretning oppgis som retningen vinden og bølgene kommer fra, mens strømretningen oppgis som retningen vannstrømmen går mot.

2. Materiale og metode

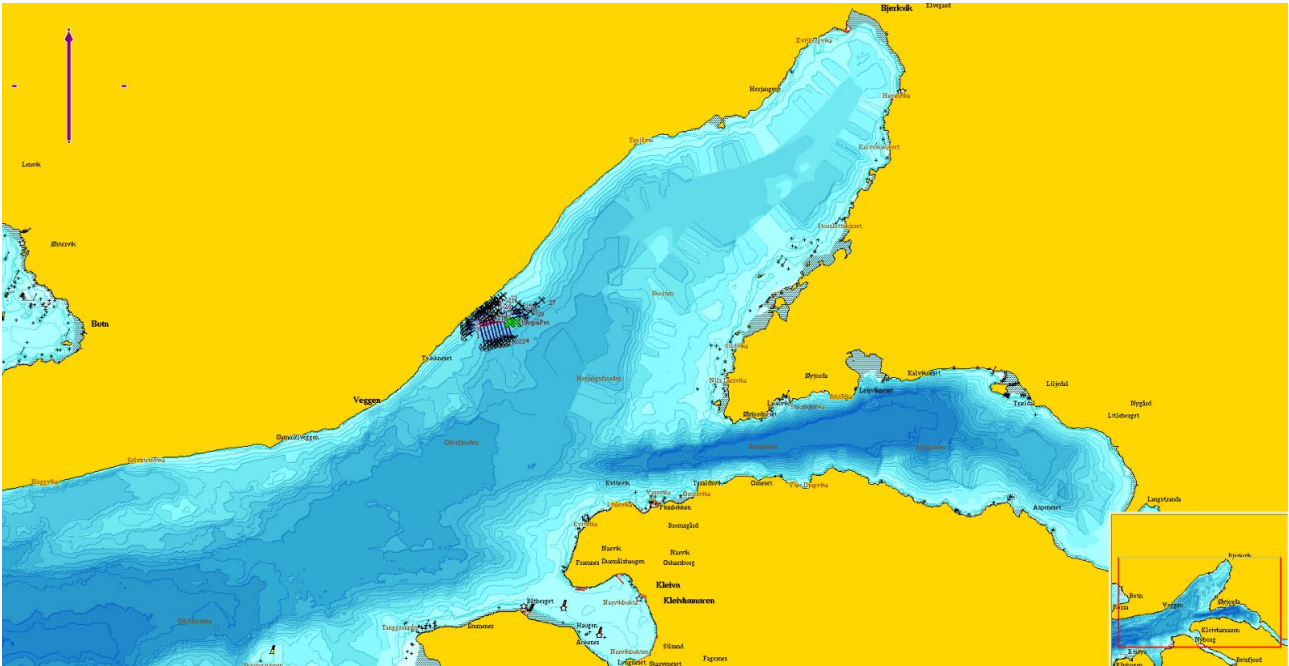
2.1 Lokalitet- og områdebeskrivelse

Gammelveggen ligger nord i Narvik kommune i Nordland (se **figur 2.1.1** og **2.1.2**). Det er skrånende havbunn på lokaliteten, hvor dypene varierer mellom 60-100 meter mot Veggfjellet i nordvest og 100-125 meter lengre ut i fjorden. Strømmåleren (AquaPro) sto på ca. 29 - 30 meters dyp i perioden 19.01 - 08.05.2016 i posisjon 68°29.133 N, 17°21.097 Ø, hvor det er ca. 153 meter dypt. Bølgemåleren (AWAC) sto på ca. 35 - 37 meters dyp i perioden 19.01 - 08.05.2016 i posisjon 68°29.129 N, 17°20.929 Ø, hvor det er ca. 151 meter dypt. Den horisontale avstanden mellom AquaPro og AWAC, er omtrentlig 115 meter. I august 2016 ble de to første instrumentene erstattet av ett instrument (Signature) som måler strøm og bølger samtidig, samt at lokaliteten var tømt for fisk, og instrumentet ble dermed flyttet 42 meter nærmere anlegget. Strøm- og bølgemåleren (Signature) sto på ca. 26 meters dyp i perioden 22.08.16 - 23.01.2017 i posisjon 68°29.143 N, 17°20.880 Ø, hvor det er ca. 141 meter dypt. Alle de tre måleposisjonene er vist i **figur 2.1.3**.

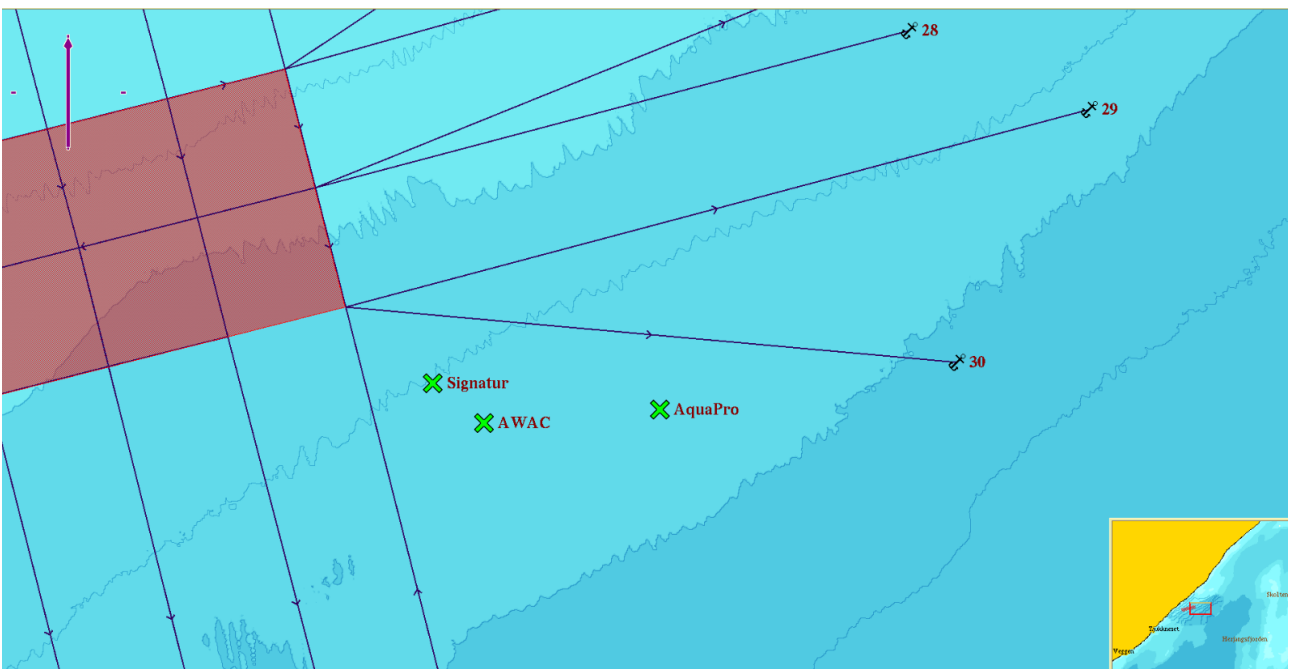
Anlegget ligger innerst i Ofotfjorden, like over fjorden for Narvik by. Lokalitet Gammelveggen ligger beskyttet for havsjø, men har lengste direkte strøklengde fra Ballangen i sørvest langs Herjangsfjorden og Veggfjellet.



Figur 2.1.1: Lokalitet Gammelveggen ligger innerste Ofotfjorden, like over fjorden for Narvik by. I sørvest ses Lofoten. Kartkilde: Olex.



Figur 2.1.2: Anleggsramme og fortøyninger til matfiskanlegg og flåte ved Gammelveggen. Kartkilde: Olex.



Figur 2.1.3: Deler av anleggsramme og fortøyninger ved Gammelveggen, med måleposisjon for strøm- og bølgemåling. Noen dybdekoter er avmerket. Kartkilde: Olex

2.2 Definisjoner og parametere

Acoustic surface tracking (AST)

Direkte måling av den frie sjøoverflaten.

Amplitude

Maksimalt vertikalt utslag fra nullnivå. Halve bølgehøyden til en individuell bølge.

Bølgehøyde

Vertikal avstand (meter) mellom en bølgetopp og foregående bølgedal, definert ut fra avstanden mellom den frie sjøoverflaten og gjennomsnittlig vannhøyde.

Bølgelengde

Horisontal avstand (meter) mellom en bølgetopp og foregående bølgetopp.

Bølgeperiode

Tiden (sekunder) fra en bølgetopp til neste bølgetopp passerer et fast punkt.

Bølgeretning

Retningen til et bølgefelt. Oppgis som retningen bølgene beveger seg fra (i grader).

Bølgespektrum

Beskriver sjøtilstanden som summen av bølgekomponenter, som alle har unik bølgelengde, bølgeretning og amplitude.

Gjennomsnittlig bølgeperiode (T_{mean})

Gjennomsnittlig periode for alle bølger i en registrering. Oppgis i sekunder.

Gjennomsnittlig bølgeretning (M_{dir})

Vektet gjennomsnitt av alle retninger i bølgespekteret i henhold til energien av alle frekvenser. Oppgis som retningen bølgene beveger seg fra i grader.

Havdønning

Lange bølger som genereres og trenger inn fra åpent hav.

Maksimal bølgehøyde (H_{max})

Største målte bølgehøyde i en registrering.

Signifikant bølgehøyde (H_s)

Gjennomsnittet av den høyeste tredjedelen av individuelle bølgehøyder i en registrering.

Strømhastighet

Vannets hastighet i et plan, ved ett bestemt dyp i vannsøylen. Oppgis enten i m/s eller cm/sek.

Strøklengde

Avstand fra lokalitet til nærmeste land, beregnet i forhold til vindretningen.

Strømretning

Retningen vannet beveger seg mot i et plan, ved ett bestemt dyp i vannsøylen. Oppgis i grader.

Topp bølgeperiode (T_{peak})

Bølgeperioden der energien i bølgespekteret er størst. Oppgis i sekunder.

Vindsjø

Bølger generert av vinden lokalt på lokaliteten.

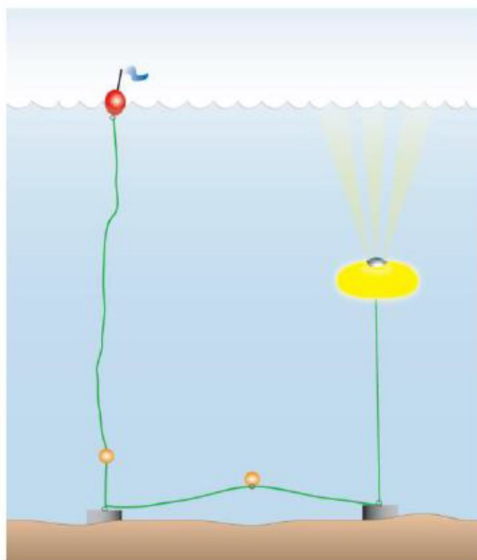
2.3 Utstørsbeskrivelse

For å måle bølger og strøm ved Gammelveggen ble det i perioden januar - mai 2016 benyttet en 600 kHz akustisk bølgemåler (AWAC) og 400 kHz akustisk strømmåler (AquaPro), se **figur 2.3.1**. I perioden august 2016 – januar 2017 ble disse instrumentene erstattet av en 500 kHz akustisk strøm- og bølgemåler (Signature 500), som kan måle strøm- og bølger samtidig. Instrumentene er levert av Nortek AS.



Figur 2.3.1: AWAC (600 kHz) til venstre og AquaPro (400 kHz) til høyre. Foto: Aqua Kompetanse AS.

AWAC og Signature ble montert til å skyte oppover vannsøylen i undervannsbøye med utforming som sørger for at instrumentene vil stå tilnærmet horisontalt uavhengig av lokalitetens topografi, samt kreftene i vannsøylen som riggen utsettes for. Ekstern batterikanne sørger for drift av bølgemåleren. AquaPro ble også montert til å skyte oppover vannsøylen, med tre trålkuler montert fem meter over instrumentet, i en tradisjonell rigg/moring. Internt batteri sørger for drift av strømmåleren.



Figur 2.3.2: Signature (500 kHz) til venstre og L-moring til høyre. Bilde/illustrasjon: Nortek AS.

Bølgemålerne har stått i sjøen med en såkalt L-moring, slik som vist til høyre i **figur 2.3.2**. Fordelen med dette riggoppsettet er at instrumentet i seg selv er beskyttet mot påvirkning av bølger og dårlig vær som en overflatebøye vil være utsatt for, og forhindrer at disse parameterne påvirker datakvaliteten hvis måleren står under den mest dynamiske delen av vannsøylen. Ulempen er at sterke strømmer kan presse bøyen ned og gi dårlig datakvalitet grunnet stor helning på instrumentet, men dette ser ikke ut til å ha vært et problem ved Gammelveggen.

2.4 Instrumentoppsett og kvalitetskontroll

Strøm- og bølgemålingene er gjennomført i henhold til NS 9415:2009 og NS 9425-2:2003. Det ble brukt følgende instrumentoppsett til bølge- og strømmåling ved Gammelveggen, Narvik:

Tabell 2.4.1: Detaljer tilknyttet instrumentoppsett av AWAC, AquaPro og Signature benyttet på Gammelveggen i periodene 19.01-24.05.2016 og 22.08.2016-23.01.2017.

	Enhet	Bølgemåler	Strømmåler	Strøm- og bølgemåler
Instrument type		AWAC	AquaPro	Signature
Instrument frekvens	kHz	600	400	500
Hode ID		WAV 6785	AQP 4291	
Instrument ID		WPR 2259	AQD 8725	
Serienummer				100332
Målnummer		AWAC1	AQ2	Signature1
Antall akustiske stråler		4	3	5
Profilintervall	sek	60	60	120
Måleintervall (strøm)	sek	600*	600	600
Antall måleceller		20	35	21/15***
Cellestørrelse	m	2	2	2/1.8***
Blanking distance	m	0.5	1	0.5/18.5***
Measurement load**	%	50	67	
Kompassoppdateringsrate	sek	1	1	
Antall bølgemålinger		1024		2048
Målefrekvens	Hz	1		2
Måleintervall (bølger)	sek	1800		3600
Presisjon, vertikal hastighet	cm/s	0.7	0.9	0.33/1.28***
Presisjon, horisontal hastighet	cm/s	2.2	2.7	0.99/3.88***

* AWAC er også innstilt til strømmåling med 10 minutters måleintervaller, men to profiler for hver time er i konflikt med bølgemåling, og blir nedprioritert.

** Measurement load angir hvor stor prosentandel av hvert målesekund instrumentet faktisk måler

***Ett instrument har todelt oppsett, hvor det første gjelder strømmåling og det andre angir bølgemåling.

AquaPro-strømmåleroppsettet innebærer at instrumentet registrerer i 1 minutt sammenhengende (og hviler i 9 minutter) per 10. minutt gjennom perioden 19.01-08.05.2016. Instrumentoppsettet (35 celler * 2 meter) gir en rekkevidde på 70 meter.

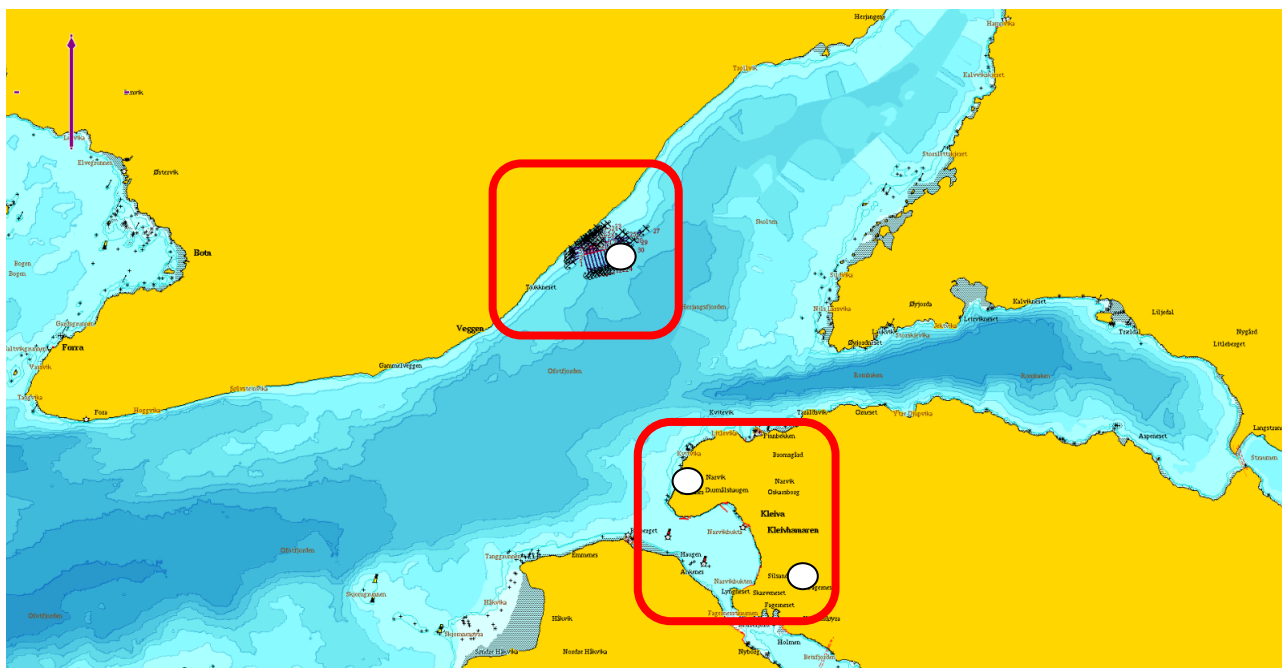
AWAC-bølgemåleroppsettet gir ca. 17 minutt bølgemåling (1024 målinger) per halvtime gjennom måleperioden 19.01-24.05.2016. Instrumentet var også innstilt til å måle strøm, med samme profil- og måleintervall som AquaPro så langt det lar seg gjøre. Er det konflikt mellom planlagt bølgerregistrering og strømprofil, prioriteres førstnevnte. Med 17 minutter bølgemåling per halvtime, er det 1 konflikt mellom strøm og bølgemåling per halvtime. Resultatet er 4 strømprofiler per time fra AWAC-bølgemåleren, sammenlignet med 6 strømprofiler som AquaPro gjennomfører per time, og dette innebærer måling av strøm som veksler mellom 10 og 20 minutters intervaller. Instrumentoppsettet (20 celler * 2 meter) gir en rekkevidde på 40 meter.

Signature-oppsettet gir ca. 17 minutter bølgemåling (2048 målinger) per time gjennom måleperioden 22.08.16 - 23.01.2017. Instrumentet var også innstilt til å måle strøm gjennom den samme perioden som det måles bølger, hvor det registreres vannstrøm i 2 minutter sammenhengende (og hviler i 8 minutter) per 10. minutt. Signature måler strøm og bølger til samme tid uten konflikt, og de respektive oppsettene (21/15 celler * 2/1.8 meter) gir en rekkevidde på 42 og 27 meter.

Bølgedata er prosessert med programvarene Storm og SignatureWaves. Det er foretatt en automatisk kvalitetskontroll av strømmålingene med programvarene SeaReport og SignatureViewer. Rådata finnes oppbevart hos Aqua Kompetanse AS. Målingene er utført på en etablert lokalitet hvor det i de første delperiodene sto både anlegg, nøter og fisk. Lokaliteten ble etter hvert utslaktet og instrumenteringen ble flyttet nærmere anlegget og dets fortøyninger som fortsatt sto på lokaliteten.

2.5 Meteorologiske data

Til å vurdere målt sjøtilstand benyttes meteorologiske data fra to nærliggende meteorologiske stasjoner. Det er benyttet data fra Fagernesfjellet og Narvik lufthavn, begge i Narvik kommune. Se værstasjonen og lokalitet Gammelveggen sin geografiske beliggenhet i **figur 2.5.1**.



Figur 2.5.1: Aktuelle meteorologiske stasjoner, Narvik lufthavn og Fagernesfjellet (hvite punkter i den sørligste røde boksen), samt måleposisjon ved Gammelveggen (hvitt punkt i rød boks i nord). Kartkilde: Olex.

Fagernesfjellet og Narvik lufthavn er begge automatstasjoner hvor det gjøres instrumentelle observasjoner og ligger henholdsvis 1000 og 31 meter over havet. Stasjonene er utstyrt med blant annet termometer (temperaturmåling), anemometer (vindstyrke) og vane (vindretning), samt barometer (trykkmåling) ved Narvik lufthavn. Vinddataene for måleperiode er presentert som timesverdier og representerer gjennomsnittsverdier for den siste timen.

Vindretning oppgis som retningen vinden blåser fra. Det samme er tilfellet for bølgeretning, hvor oppgitt bølgeretning er retningen bølgene forplanter seg fra. Vannstrømmen derimot, oppgis som retningen vannmassene beveger seg mot.

Meteorologiske data er hentet fra Meteorologisk institutt sin klimadatabase, nettportalen eKlima.

3. Resultater

Resultatene fra denne undersøkelsen presenteres i kapitlene 3.1 – 3.5, hvor målingene fra fem underperioder presenteres hver for seg. Strøm- og bølgedata mangler imidlertid fra perioden 24. mai – 22. august 2016, da instrumentet som ble benyttet var feilprodusert (utett) og data for denne perioden gikk tapt, så kun meteorologiske data fra denne perioden er presentert i kapittel 3.3. Den tapte måleperioden er imidlertid diskutert videre av instrumentleverandør (Lohrmann, 2017), samt at for eksempel trykkendringer er vurdert som en mulig drivkraft til potensielle vannstrømsakselerasjoner (Leikvin, Hagen, 2017). Oppsummerende tabeller for strøm- og bølgemåling er gitt i henholdsvis kapittel 3.6 og 3.7.

Til å vurdere målt sjøtilstand og havstrøm, er det innhentet meteorologiske data fra to nærliggende værstasjoner. Relevante parametere er vindhastighet og vindretning på Fagernesfjellet, og disse presenteres for hver av måleperiodene. Vindhastighet er med på å underbygge bølgemålingenes troverdighet gjennom samvariasjon parameterne imellom, og oppgis i meter/sekund. Vindretning er retningene vinden blåser fra, oppgitt i kompassgrader. I tillegg er lufttrykk ved Narvik lufthavn for hver av delperiodene presentert i vedlegg A.

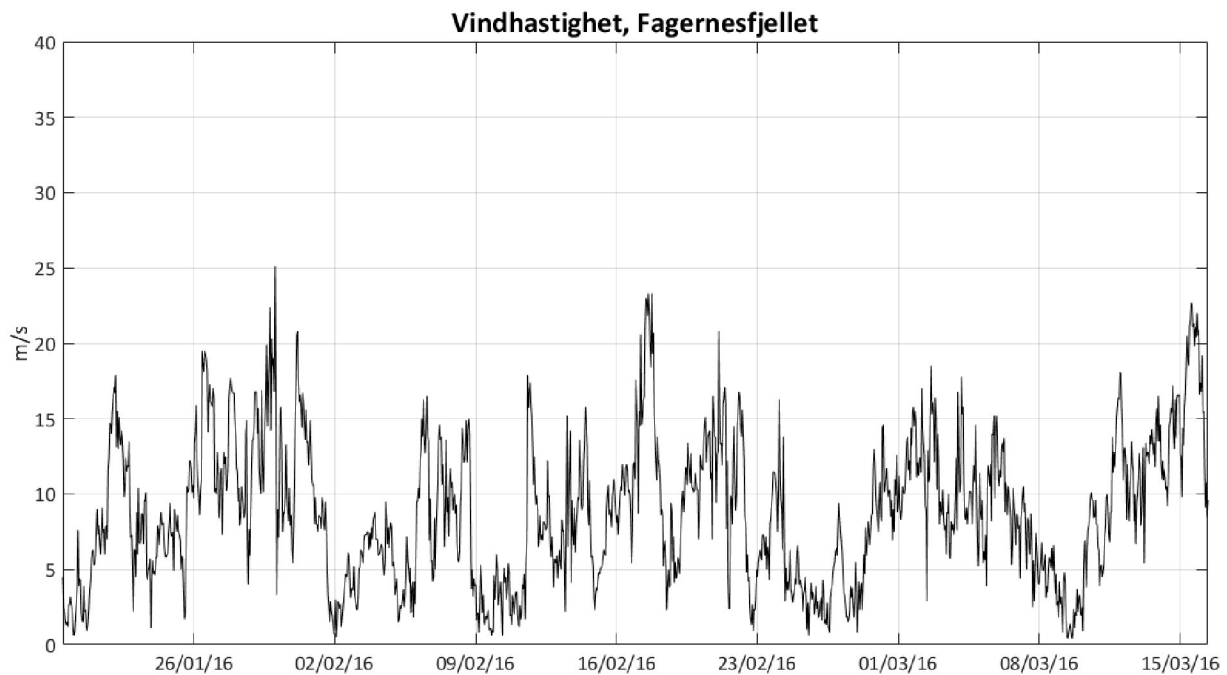
Bølgehøyde og bølgeperiode er undersøkt for hele måleperioden. Til å beskrive bølgehøyde (meter) så er signifikant bølgehøyde (H_s) og maksimal bølgehøyde (H_{max}) presentert, hvor førstnevnte er gjennomsnittsverdien av den høyeste tredjedelen av individuelle bølgehøyder og sistnevnte er den høyeste enkeltbølgen observert, begge i løpet av en 17 minutters periode. Forholdet mellom signifikant og maksimal bølgehøyde varierer, men målingene viser at det er godt samsvar. Gjennomsnittlig og topp bølgeperiode er også presentert (oppgis i sekunder).

Strømhastighet, strømrretning og vannfluks/vanntransport beskriver vannstrømmen på 5 og 15 meters dyp, hvor data fra aktuell instrumenttype (AquaPro, AWAC og Signature) er presentert. Strømhastighet presenteres som centimeter/sekund i figurene. Strømrretning oppgis i kompassgrader, og er retningen vannmassene i målepunktet beveger seg mot. Histogram som viser frekvensfordelingen av strømrretningen er også gitt, hvor gruppen 0-15 representerer strøm mot retning 0-15° osv. Vannfluksen for hver av underperiodene er presentert som strømrroser, dette er også tilfellet for antall målinger. Strømrrosene viser hvilke retninger det er mest vannbevegelse mot, og lengden på rosenes ytterkanter angir hvor mange kubikk vann som beveger seg per kvadratmeter per døgn ($m^3/m^2/døgn$) innenfor hver av de 15 graders sektorene.

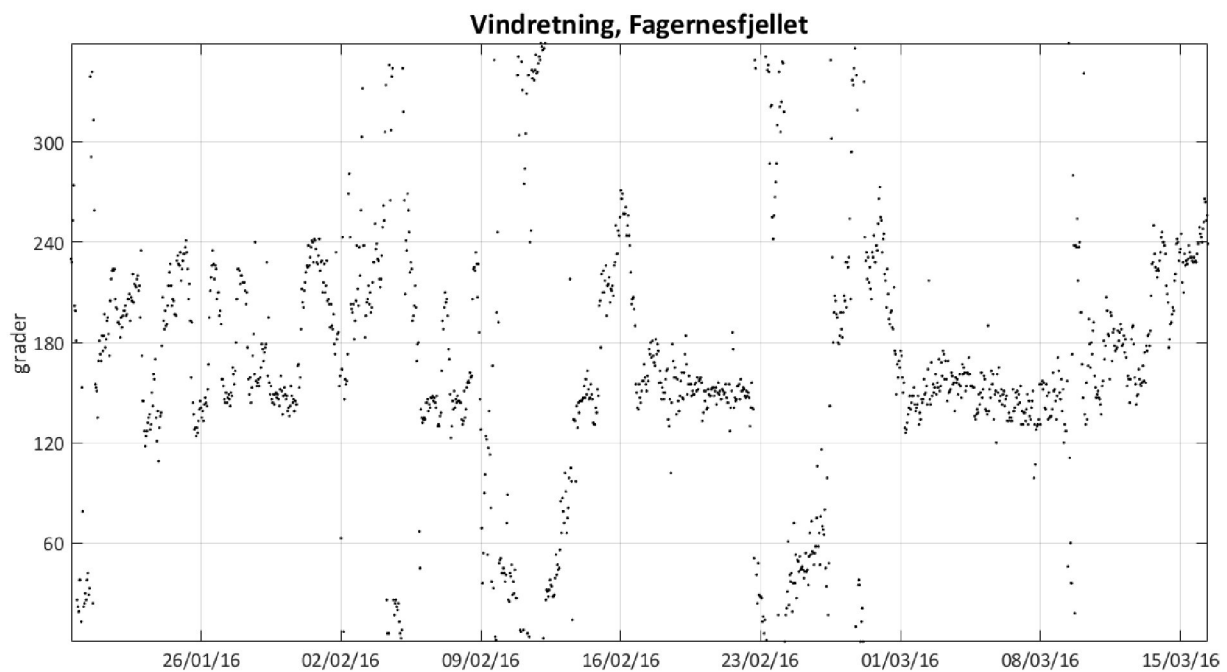
Strømmåleren som registrerte vannstrøm i perioden 19. januar – 8. mai 2016 hadde 10 minutters intervaller, og gikk tom for batteri på sistnevnte dato. Strømmålingene fra tidsrommet 8. – 24. mai 2016 derimot, er hentet ut av bølgemåleren (AWAC) og disse veksler systematisk mellom å ha 10 og 20 minutters intervaller. Dette skaper en noe mer usammenhengende kurve i **figur 3.2.7** og **3.2.8** enn for eksempel de tilsvarende **figurene 3.1.7** og **3.1.8**. Strøm- og bølgemåleren som registrerte vannstrøm i perioden 22. august 2016 – 23. januar 2017 hadde også 10 minutters intervallet, med unntak av perioden 8. – 23. januar 2017 hvor instrumentet grunnet begrenset batterikapasitet veksler mellom 10 og 20 minutters intervaller. Det ble registrert bølger gjennom alle delperiodene, med unntak av perioden 7. – 23. januar 2017 grunnet batterikapasitet.

Sjøtilstand er det endelige resultatet av vindhastighet, vindretning, vannstrøm og innkommende bølger, og denne diskuteres for hele undersøkelsen i kapittel 4.

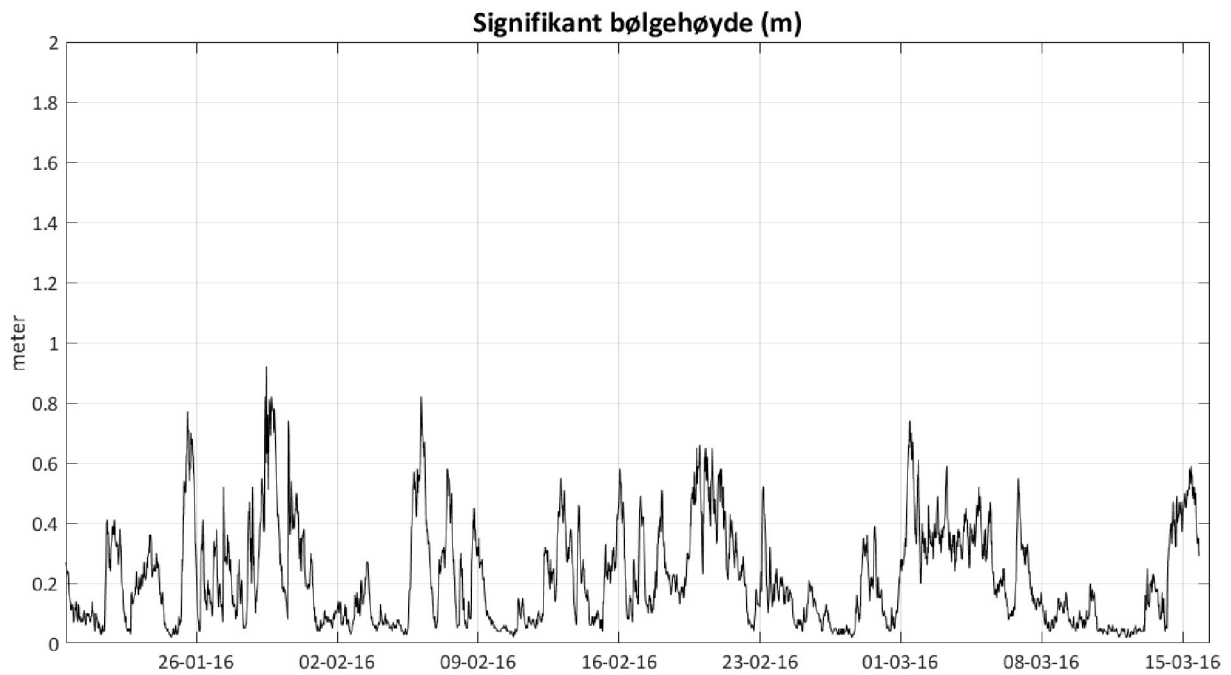
3.1 Resultater for måleperioden januar – mars 2016



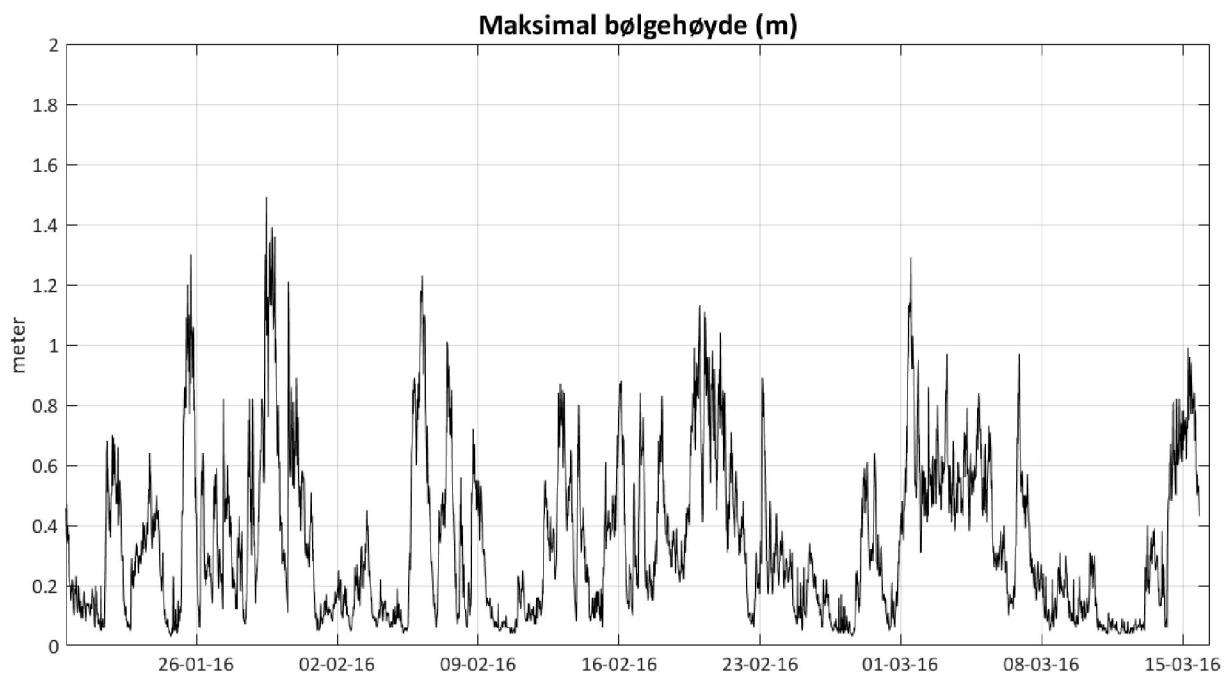
Figur 3.1.1: Vindhastighet (m/s) ved Fagernesfjellet i perioden 19.01-16.03.2016.



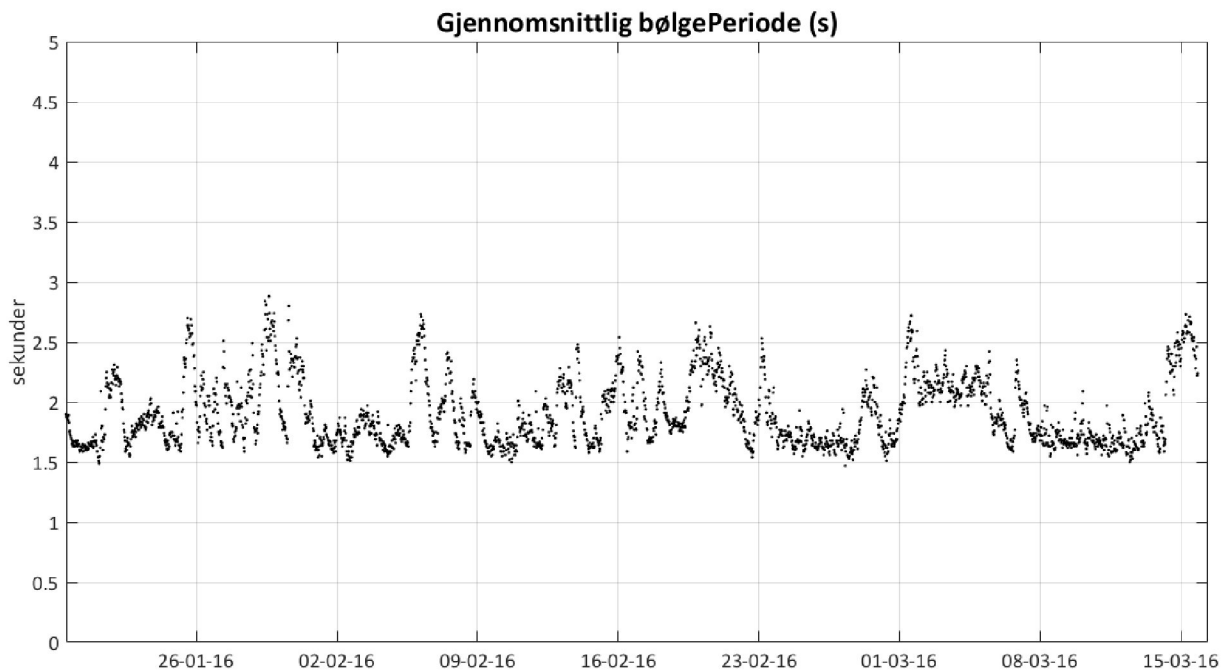
Figur 3.1.2: Vindretning (kompassgrader, °) ved Fagernesfjellet i perioden 19.01-16.03.2016.



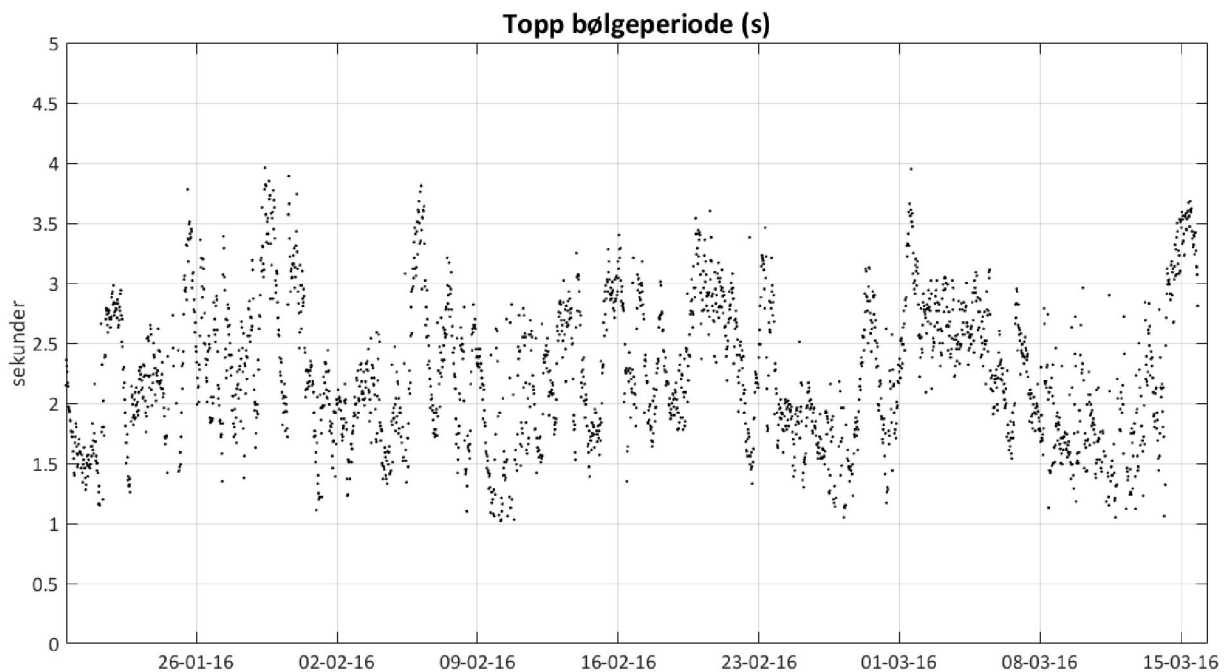
Figur 3.1.3: Signifikant bølgehøyde (H_s , m) ved Gammelveggen i perioden 19.01-16.03.2016.



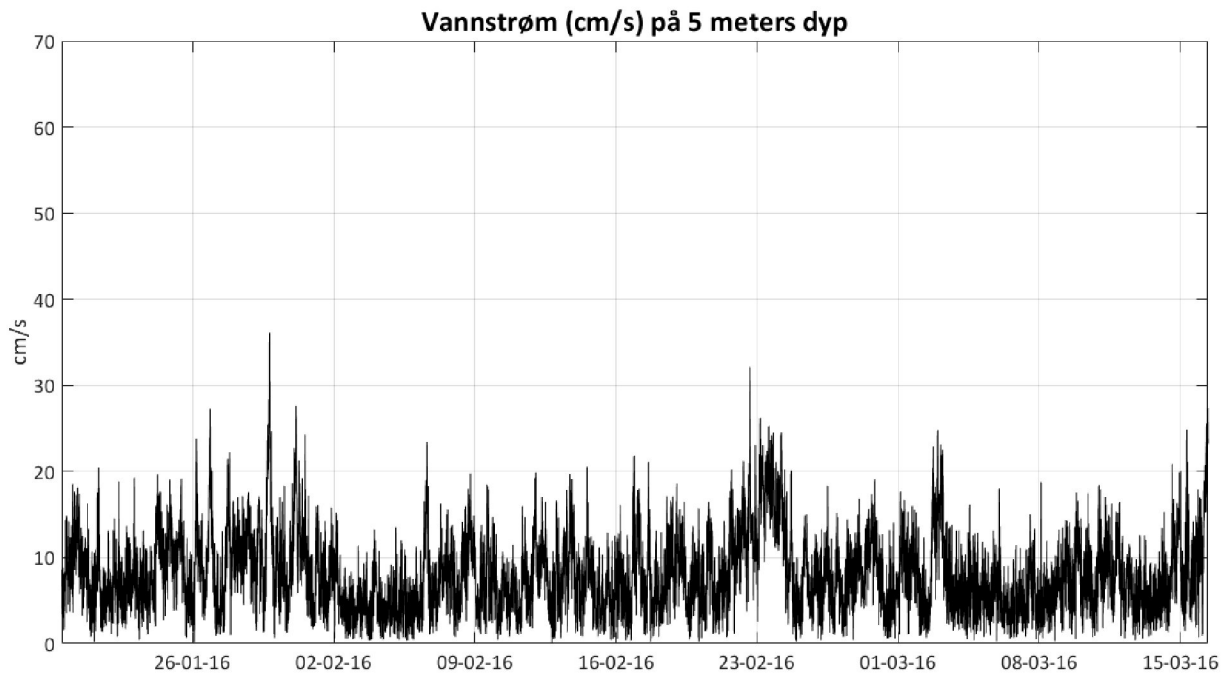
Figur 3.1.4: Maksimal bølgehøyde (H_{max} , m) ved Gammelveggen i perioden 19.01-16.03.2016.



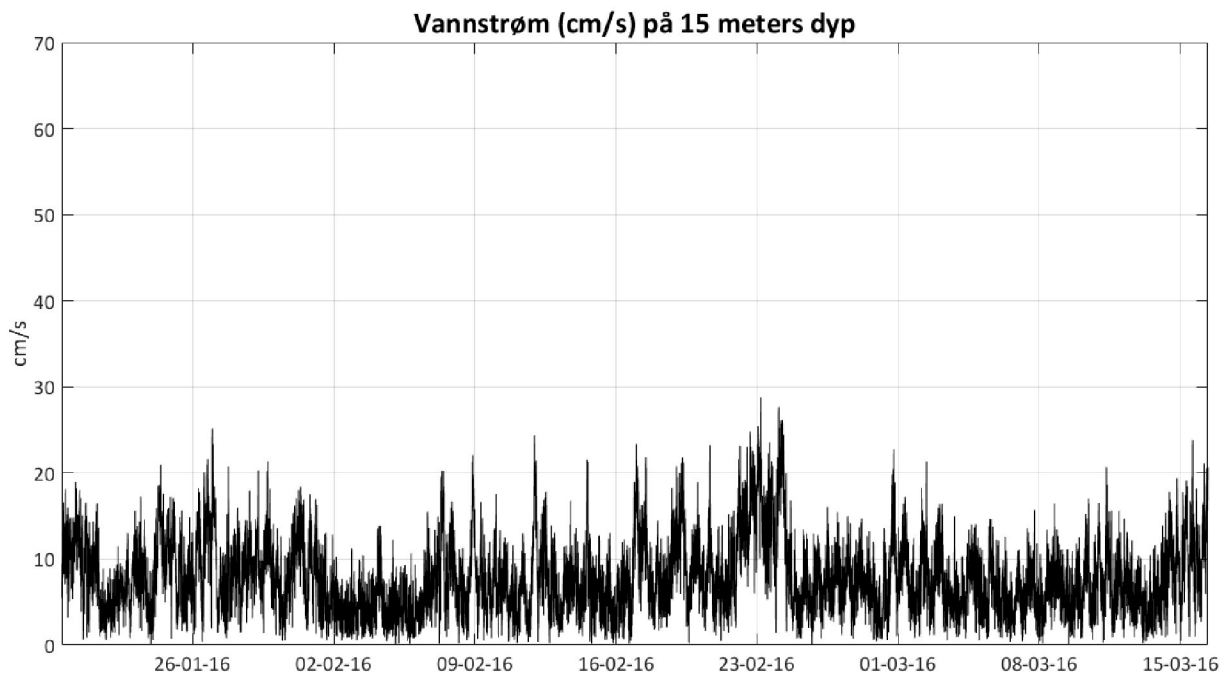
Figur 3.1.5: Gjennomsnittlig bølgeperiode (T_{mean} , sekund) ved Gammelveggen i perioden 19.01-16.03.2016.



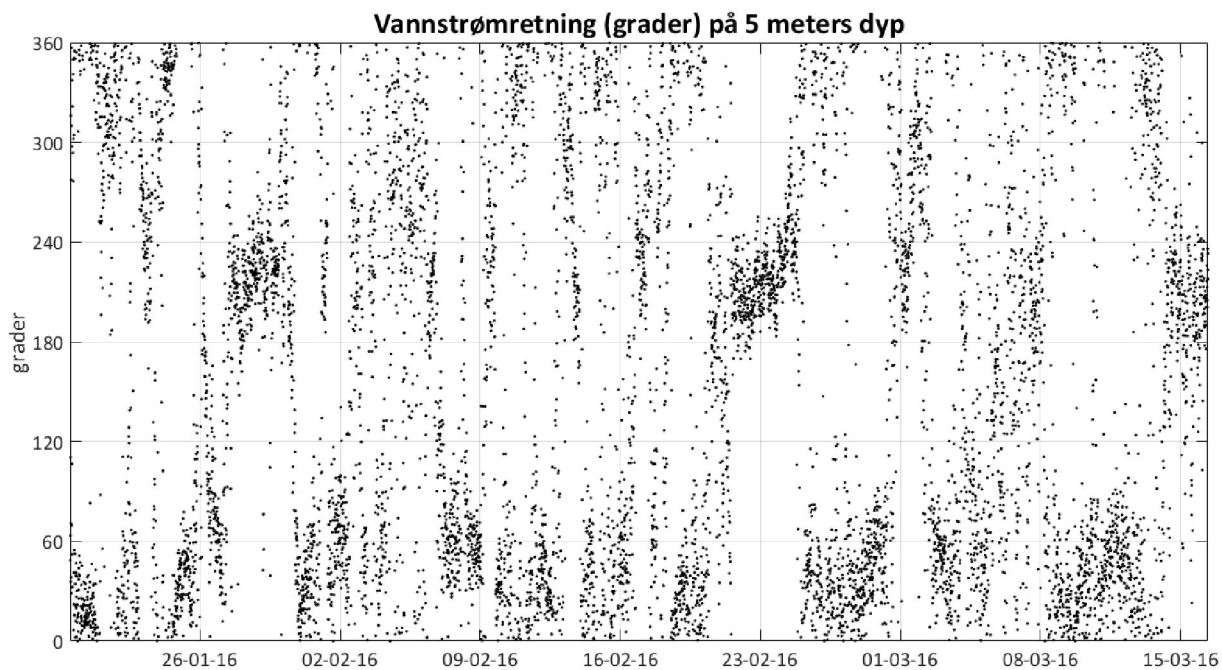
Figur 3.1.6: Topp bølgeperiode (T_{peak} , sekund) ved Gammelveggen i perioden 19.01-16.03.2016.



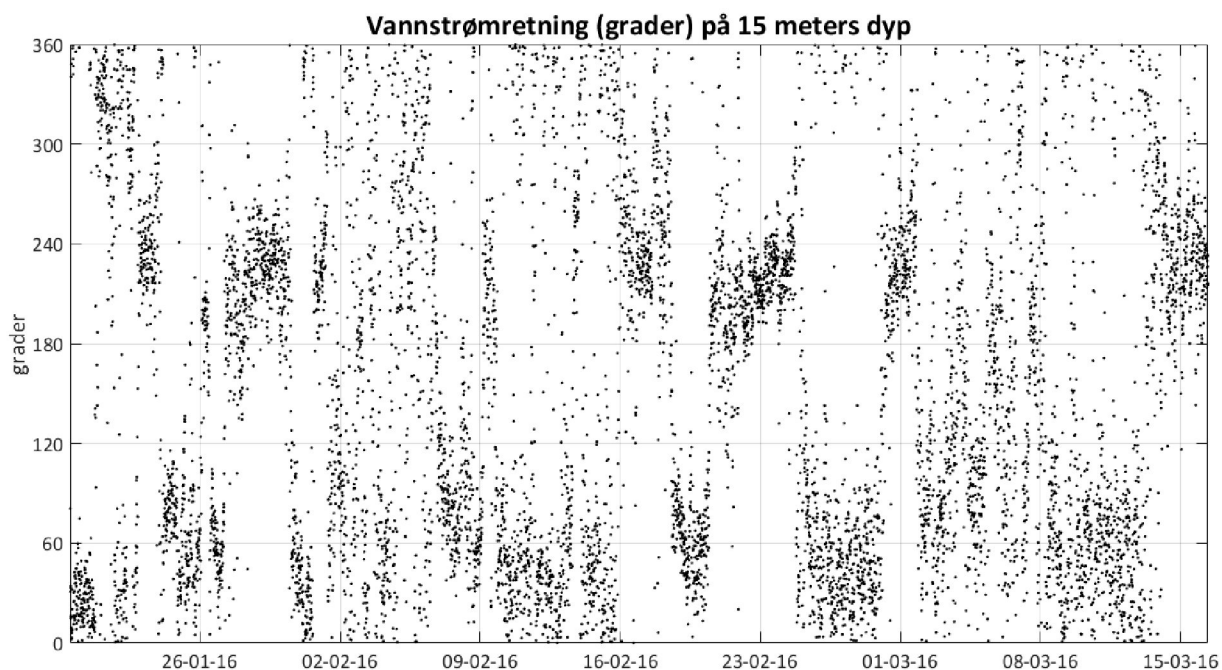
Figur 3.1.7: Vannstrømhastighet (cm/s) på 5 meters dyp ved Gammelveggen i perioden 19.01-16.03.2016.



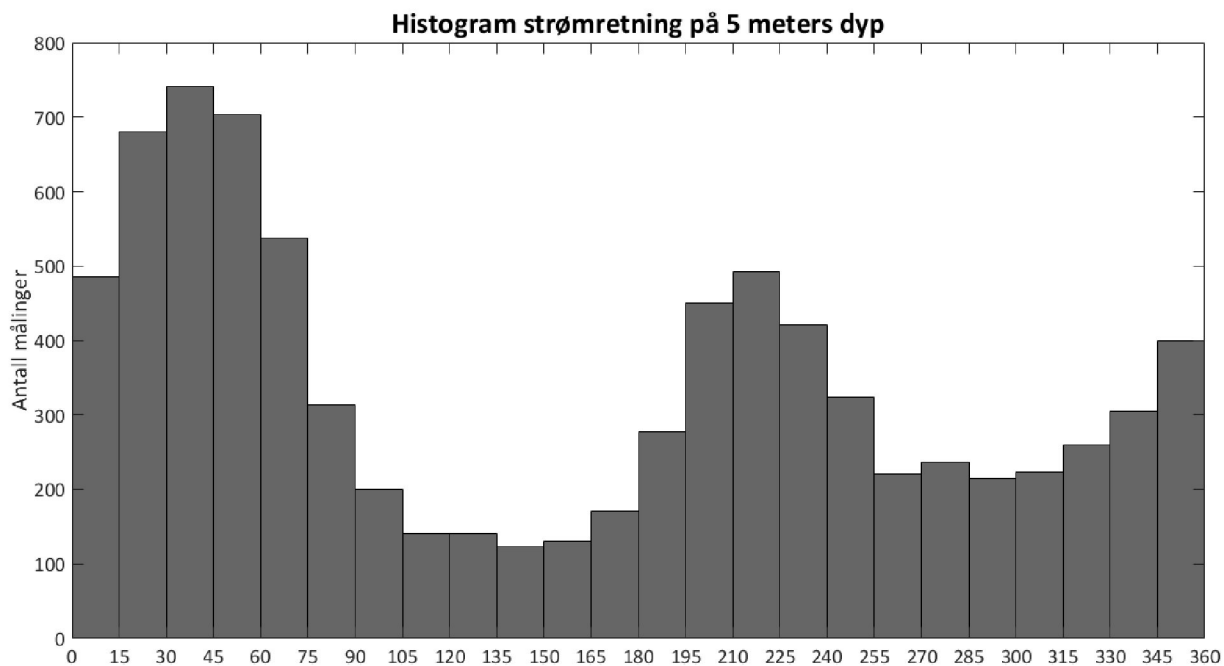
Figur 3.1.8: Vannstrømhastighet (cm/s) på 15 meters dyp ved Gammelveggen i perioden 19.01-16.03.2016.



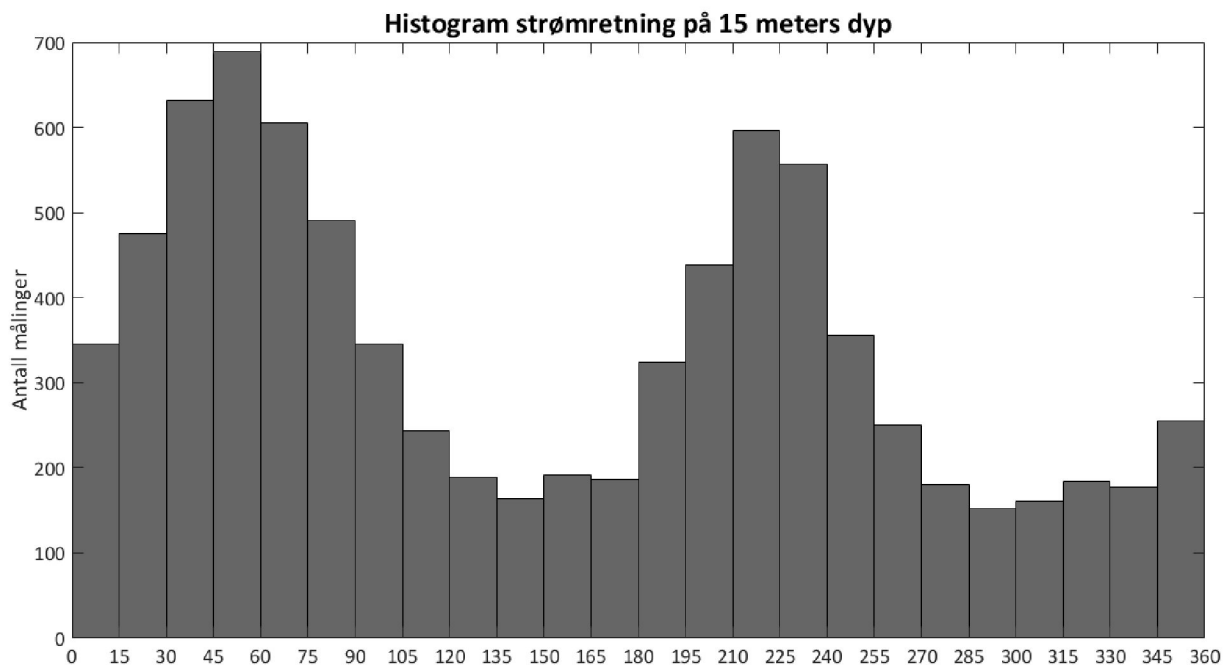
Figur 3.1.9: Vannstrømretning (kompassgrader, °) på 5 meters dyp ved Gammelveggen i perioden 19.01-16.03.2016.



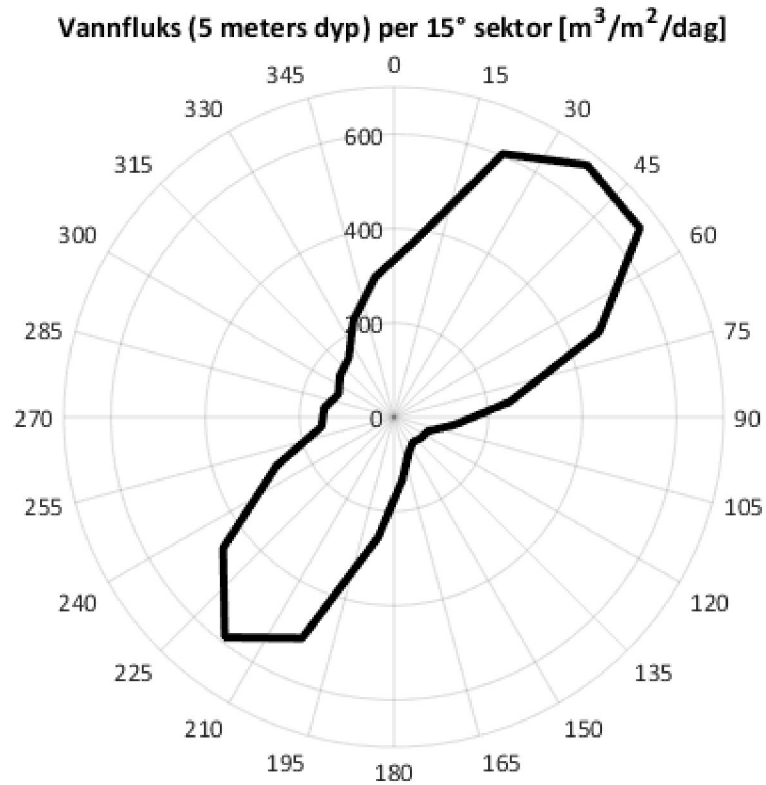
Figur 3.1.10: Vannstrømretning (kompassgrader, °) på 15 meters dyp ved Gammelveggen i perioden 19.01-16.03.2016.



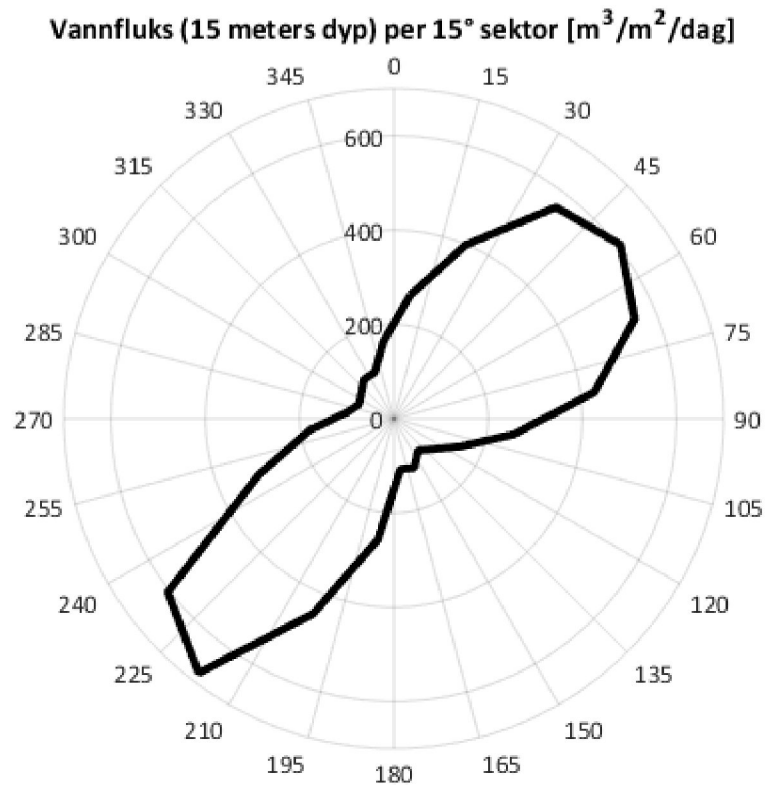
Figur 3.1.11: Frekvensfordeling av strømretning på 5 meters dyp ved Gammelveggen i perioden 19.01-16.03.2016. Gruppen «0-15» representerer strøm mot retning 0-15° osv.



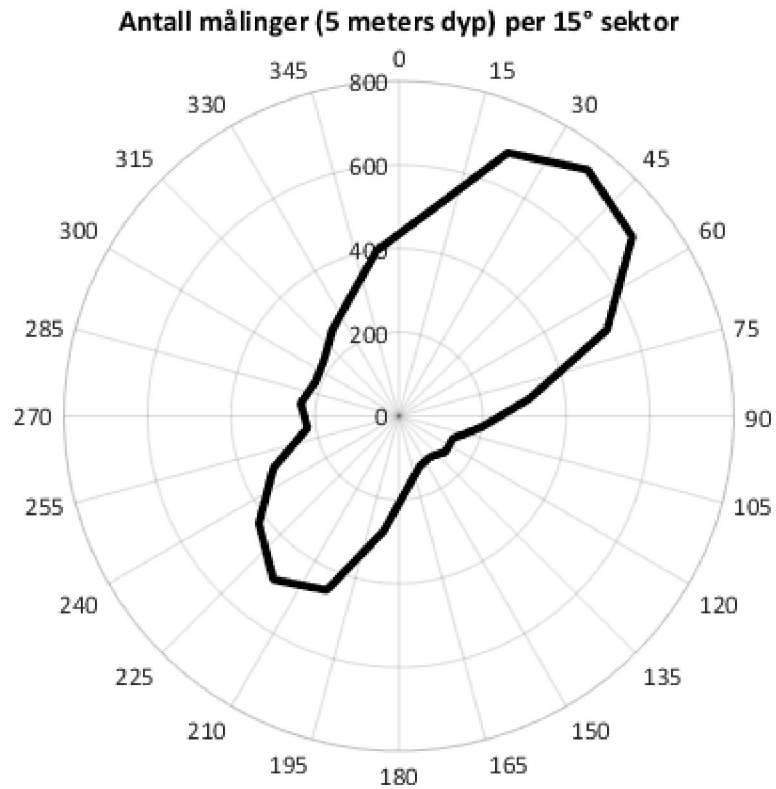
Figur 3.1.12: Frekvensfordeling av strømretning på 15 meters dyp ved Gammelveggen i perioden 19.01-16.03.2016. Gruppen «0-15» representerer strøm mot retning 0-15° osv.



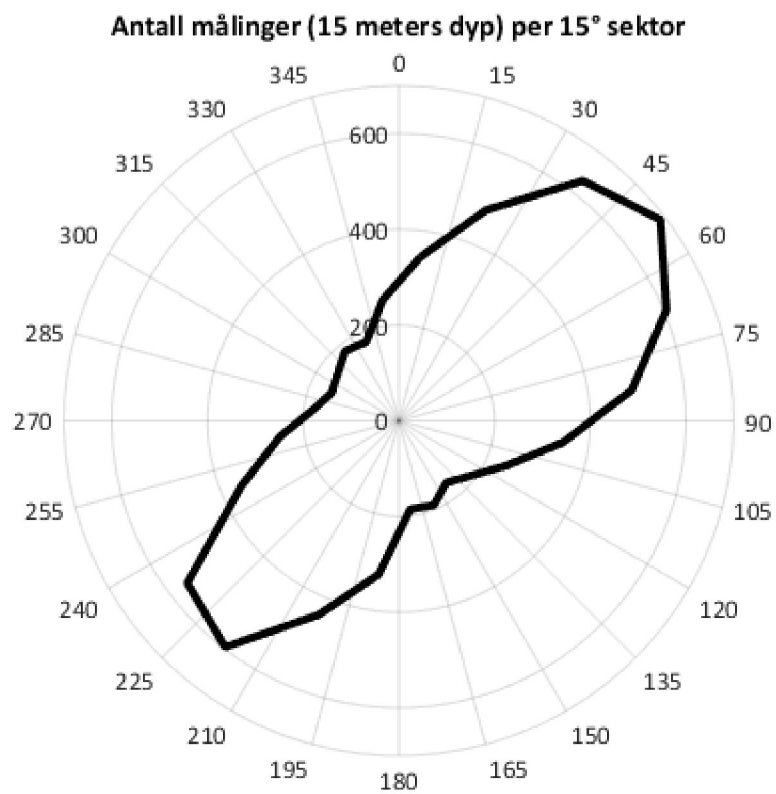
Figur 3.1.13: Vanntransport ($m^3/m^2/døgn$) for hver 15° sektor på 5 meters dyp ved Gammelveggen i perioden 19.01-16.03.2016.



Figur 3.1.14: Vanntransport ($m^3/m^2/døgn$) for hver 15° sektor på 15 meters dyp ved Gammelveggen i perioden 19.01-16.03.2016.

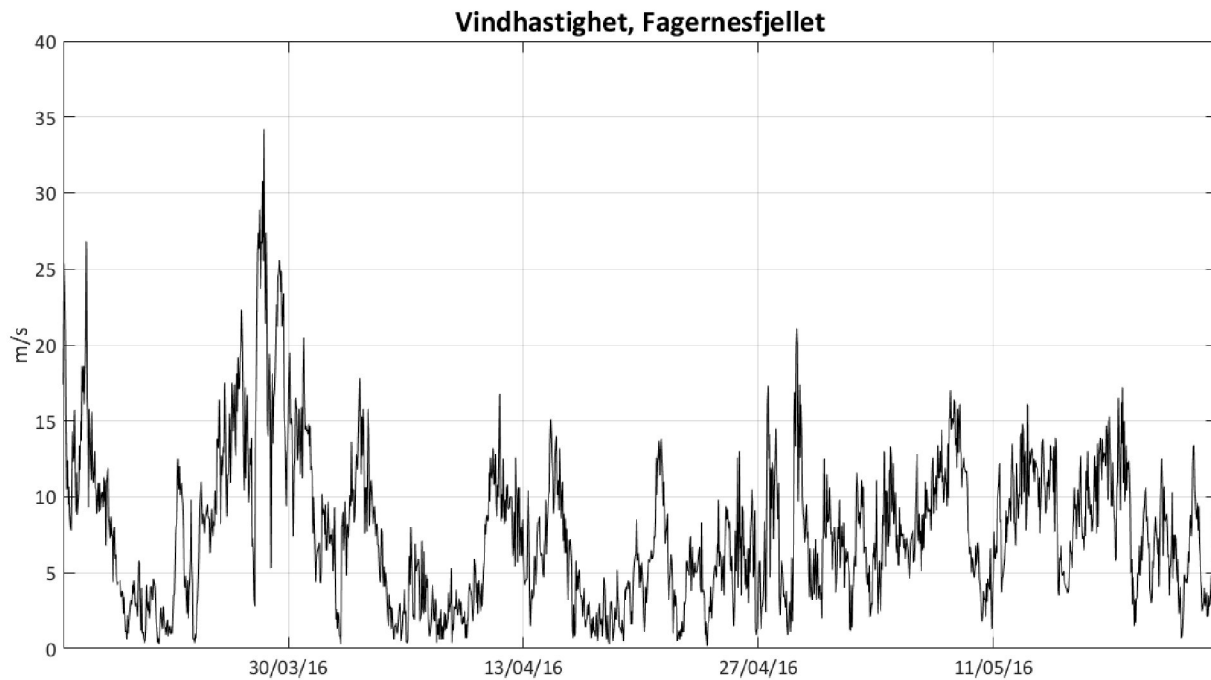


Figur 3.1.15: Antall målinger for hver 15° sektor på 5 meters dyp ved Gammelveggen i perioden 19.01-16.03.2016.

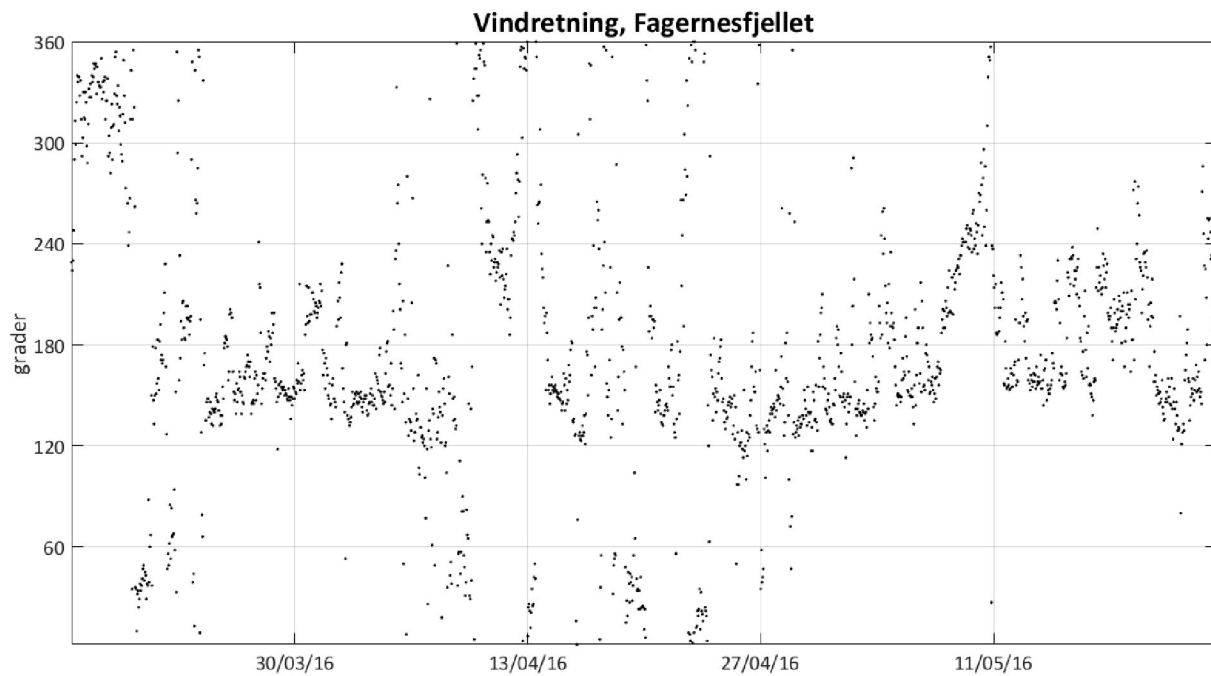


Figur 3.1.16: Antall målinger for hver 15° sektor på 15 meters dyp ved Gammelveggen i perioden 19.01-16.03.2016.

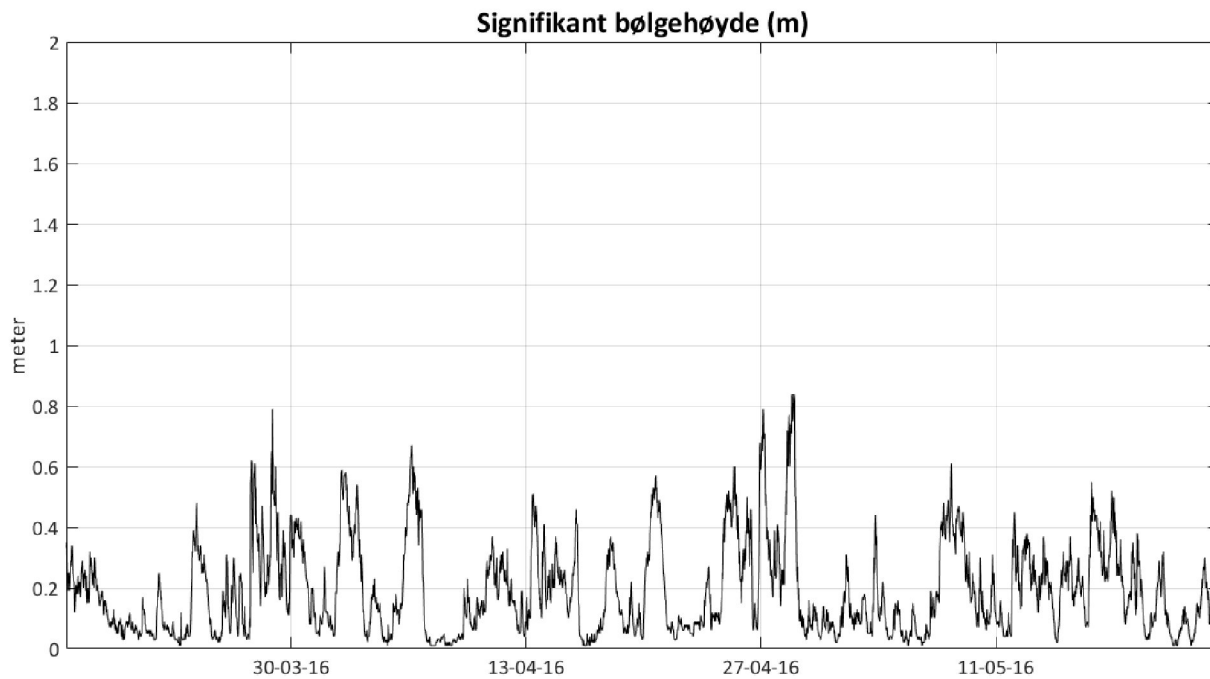
3.2 Resultater for måleperioden mars – mai 2016



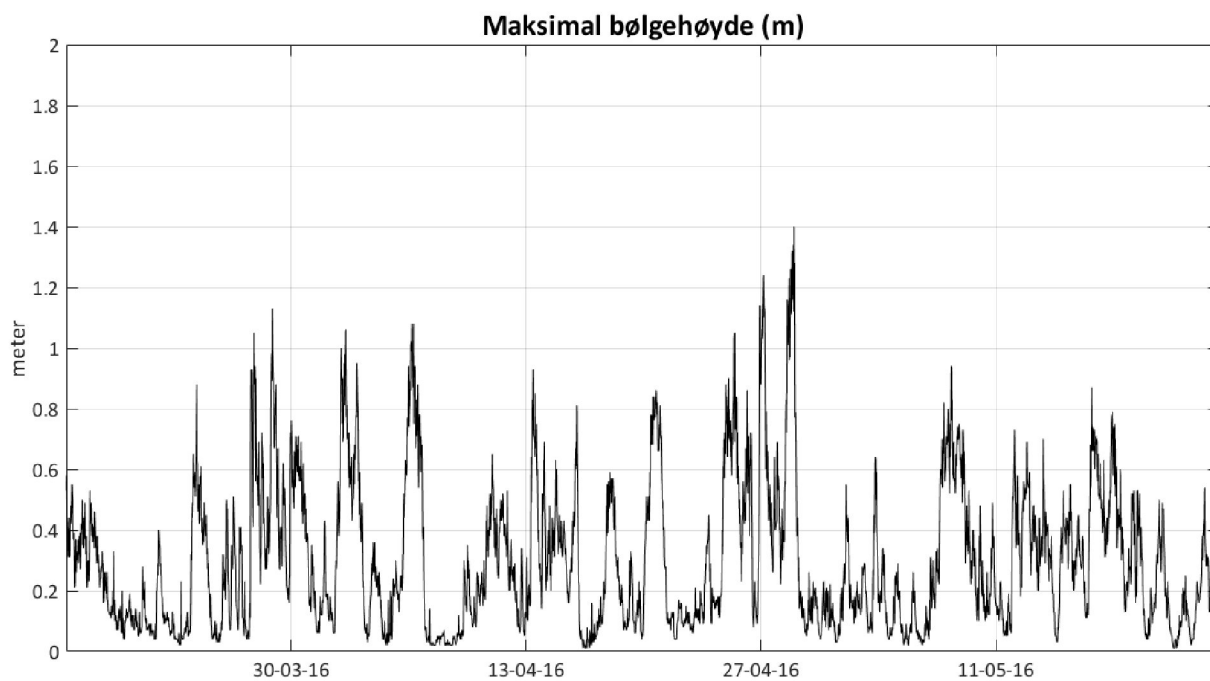
Figur 3.2.1: Vindhastighet (m/s) ved Fagernesfjellet i perioden 16.03-24.05.2016.



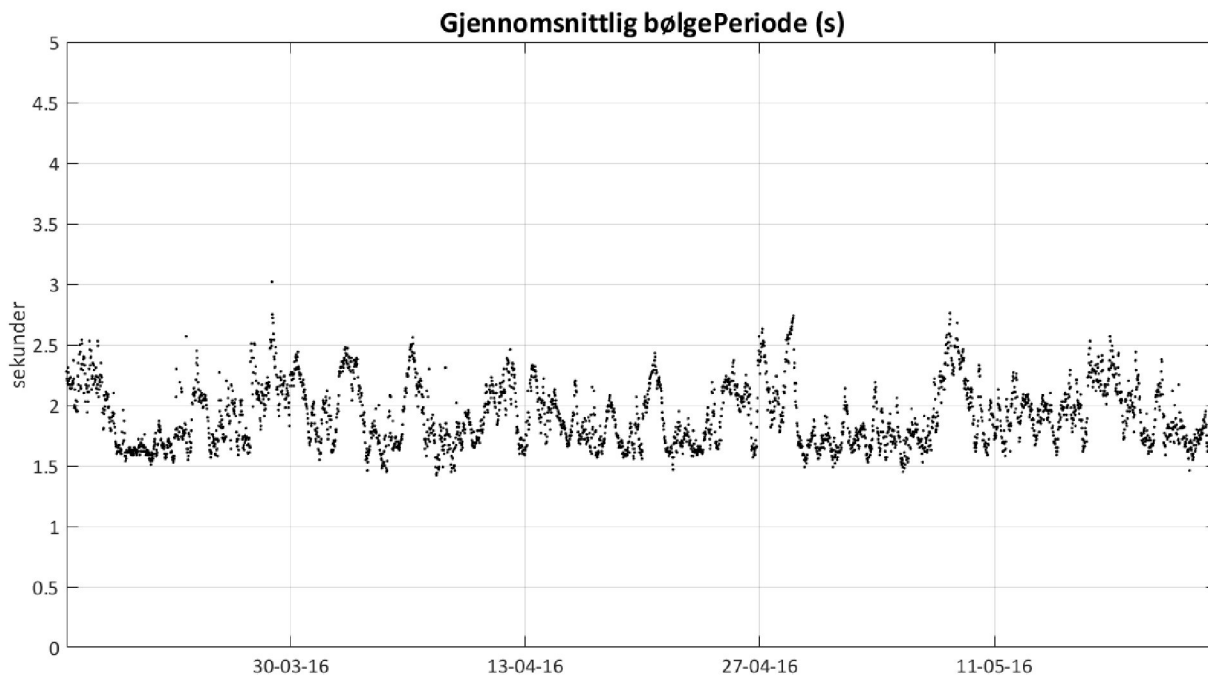
Figur 3.2.2: Vindretning (kompassgrader, °) ved Fagernesfjellet i perioden 16.03-24.05.2016.



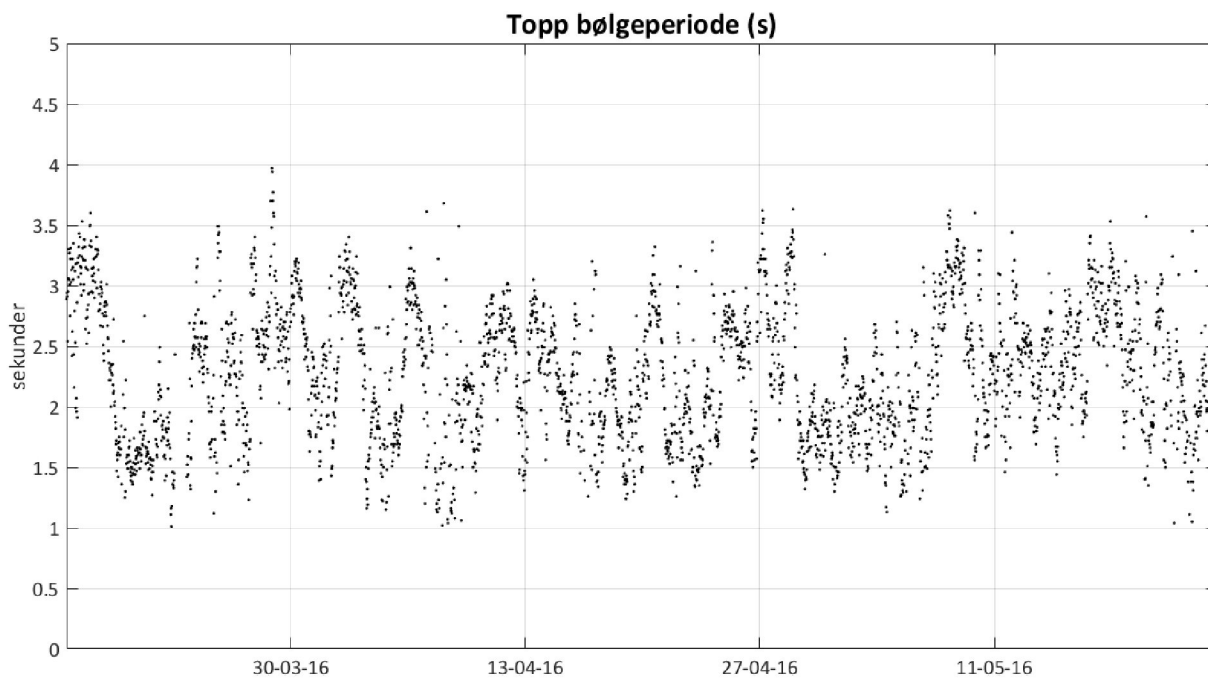
Figur 3.2.3: Signifikant bølgehøyde (H_s , m) ved Gammelveggen i perioden 16.03-24.05.2016.



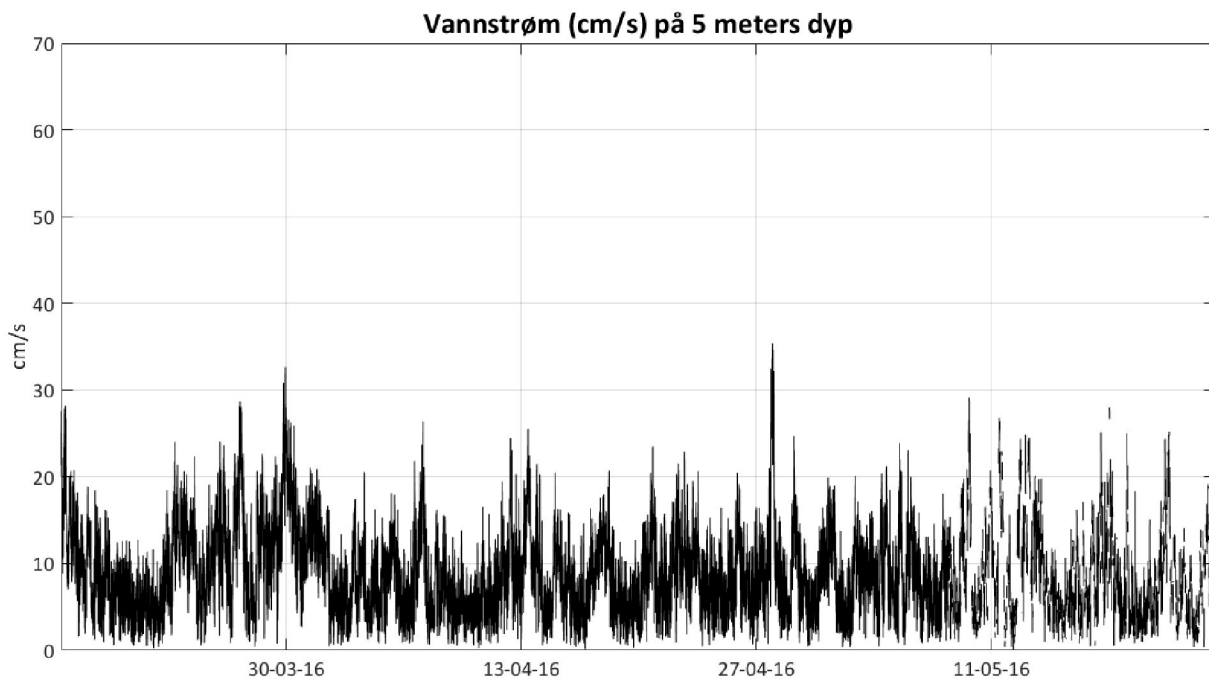
Figur 3.2.4: Maksimal bølgehøyde (H_{max} , m) ved Gammelveggen i perioden 16.03-24.05.2016.



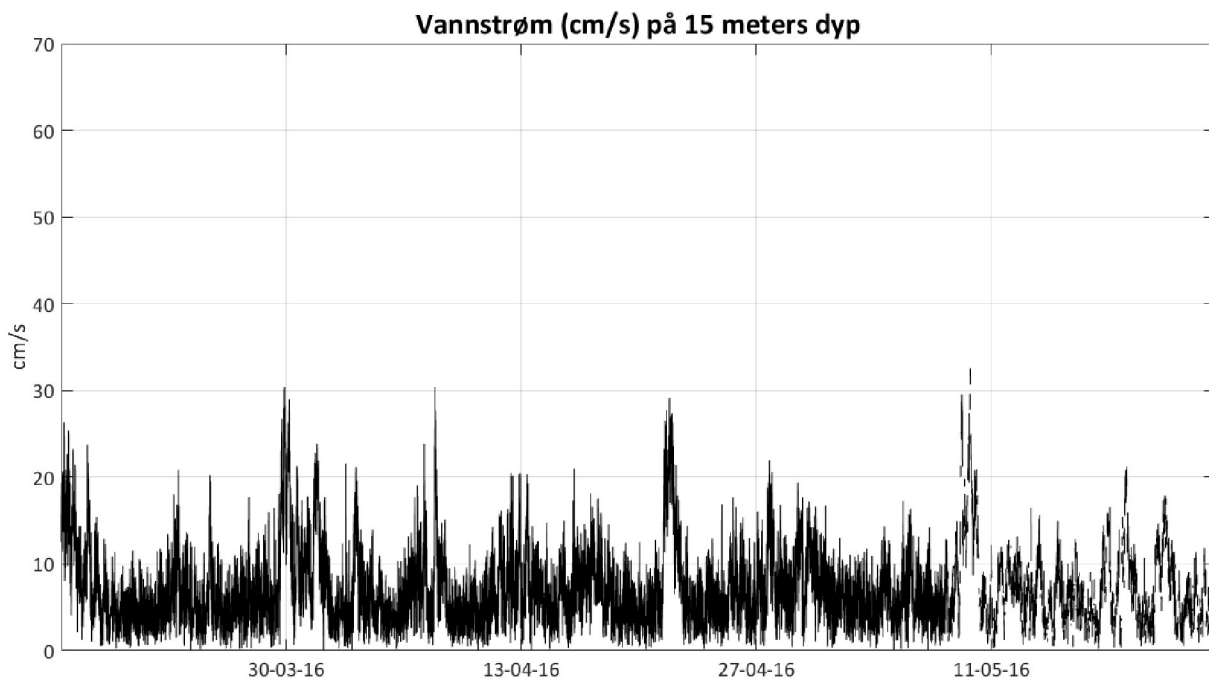
Figur 3.2.5: Gjennomsnittlig bølgeperiode (T_{mean} , sekund) ved Gammelveggen i perioden 16.03-24.05.2016.



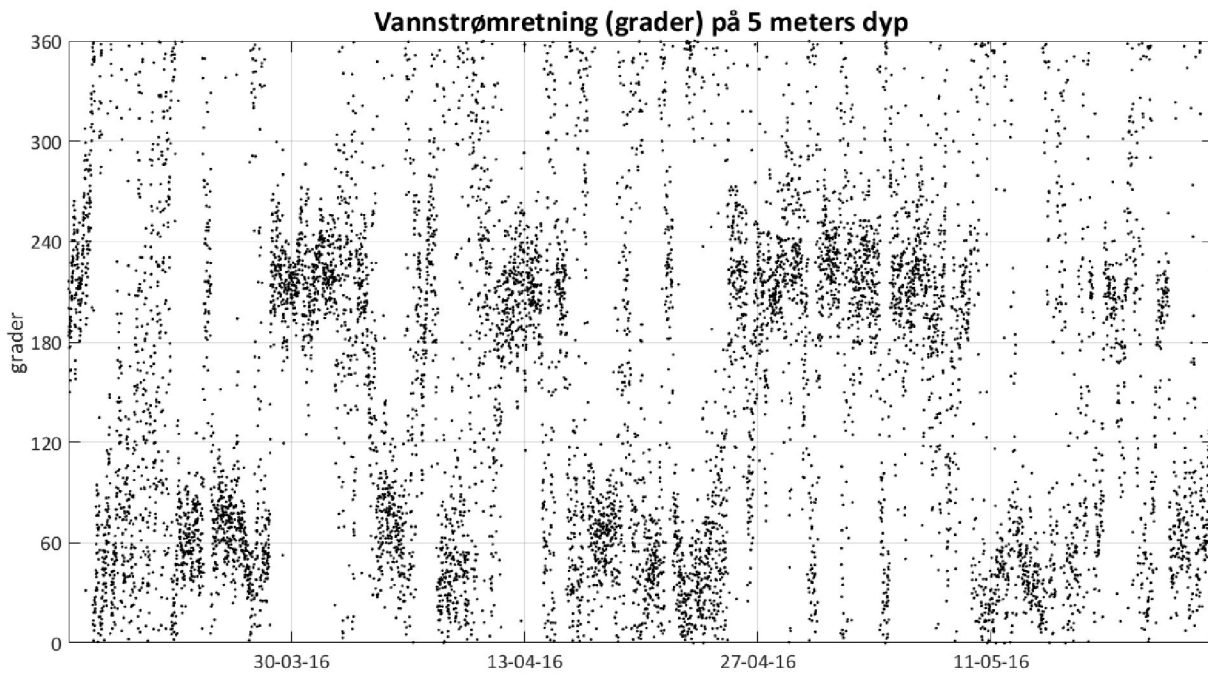
Figur 3.2.6: Topp bølgeperiode (T_{peak} , sekund) ved Gammelveggen i perioden 16.03-24.05.2016.



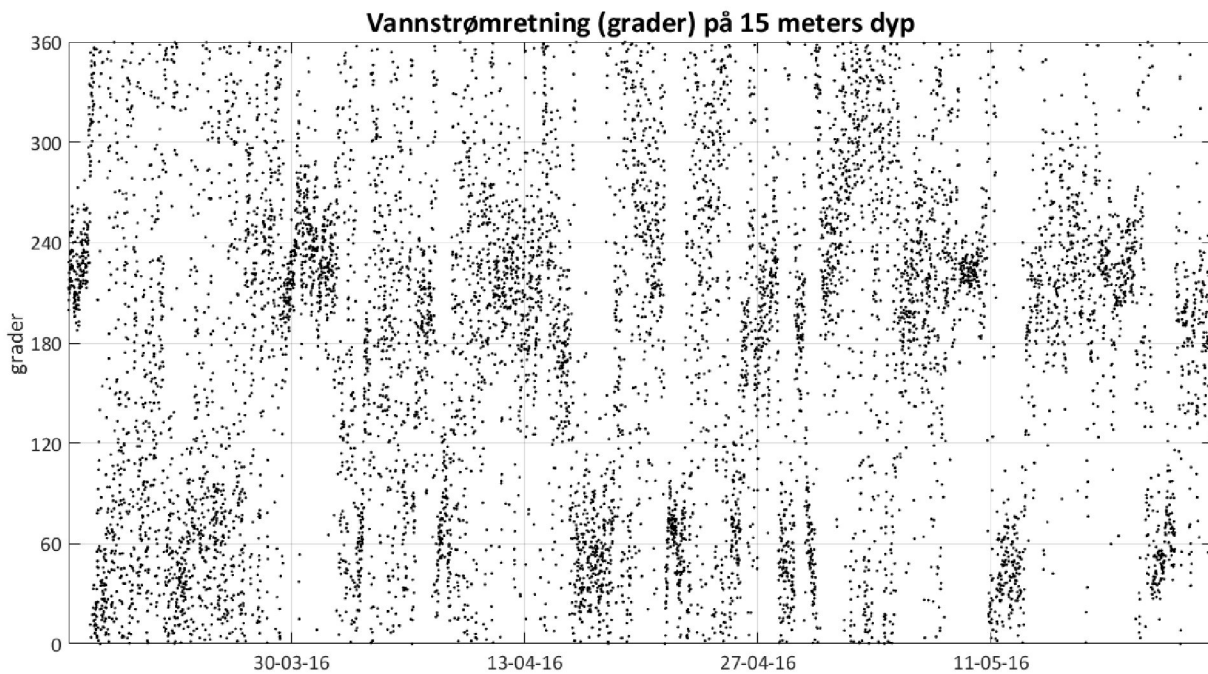
Figur 3.2.7: Vannstrømhastighet (m/s) på 5 meters dyp ved Gammelveggen i perioden 16.03-24.05.2016.



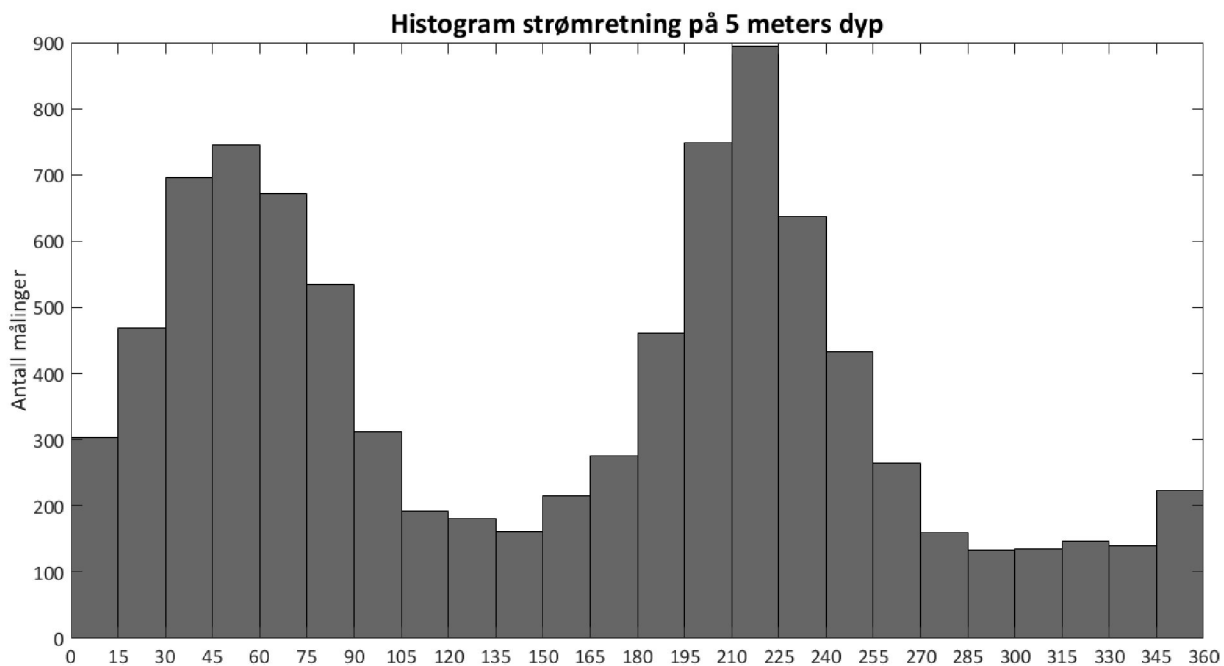
Figur 3.2.8: Vannstrømhastighet (m/s) på 15 meters dyp ved Gammelveggen i perioden 16.03-24.05.2016.



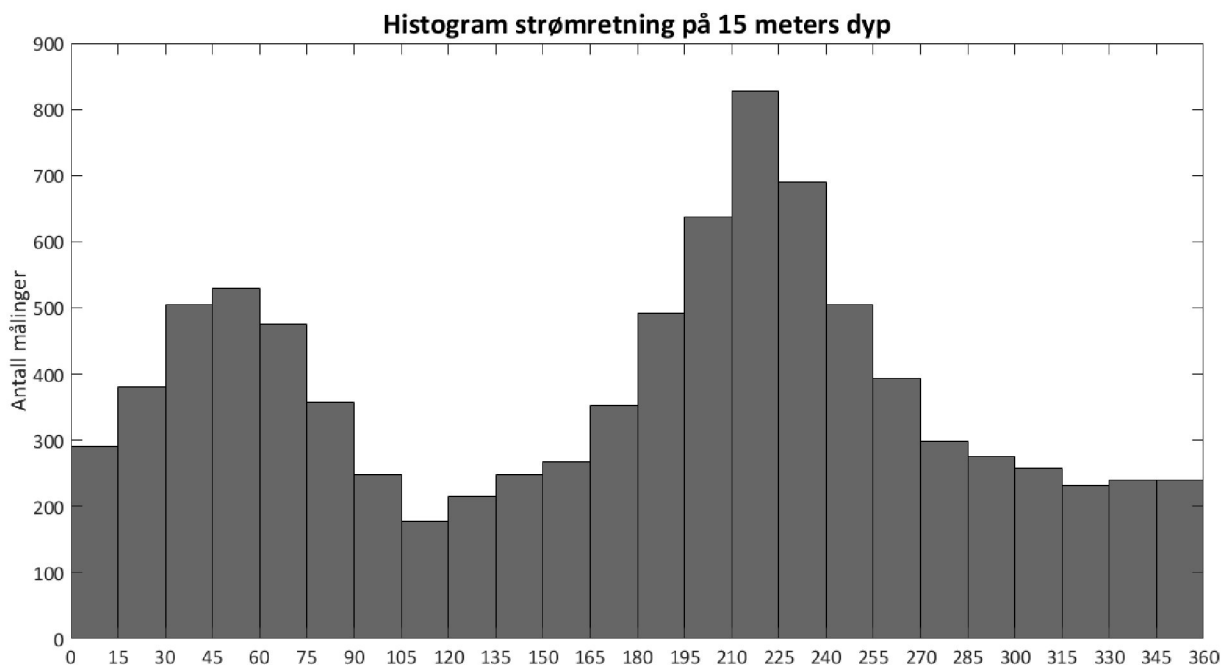
Figur 3.2.9: Vannstrømretning (kompassgrader, °) på 5 meters dyp ved Gammelveggen i perioden 16.03-24.05.2016.



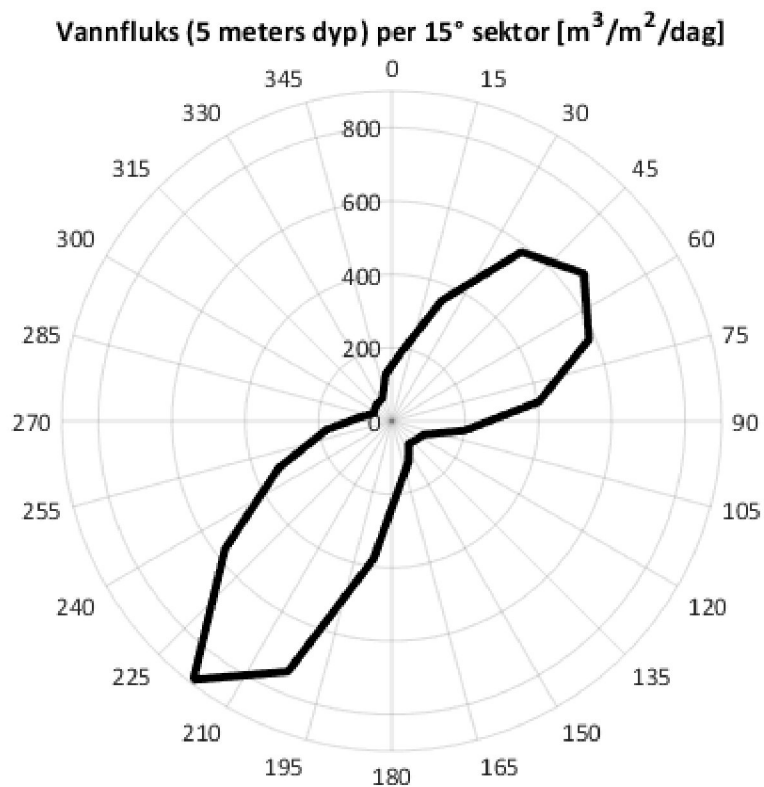
Figur 3.2.10: Vannstrømretning (kompassgrader, °) på 15 meters dyp ved Gammelveggen i perioden 16.03-24.05.2016.



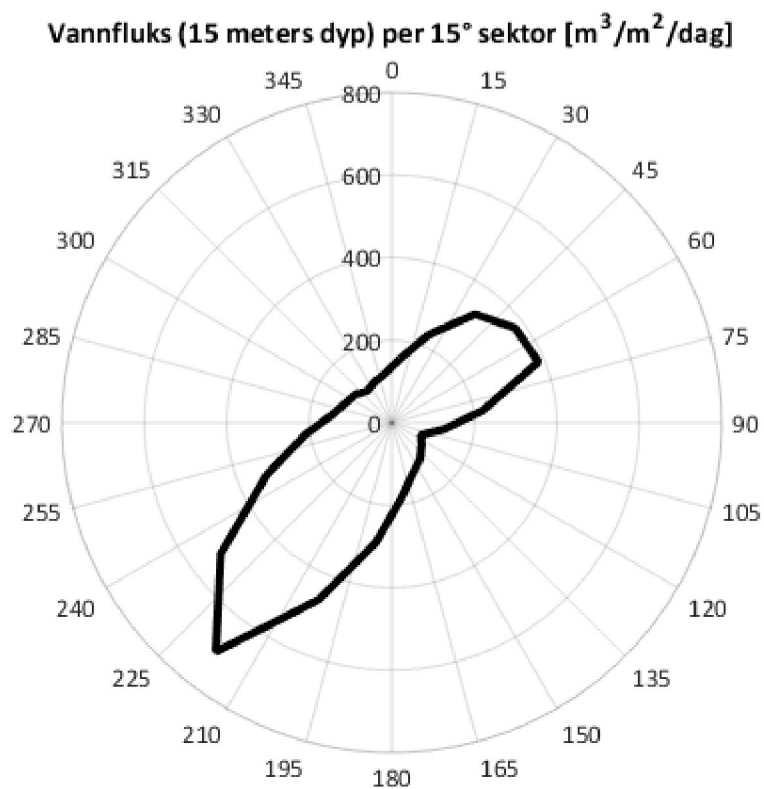
Figur 3.2.11: Frekvensfordeling av strømretning på 5 meters dyp ved Gammelveggen i perioden 16.03-24.05.2016. Gruppen «0-15» representerer strøm mot retning 0-15° osv.



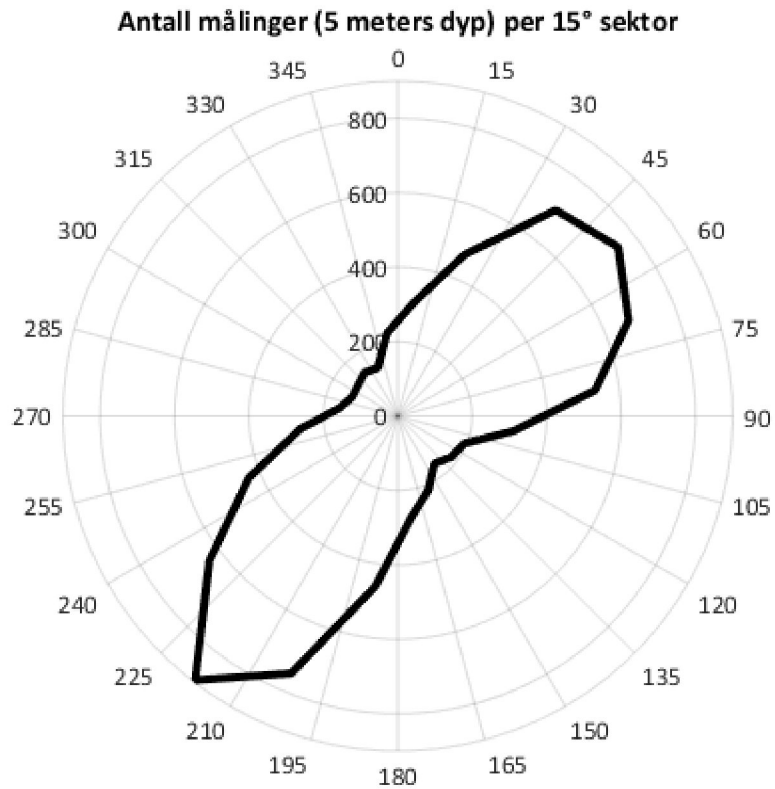
Figur 3.2.12: Frekvensfordeling av strømretning på 15 meters dyp ved Gammelveggen i perioden 16.03-24.05.2016. Gruppen «0-15» representerer strøm mot retning 0-15° osv.



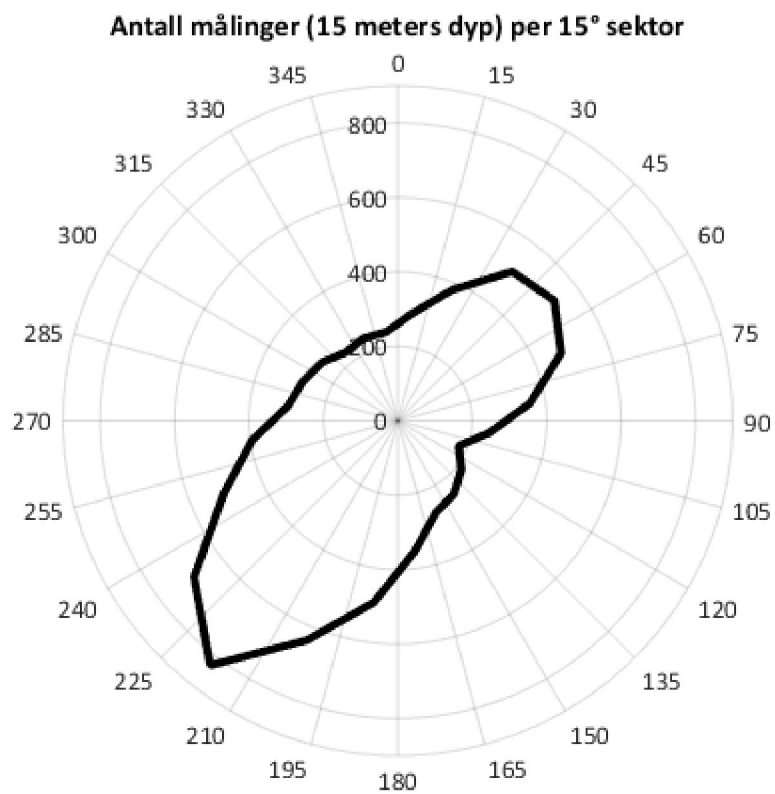
Figur 3.2.13: Vanntransport ($m^3/m^2/døgn$) for hver 15° sektor på 5 meters dyp ved Gammelveggen i perioden 16.03-24.05.2016.



Figur 3.2.14: Vanntransport ($m^3/m^2/døgn$) for hver 15° sektor på 15 meters dyp ved Gammelveggen i perioden 16.03-24.05.2016.

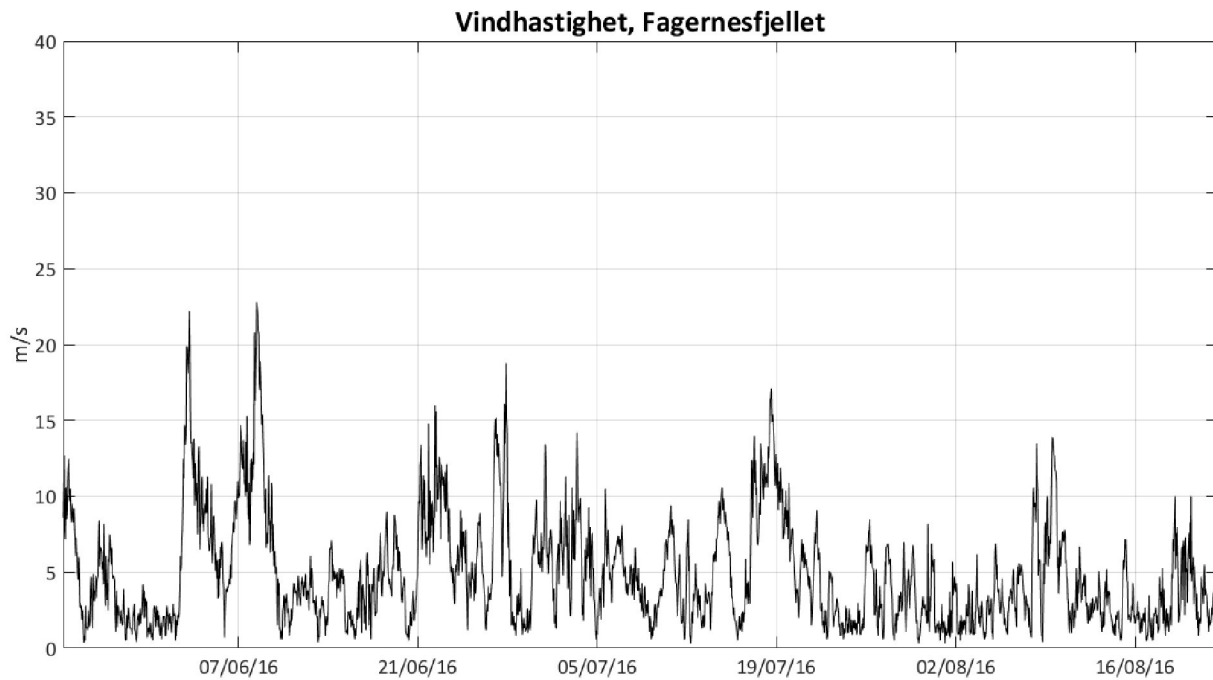


Figur 3.2.15: Antall målinger for hver 15° sektor på 5 meters dyp ved Gammelveggen i perioden 16.03-24.05.2016.

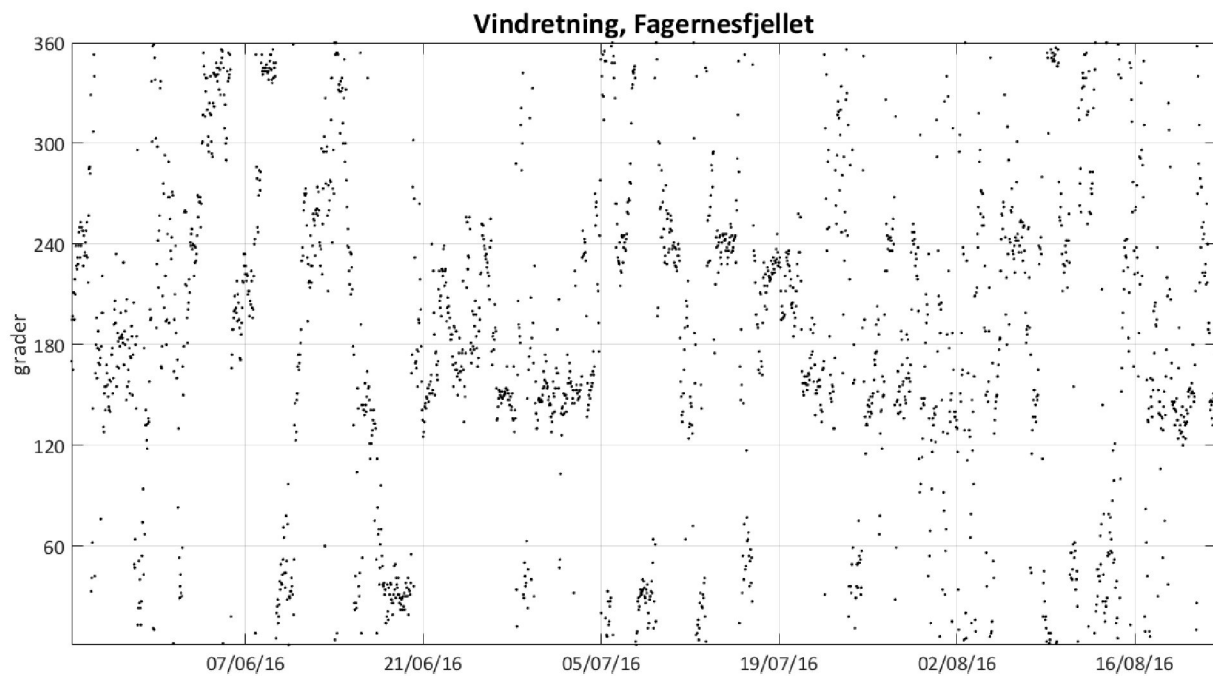


Figur 3.2.16: Antall målinger for hver 15° sektor på 15 meters dyp ved Gammelveggen i perioden 16.03-24.05.2016.

3.3 Resultater for måleperioden mai – august 2016 (mangelfull)

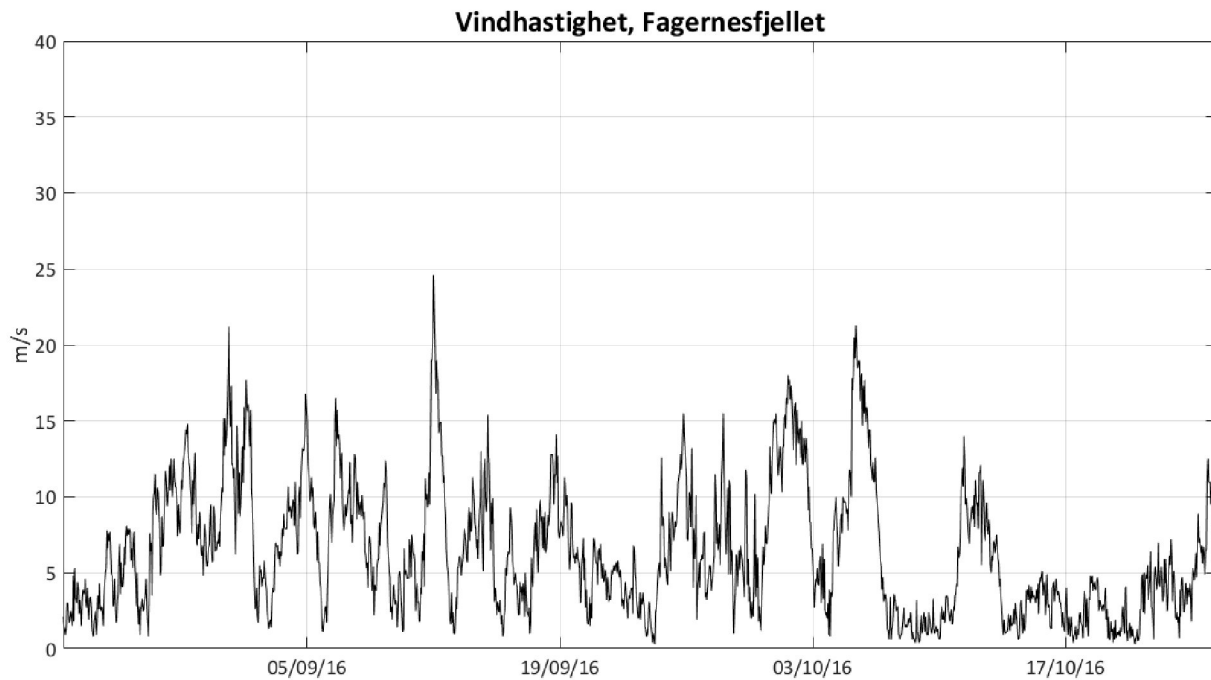


Figur 3.3.1: Vindhastighet (m/s) ved Fagernesfjellet i perioden 24.05-22.08.2016.

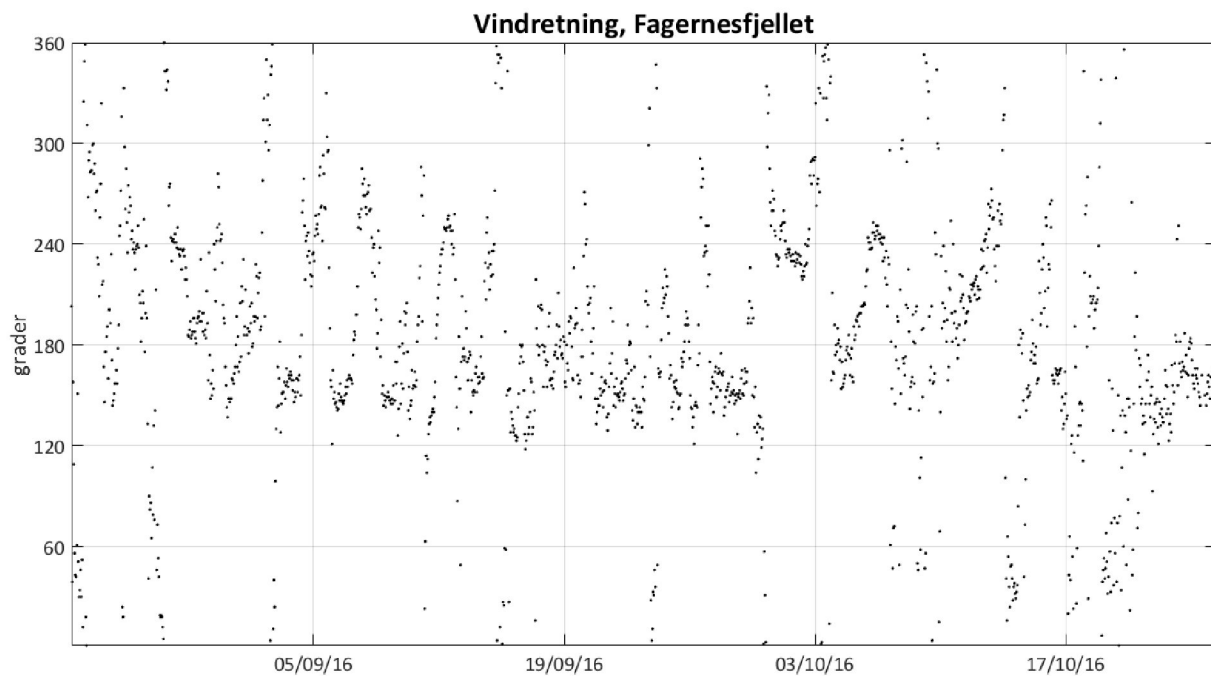


Figur 3.3.2: Vindretning (kompassgrader, °) ved Narvik lufthavn i perioden 24.05-22.08.2016.

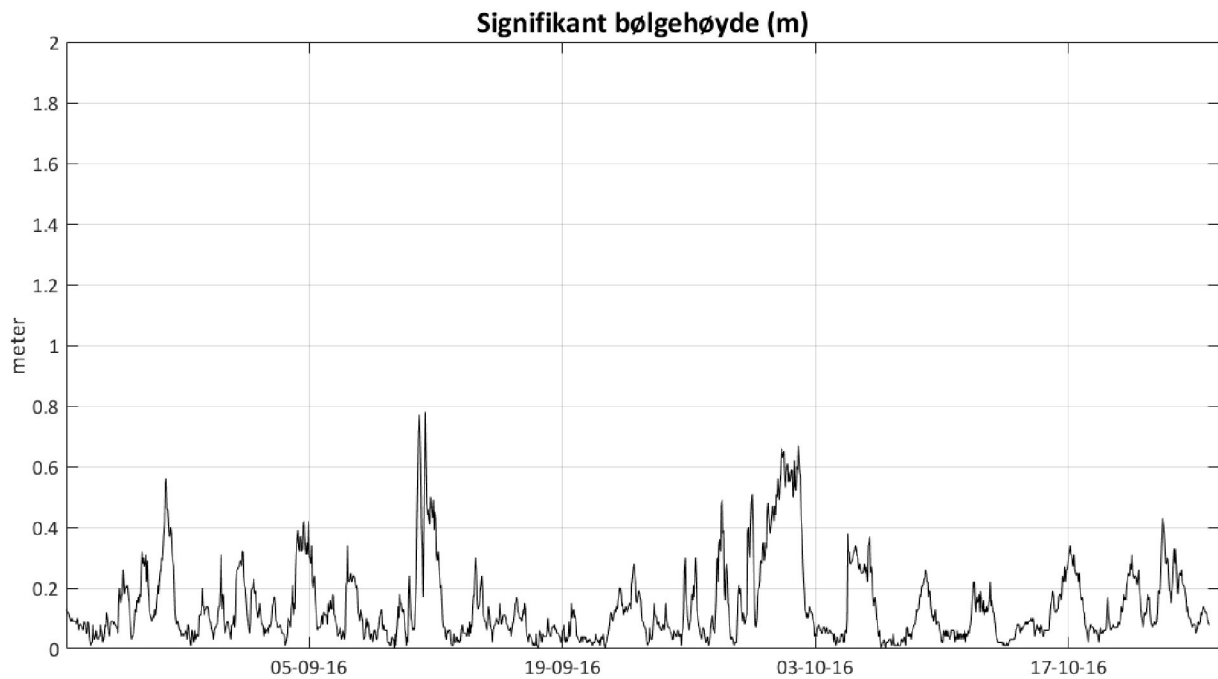
3.4 Resultater for måleperioden august - oktober 2016



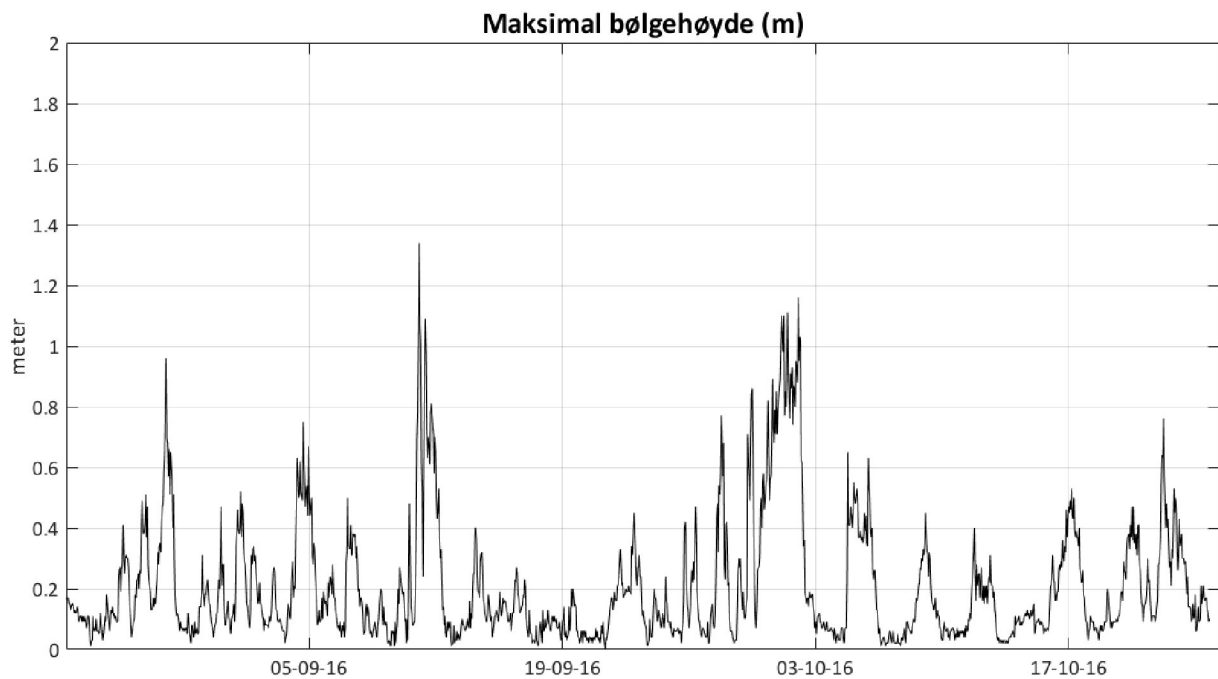
Figur 3.4.1: Vindhastighet (m/s) ved Fagernesfjellet i perioden 22.08-25.10.2016.



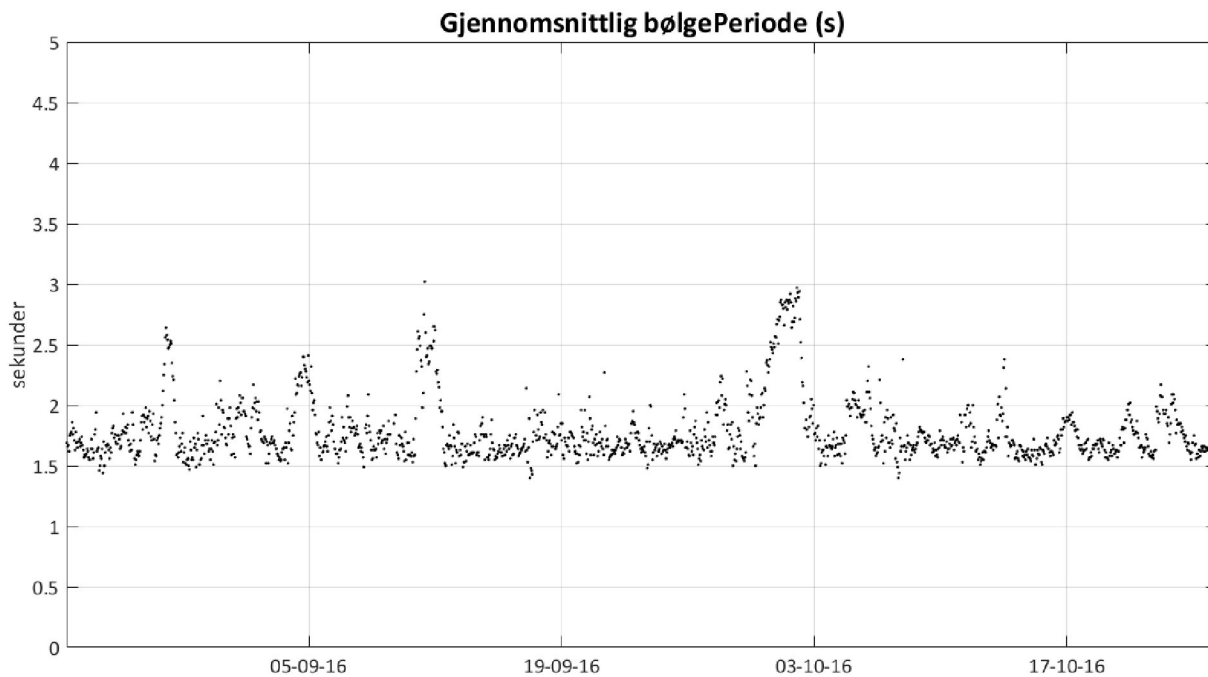
Figur 3.4.2: Vindretning (kompassgrader, °) ved Narvik lufthavn i perioden 22.08-25.10.2016.



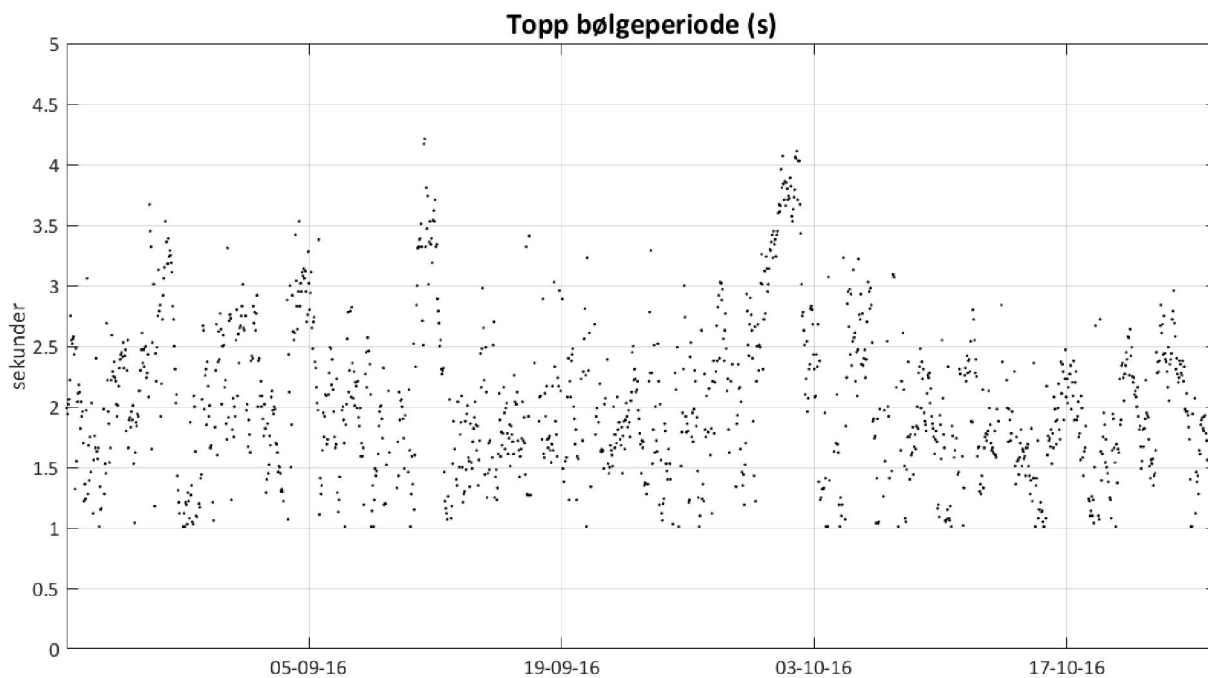
Figur 3.4.3: Signifikant bølgehøyde (H_s , m) ved Gammelveggen i perioden 22.08-25.10.2016.



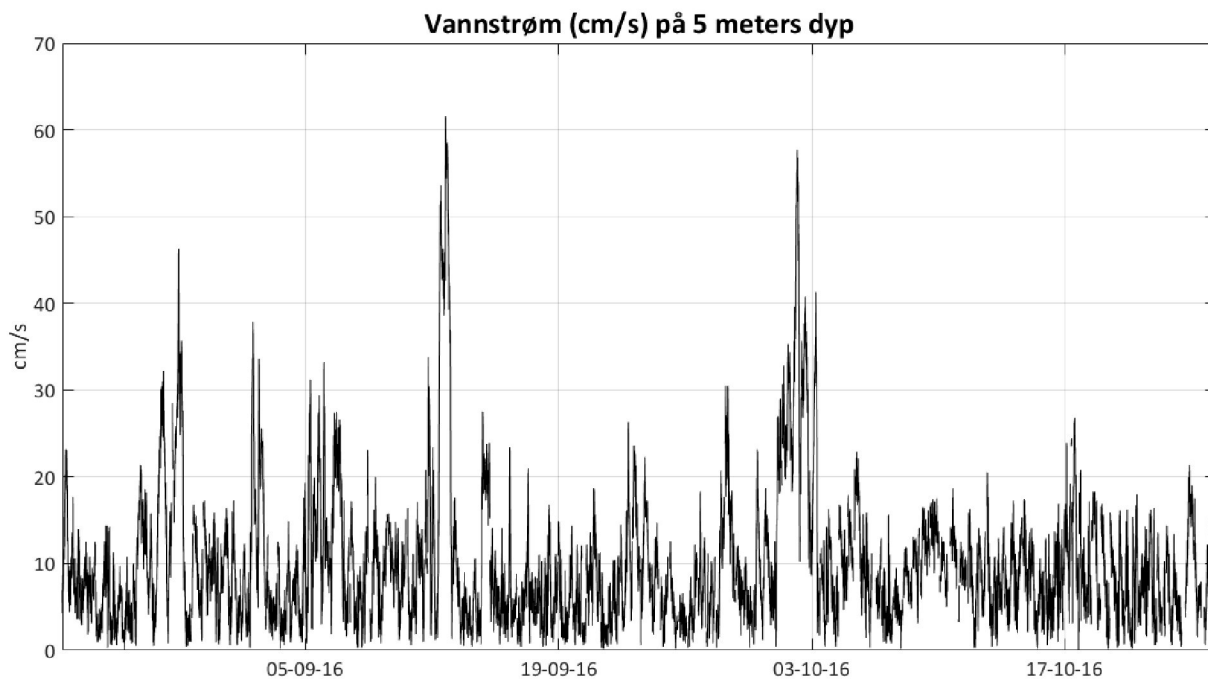
Figur 3.4.4: Maksimal bølgehøyde (H_{max} , m) ved Gammelveggen i perioden 22.08-25.10.2016.



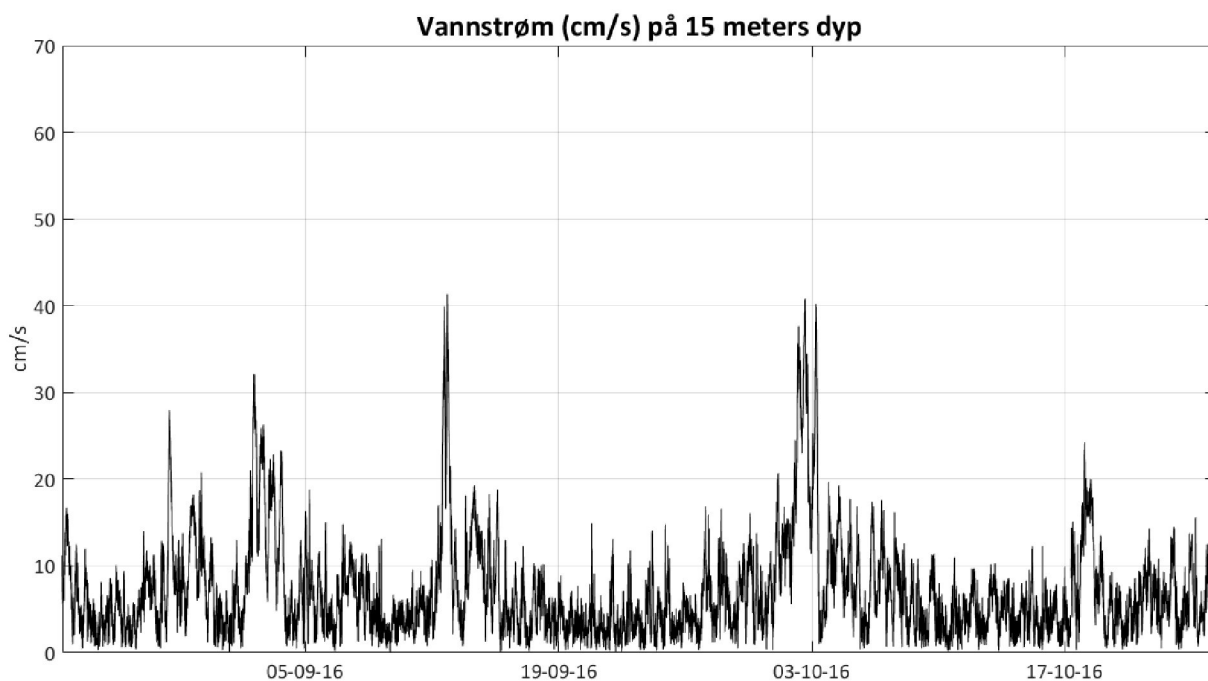
Figur 3.4.5: Gjennomsnittlig bølgeperiode (T_{mean} , sekund) ved Gammelveggen i perioden 22.08-25.10.2016.



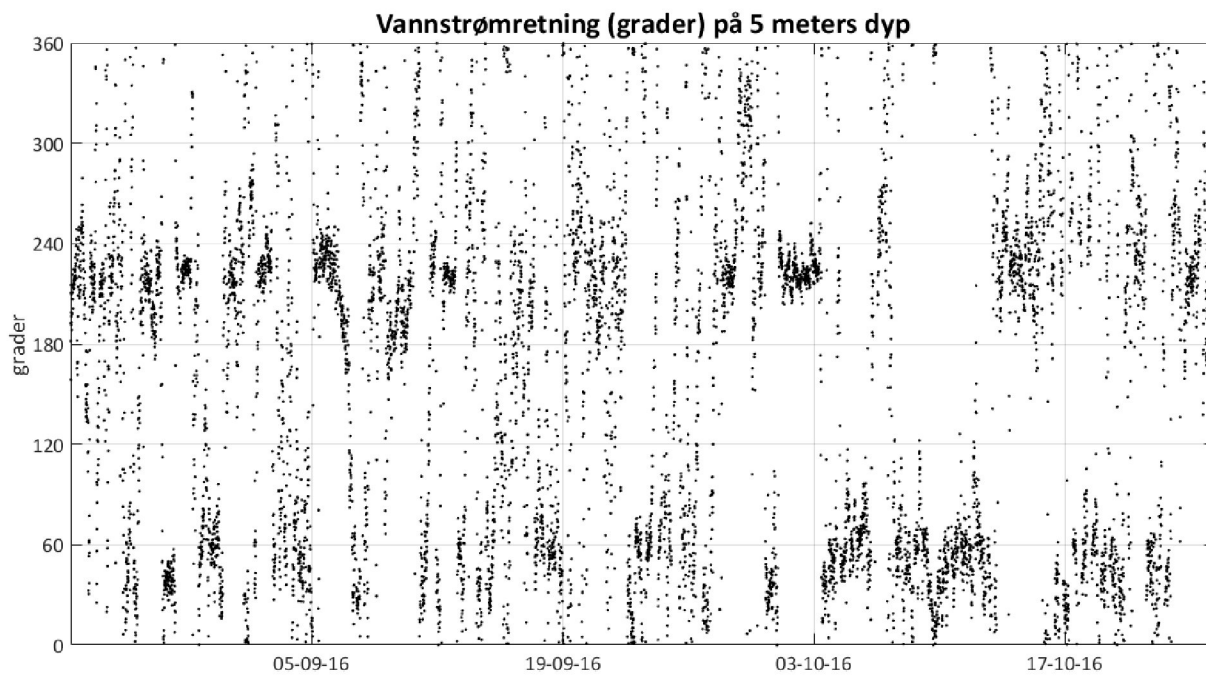
Figur 3.4.6: Topp bølgeperiode (T_{peak} , sekund) ved Gammelveggen i perioden 22.08-25.10.2016.



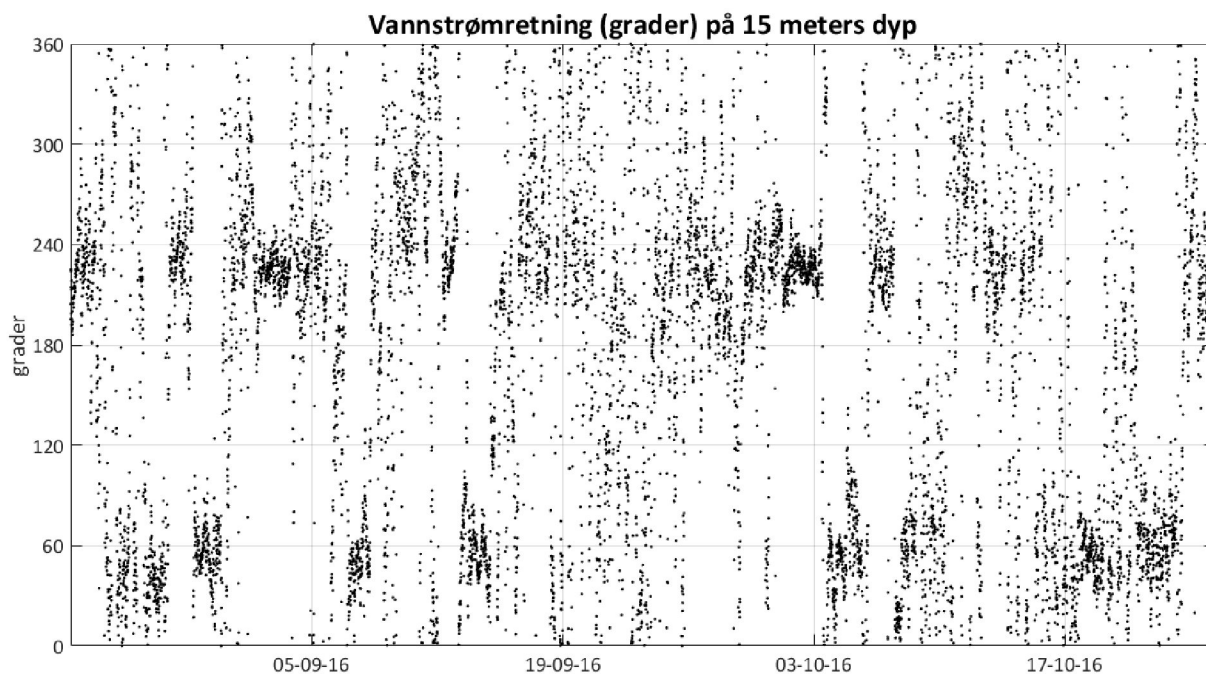
Figur 3.4.7: Vannstrømhastighet (m/s) på 5 meters dyp ved Gammelveggen i perioden 22.08-25.10.2016.



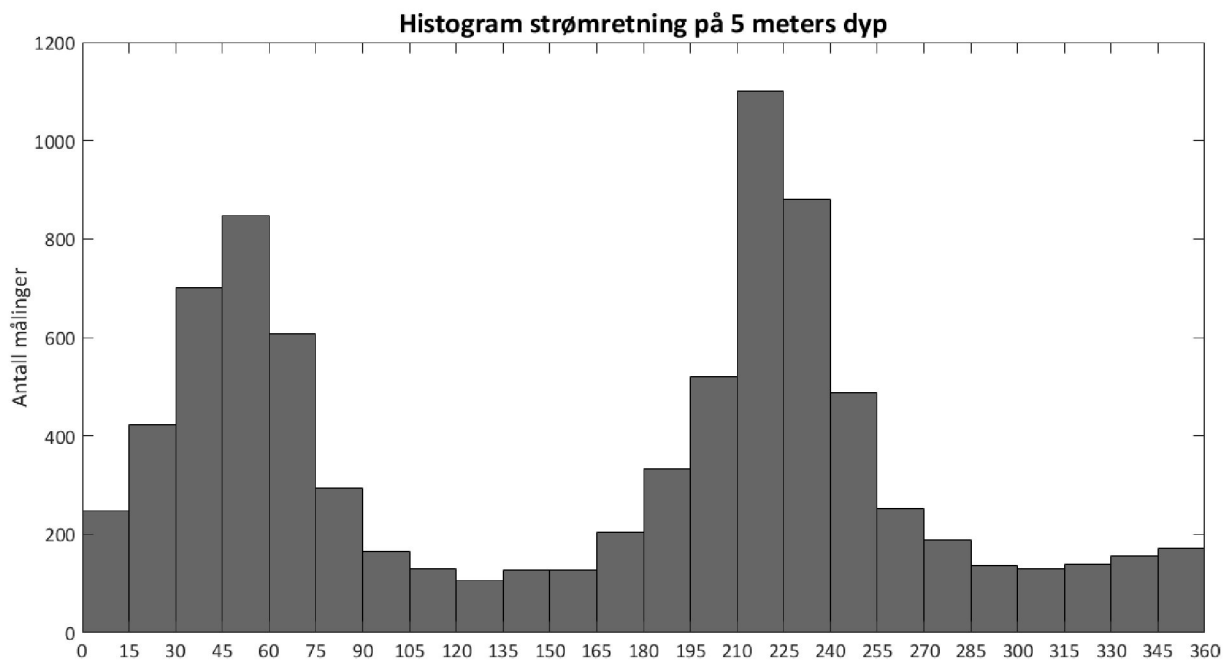
Figur 3.4.8: Vannstrømhastighet (m/s) på 15 meters dyp ved Gammelveggen i perioden 22.08-25.10.2016.



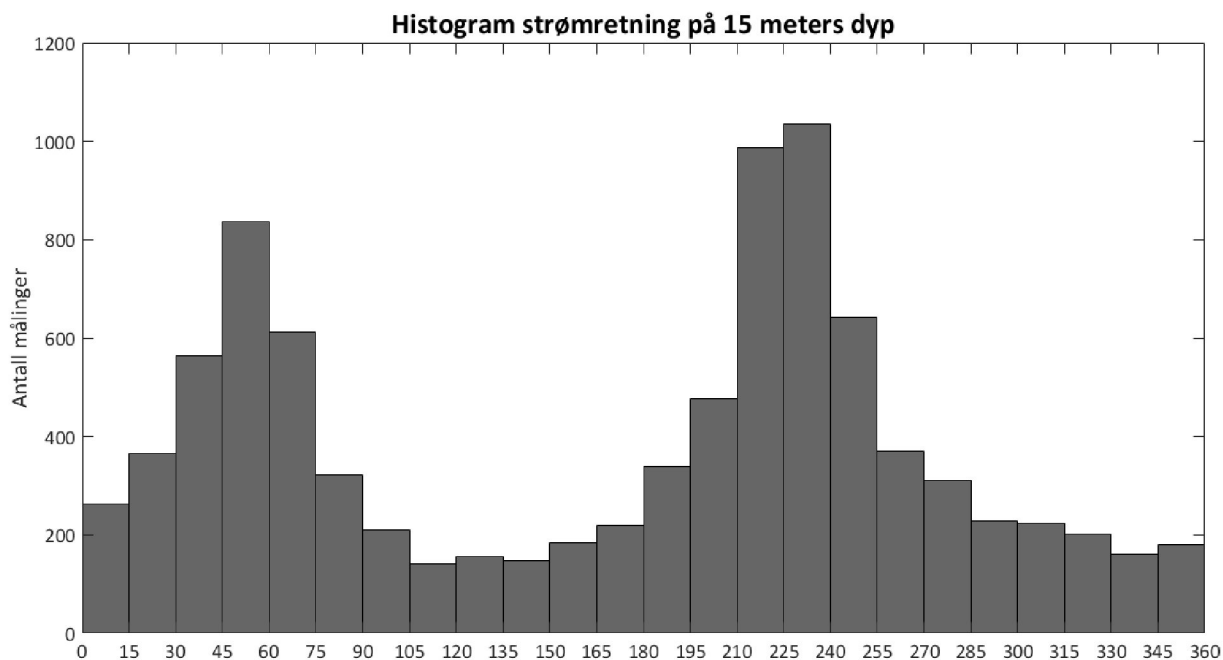
Figur 3.4.9: Vannstrømretning (kompassgrader, °) på 5 meters dyp ved Gammelveggen i perioden 22.08-25.10.2016.



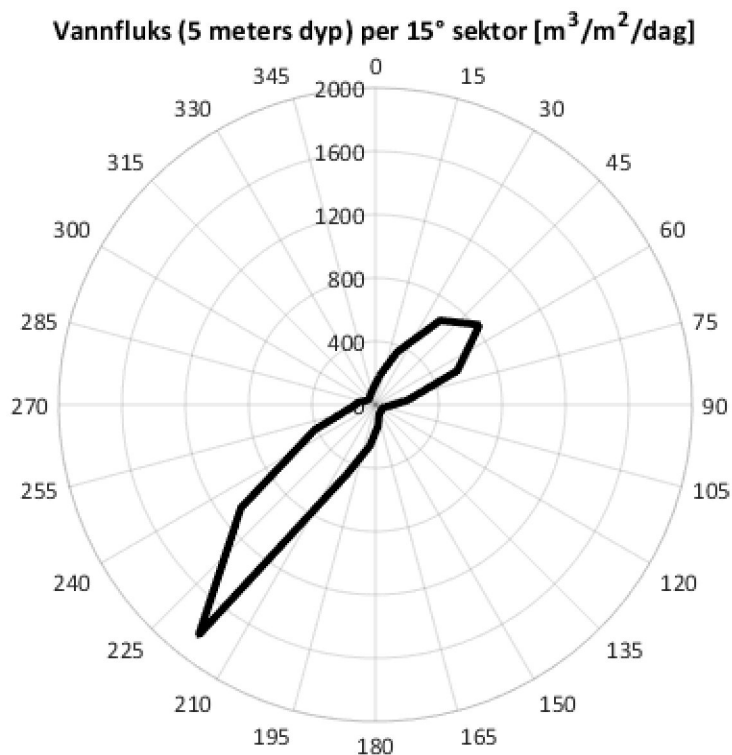
Figur 3.4.10: Vannstrømretning (kompassgrader, °) på 15 meters dyp ved Gammelveggen i perioden 22.08-25.10.2016.



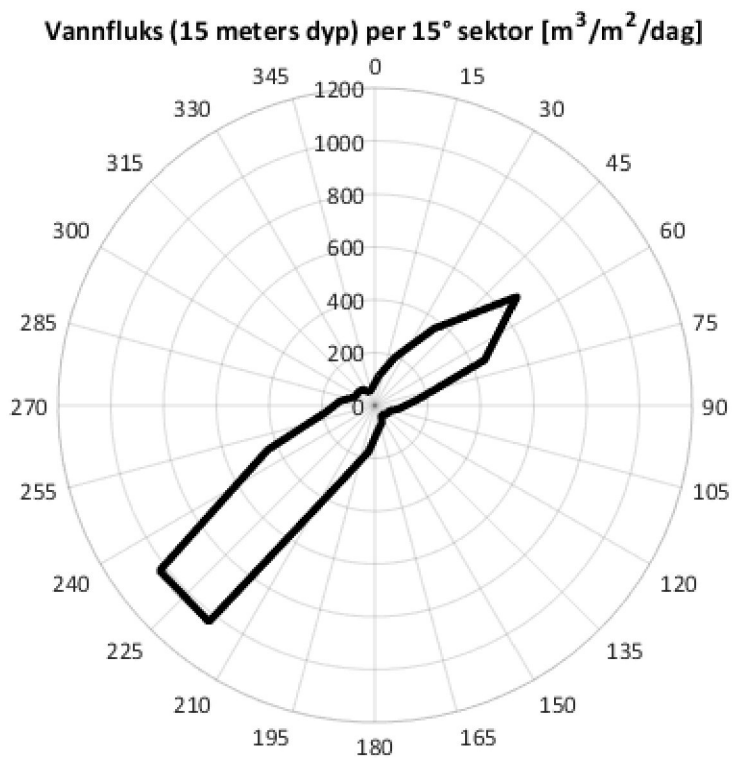
Figur 3.4.11: Frekvensfordeling av strømretning på 5 meters dyp ved Gammelveggen i perioden 22.08-25.10.2016. Gruppen «0-15» representerer strøm mot retning 0-15° osv.



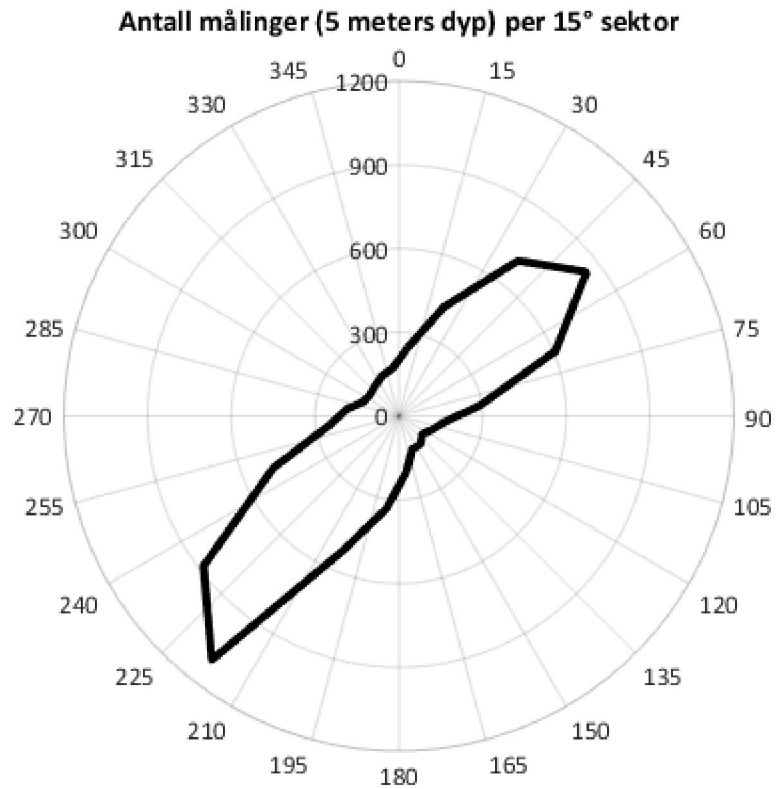
Figur 3.4.12: Frekvensfordeling av strømretning på 15 meters dyp ved Gammelveggen i perioden 22.08-25.10.2016. Gruppen «0-15» representerer strøm mot retning 0-15° osv.



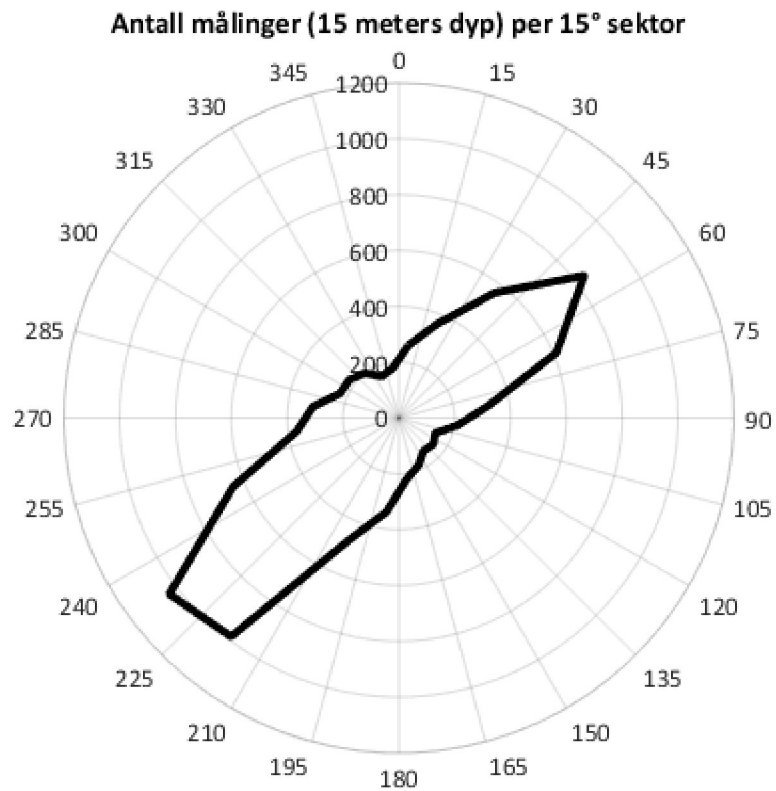
Figur 3.4.13: Vanntransport ($m^3/m^2/døgn$) for hver 15° sektor på 5 meters dyp ved Gammelveggen i perioden 22.08-25.10.2016.



Figur 3.4.14: Vanntransport ($m^3/m^2/døgn$) for hver 15° sektor på 15 meters dyp ved Gammelveggen i perioden 22.08-25.10.2016.

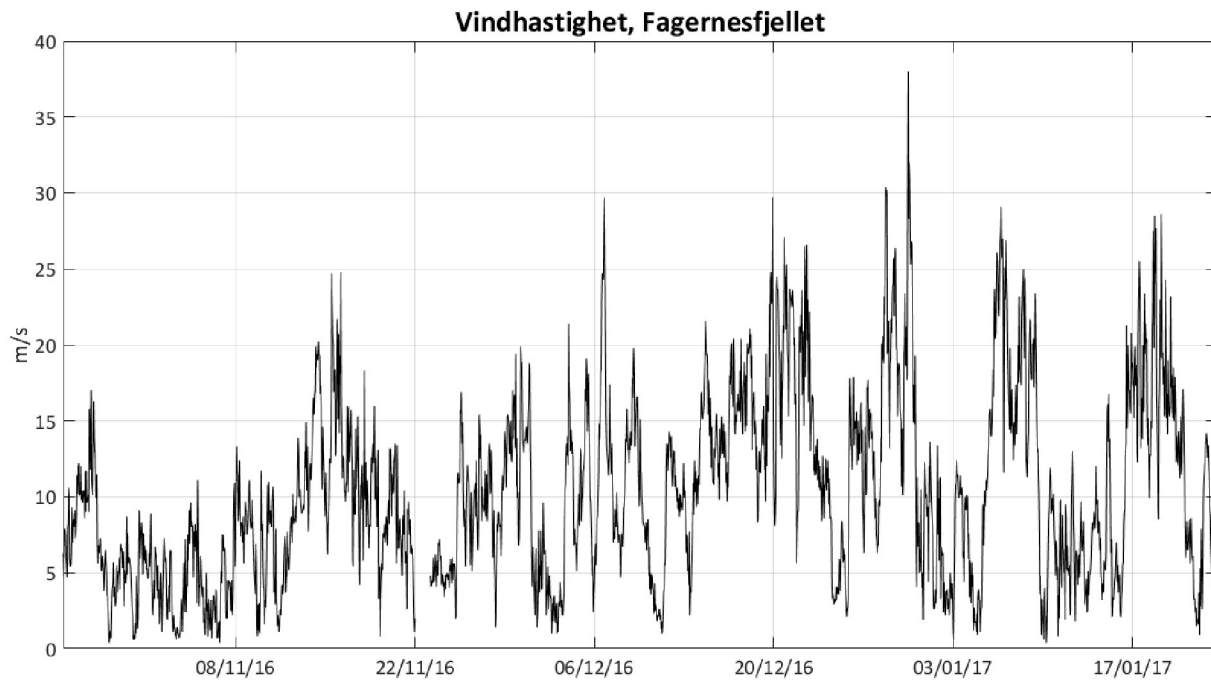


Figur 3.4.15: Antall målinger for hver 15° sektor på 5 meters dyp ved Gammelveggen i perioden 22.08-25.10.2016.

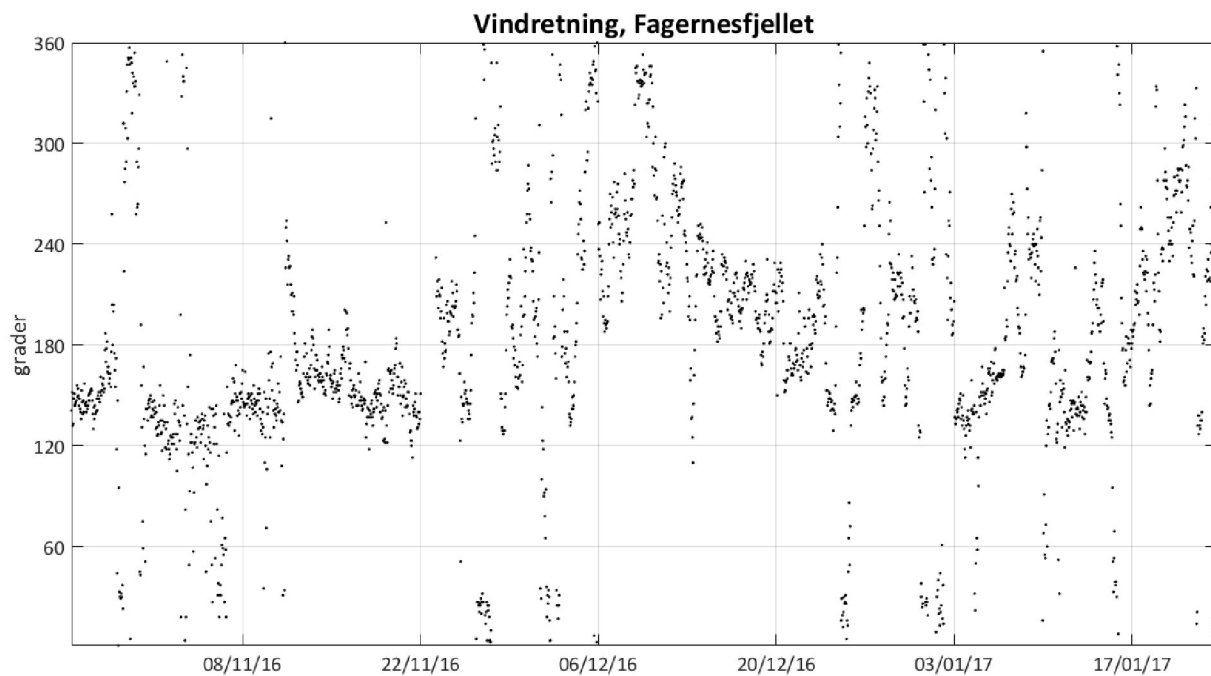


Figur 3.4.16: Antall målinger for hver 15° sektor på 15 meters dyp ved Gammelveggen i perioden 22.08-25.10.2016.

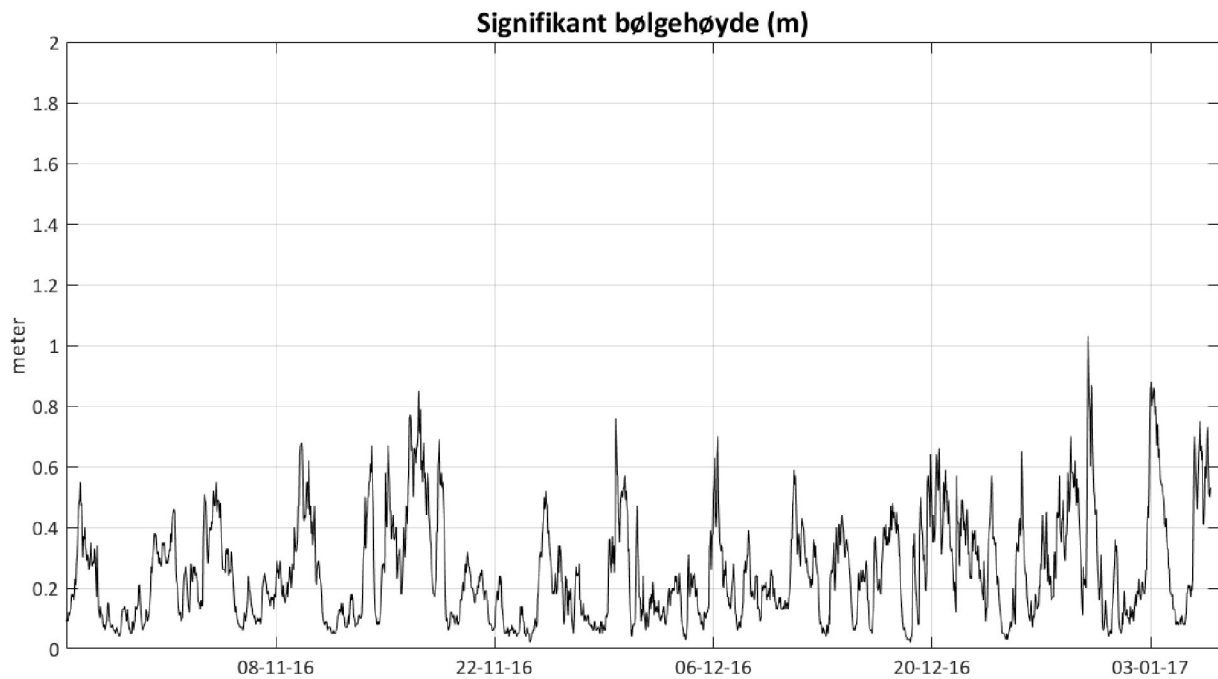
3.5 Resultater for måleperioden oktober 2016 – januar 2017



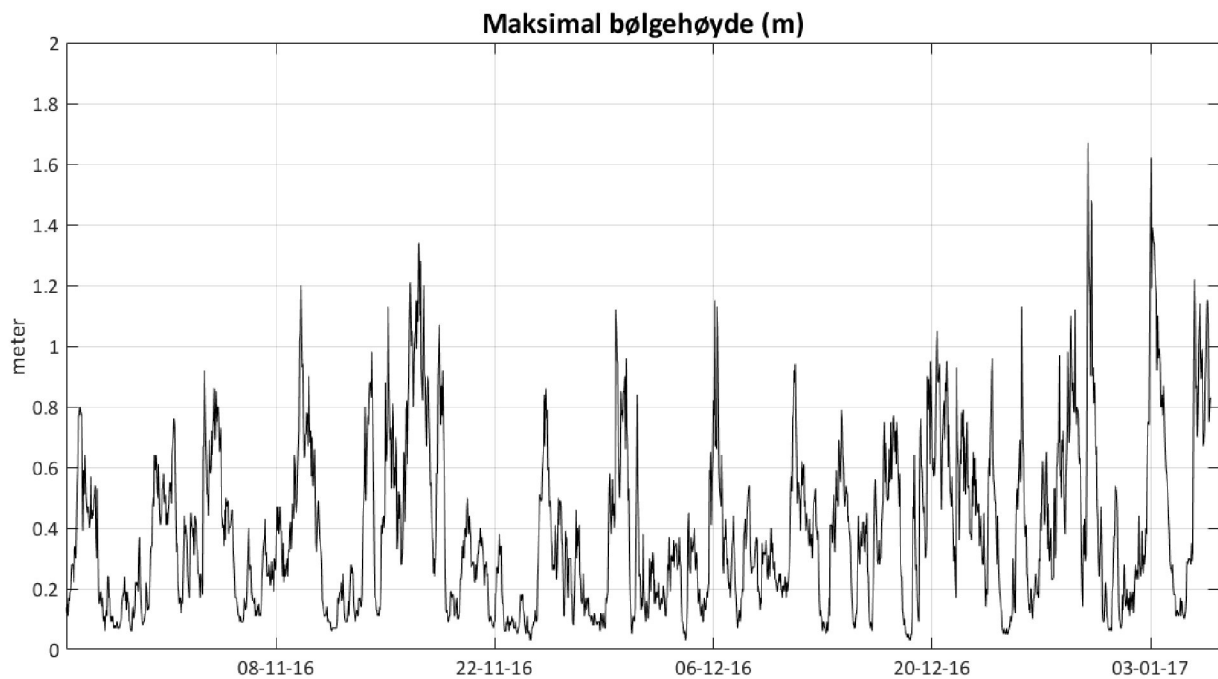
Figur 3.5.1: Vindhastighet (m/s) ved Fagernesfjellet i perioden 25.10.2016-23.01.2017.



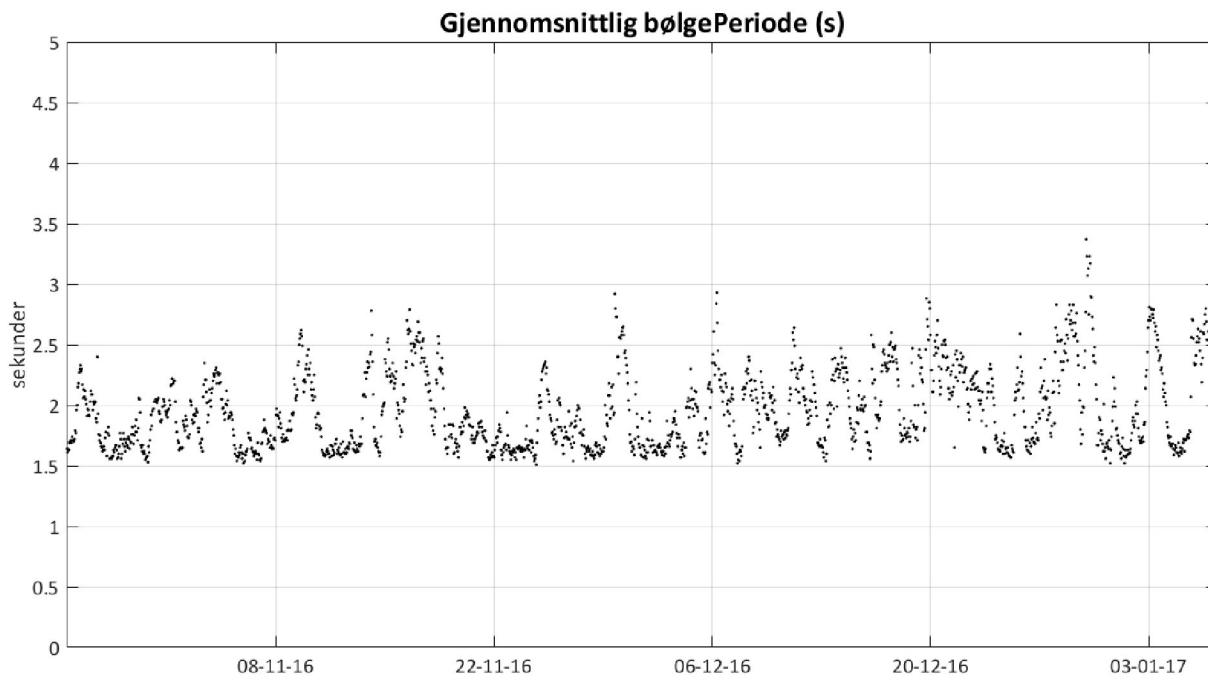
Figur 3.5.2: Vindretning (kompassgrader, °) ved Narvik lufthavn i perioden 25.10.2016-23.01.2017.



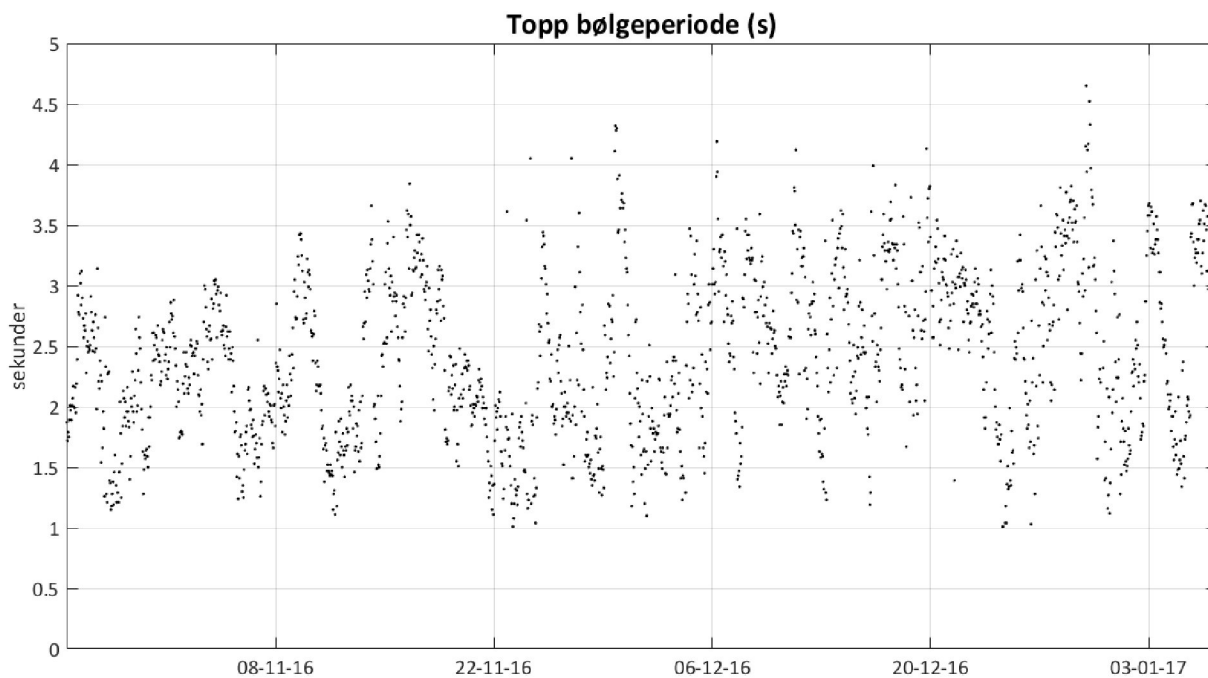
Figur 3.5.3: Signifikant bølgehøyde (H_s , m) ved Gammelveggen i perioden 25.10.2016-07.01.2017.



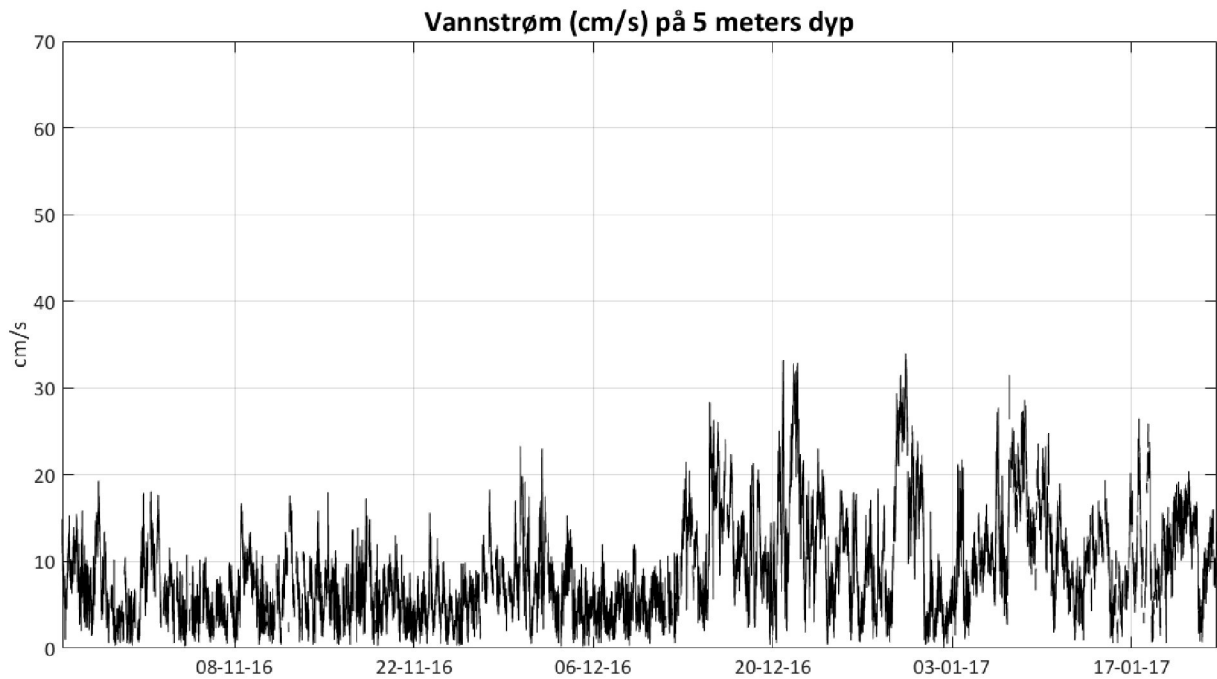
Figur 3.5.4: Maksimal bølgehøyde (H_{max} , m) ved Gammelveggen i perioden 25.10.2016-07.01.2017.



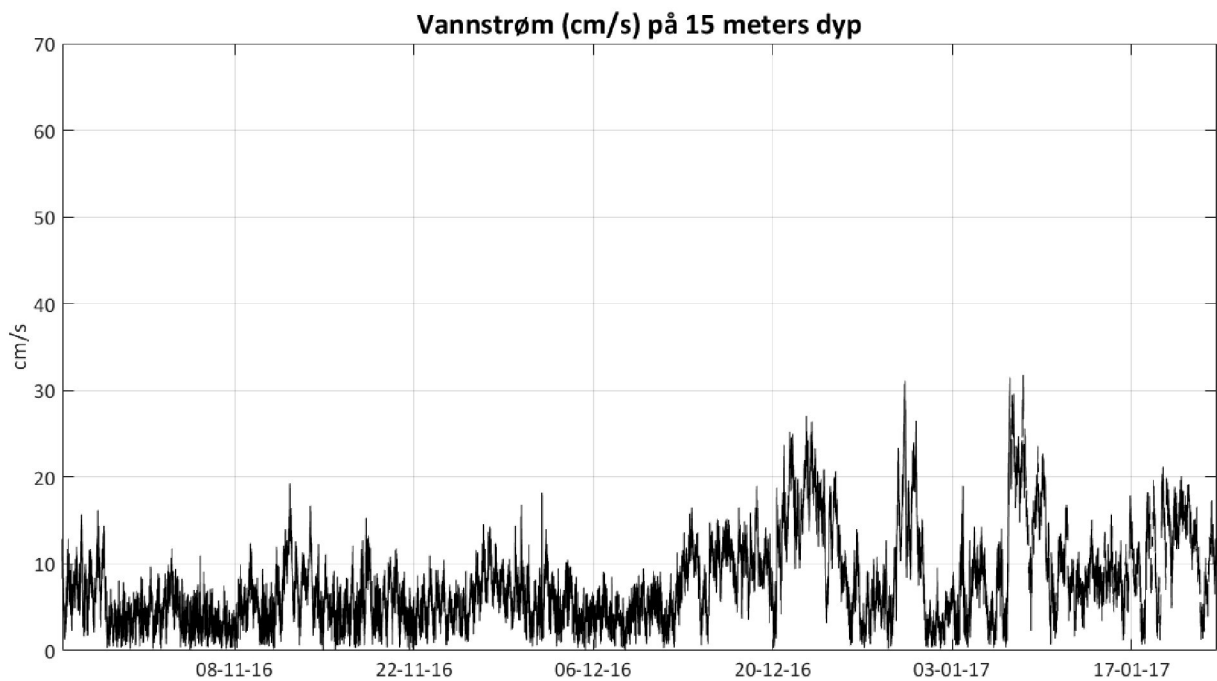
Figur 3.5.5: Gjennomsnittlig bølgeperiode (T_{mean} , sekund) ved Gammelveggen i perioden 25.10.2016-07.01.2017.



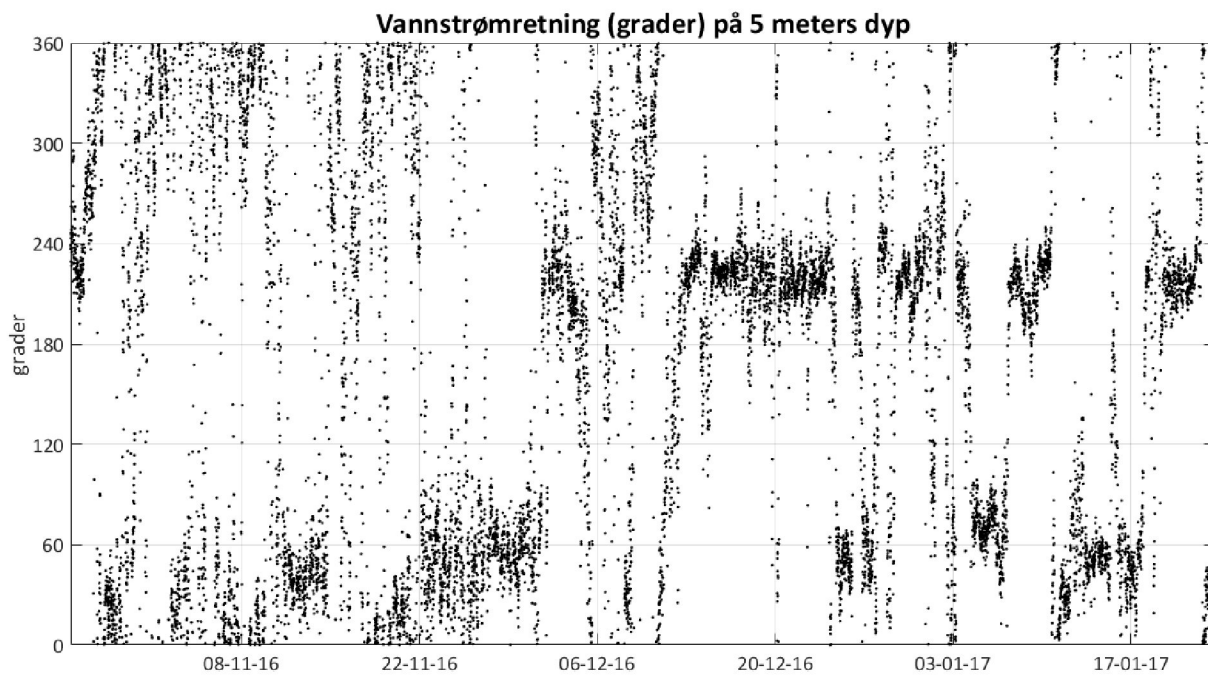
Figur 3.5.6: Topp bølgeperiode (T_{peak} , sekund) ved Gammelveggen i perioden 25.10.2016-07.01.2017.



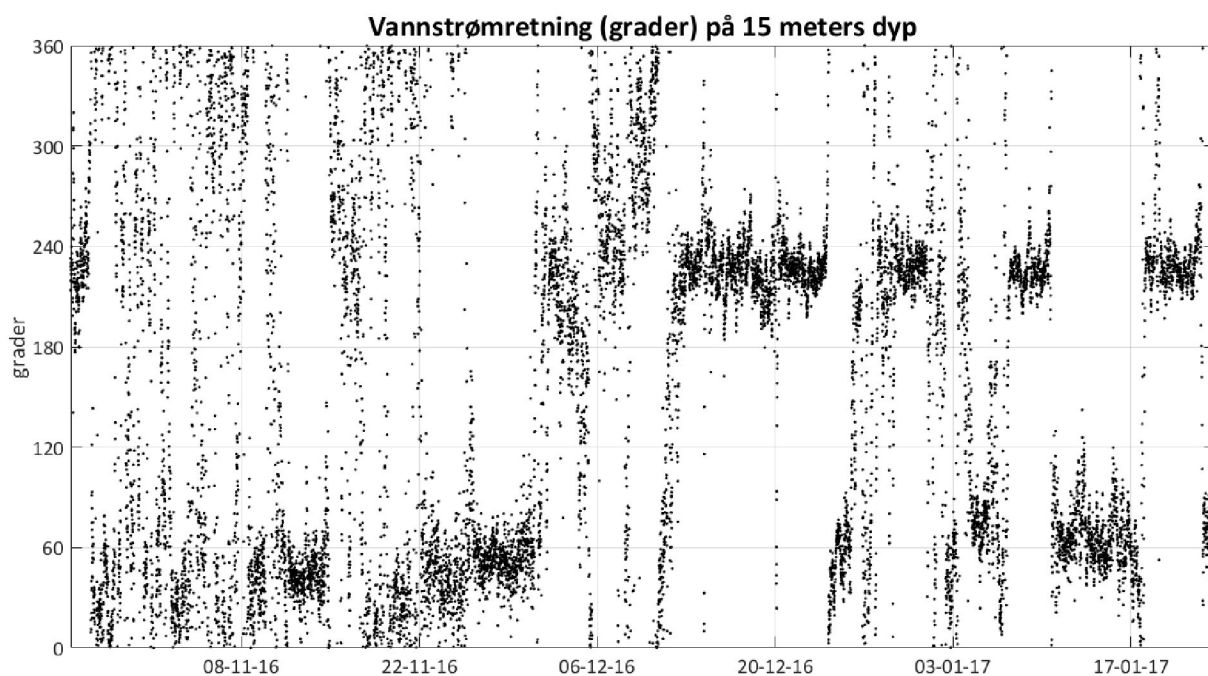
Figur 3.5.7: Vannstrømhastighet (m/s) på 5 meters dyp ved Gammelveggen i perioden 25.10.2016-23.01.2017.



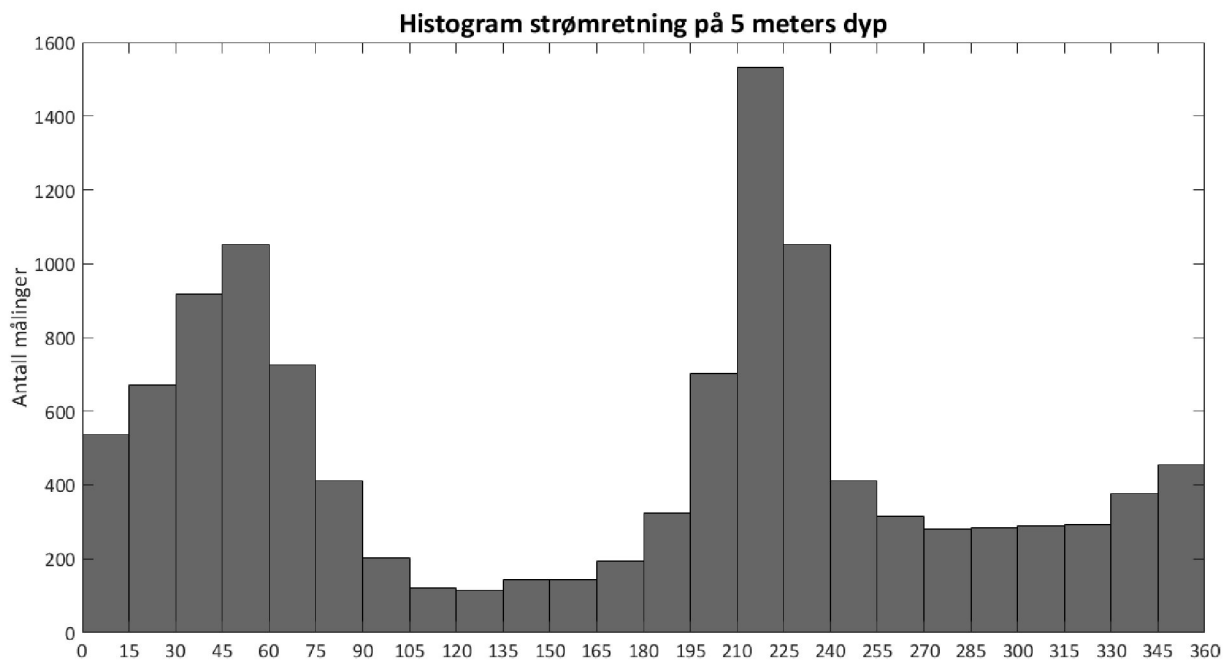
Figur 3.5.8: Vannstrømhastighet (m/s) på 15 meters dyp ved Gammelveggen i perioden 25.10.2016-23.01.2017.



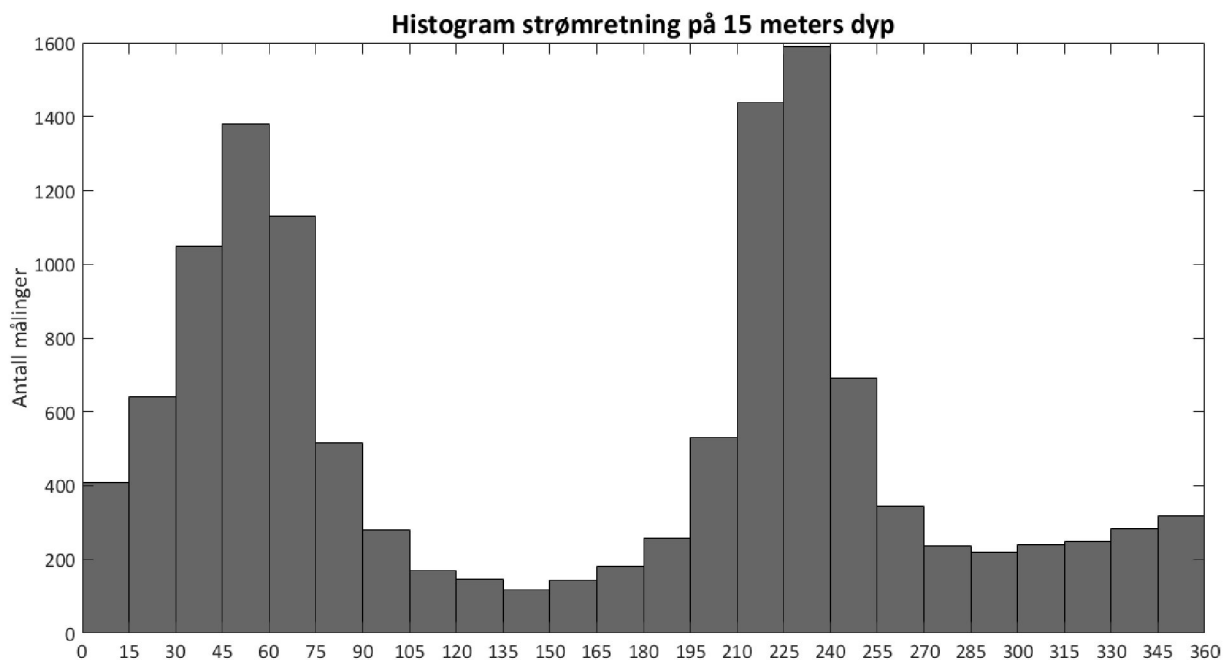
Figur 3.5.9: Vannstrømretning (kompassgrader, °) på 5 meters dyp ved Gammelveggen i perioden 25.10.2016-23.01.2017.



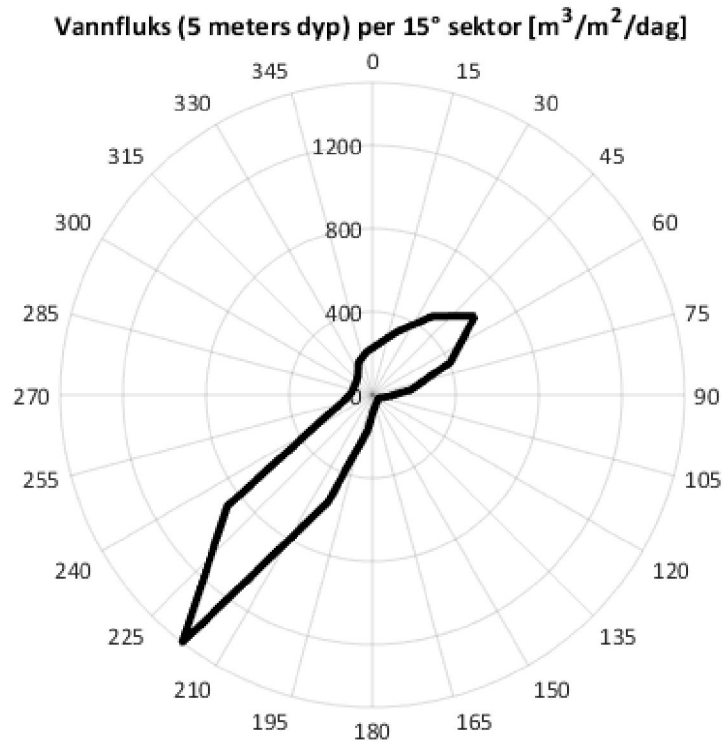
Figur 3.5.10: Vannstrømretning (kompassgrader, °) på 15 meters dyp ved Gammelveggen i perioden 25.10.2016-23.01.2017.



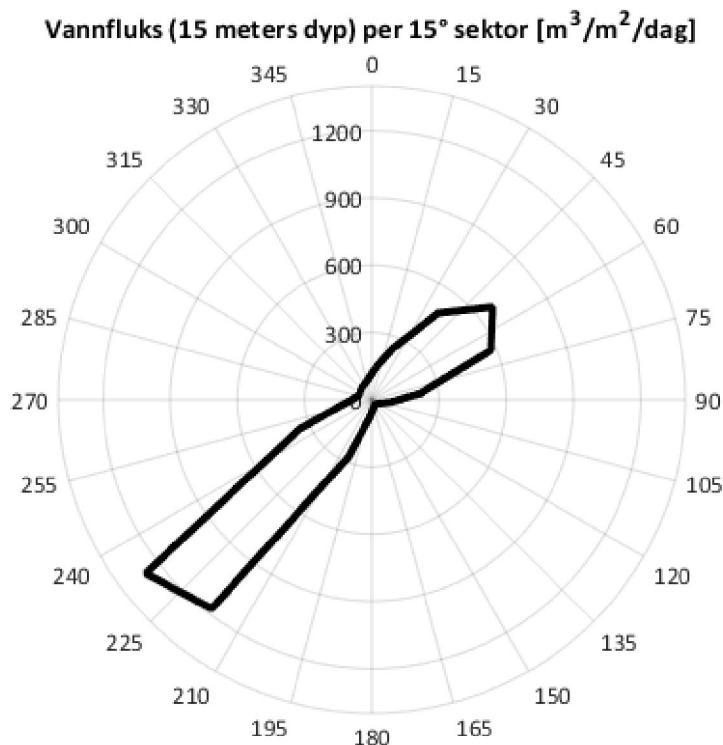
Figur 3.5.11: Frekvensfordeling av strømretning på 5 meters dyp ved Gammelveggen i perioden 25.10.2016-23.01.2017. Gruppen «0-15» representerer strøm mot retning 0-15° osv.



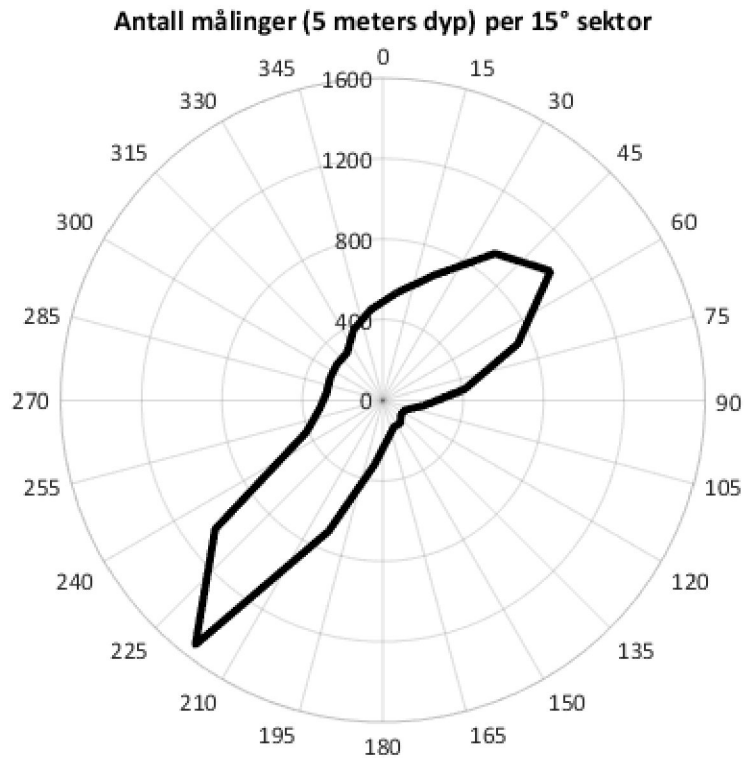
Figur 3.5.12: Frekvensfordeling av strømretning på 15 meters dyp ved Gammelveggen i perioden 25.10.2016-23.01.2017. Gruppen «0-15» representerer strøm mot retning 0-15° osv.



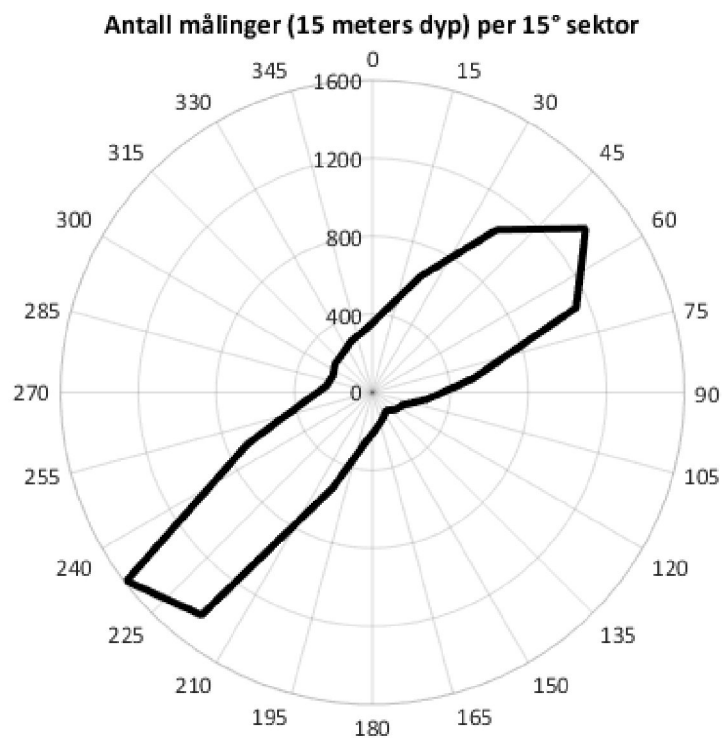
Figur 3.5.13: Vanntransport ($m^3/m^2/døgn$) for hver 15° sektor på 5 meters dyp ved Gammelveggen i perioden 25.10.2016-23.01.2017.



Figur 3.5.14: Vanntransport ($m^3/m^2/døgn$) for hver 15° sektor på 15 meters dyp ved Gammelveggen i perioden 25.10.2016-23.01.2017.



Figur 3.5.15: Antall målinger for hver 15° sektor på 5 meters dyp ved Gammelveggen i perioden 25.10.2016-23.01.2017.



Figur 3.5.16: Antall målinger for hver 15° sektor på 15 meters dyp ved Gammelveggen i perioden 25.10.2016-23.01.2017.

3.6 Oppsummerende tabell for strømmåling

Dominerende strømretning, gjennomsnittlig og maksimal strømstyrke, samt andelen nullstrøm, for to utvalgte måledyp og alle periodene er oppsummert i **tabell 3.6.1**.

Gjennomsnittlig strømstyrke økte fra verdier mellom 7-8 cm/sek på 15 meters dyp opp til mellom 8-9.9 cm/sek på 5 meters dyp. Maksimal strømhastighet godkjent i kvalitetskontrollen er 61.6 cm/sek. Denne strømeepisoden var kun kortvarig, men man hadde en periode på omtrentlig 30 minutter der man kontinuerlig hadde strøm tett opp mot eller over 60 cm/sek. De kraftigste strømepisodene består hovedsakelig av sørvestlig rettet strøm. Trenden med avtagende strømhastighet med økende dyp gjaldt alle måleperiodene.

Andelen strømmålinger i hastighetsgruppen 0-1 cm/sek er lav gjennom hele måleserien på både 5 og 15 meters dyp, med i underkant av 2 % i de fleste tilfellene, og lavere enn 3.5 % i samtlige delperioder.

En sammenlikning viser at tredje måleperiode skiller seg noe fra de andre tre periodene. De sterkeste vannstrømhastighetene på både 5 og 15 meters dyp når sitt maksimum i løpet av denne perioden, hvor spesielt overflatestrømmen i to situasjoner er sterkere enn i de andre målingene ved Gammelveggen.

Tabell 3.6.1: Nøkkeltall for vannstrøm målt på 5 og 15 meters dyp ved Gammelveggen, i periodene 19. januar 2016 – 24. mai 2016 og 22. august 2016 – 23. januar 2017. Data er hentet ut av strøm- og bølgemålerinstrumentene AquaPro, AWAC og Signature. Dominerende strømretning (oppgitt som retning strømmen går mot), gjennomsnittsverdi (cm/sek), maksimalverdi (cm/sek), nullstrøm (prosentandel strømhastigheter mellom 0 – 1 cm/sek, %) er gitt for 4 delperioder, og for begge dyp.

Måleperiode	Dyp [m]	Dominerende strømretning [retning mot]	Gjennomsnitt strøm [cm/sek]	Maksimal strøm [cm/sek]	Nullstrøm [%]
1 19.01.2016- 16.03.2016 (57 døgn)	5	NØ og SV	8.0	36.0	1.50
	15	NØ og SV	8.0	29.0	1.75
2 16.03.2016- 24.05.2016 (69 døgn)	5	SV og NØ	8.9	35.4	1.37
	15	SV og NØ	7.1	32.5	2.27
3 22.08.2016- 25.10.2016 (63 døgn)	5	SV og NØ	9.9	61.6	1.90
	15	SV og NØ	7.0	41.3	3.36
4 25.10.2016- 23.01.2017 (90 døgn)	5	SV	8.8	34.0	1.33
	15	SV	7.6	31.8	2.21

3.7 Oppsummerende tabell for bølgemåling

Gjennomsnittlig og maksimal signifikant bølgehøyde (H_s) og maksimal bølgehøyde (H_{max}) for alle periodene er oppsummert i **tabell 3.7.1**.

Gjennomsnittlig signifikant bølgehøyde varierer mellom 0.14 og 0.25 meter i løpet av hele måleperioden, mens maksimal signifikant bølgehøyde varierer mellom 0.78 meter og 1.03 meter. Gjennomsnittlig maksimal bølgehøyde varierer mellom 0.21 og 0.39 meter, mens høyeste maksimale bølgehøyde varierer mellom 1.34 og 1.67 meter.

Tabell 3.7.1: Nøkkeltall for registrerte bølger ved Gammelveggen i periodene 19. januar 2016 – 24. mai 2016 og 22. august 2016 – 23. januar 2017. Data er hentet ut av bølgemålerne (AWAC og Signature). Gjennomsnittlig signifikant bølgehøyde (m), maksimal signifikant bølgehøyde (m), gjennomsnittet av alle de høyeste bølgerregistreringene (m) og høyeste maksimal bølgehøyde (m) er gitt for fire delperioder.

Måleperiode	Gjennomsnittlig H_s [m]	Maksimal H_s [m]	Gjennomsnittlig H_{max} [m]	Maksimal H_{max} [m]
1 19.01.2016- 16.03.2016 (57 døgn)	0.22	0.92	0.35	1.49
2 16.03.2016- 24.05.2016 (69 døgn)	0.19	0.84	0.30	1.40
3 22.08.2016- 25.10.2016 (63 døgn)	0.14	0.78	0.21	1.34
4 25.10.2016- 23.01.2017 (90 døgn)	0.25	1.03	0.39	1.67

4. Diskusjon

Vannstrømmen ved Gammelveggen er hovedsakelig jevn gjennom måleperioden. Gjennomsnittlig vannstrøm er 8.9 og 7.4 cm/s på 5 og 15 meters dyp, mens maksimalstrømmen er henholdsvis 61.6 og 41.3 cm/s. Det er registrert få målinger mellom 0 og 1 cm/s i begge undersøkte dyp, henholdsvis 1.5 og 2.4 % på 5 og 15 meters dyp.

Retningen på vannstrømmen varierer gjennom året, og hovedstrømretningen er mot sørvest og nordøst, dvs. inn og ut av fjorden langs sundets orientering (Veggfjellet). Det registreres ikke noen typisk tidevannsstrøm i de undersøkte dypene, hvor man i så tilfellet hadde forventet en vannstrøm som dreier i takt med tidevannet. Vannstrømretningen veksler hovedsakelig mellom hovedstrømretningene, og varigheten på perioden hvor de ulike retningene dominerer varierer mellom korte intervaller og lengre perioder på alt fra noen dager og opp til 10 dager. De sterkeste strømhastighetene som er registrert er rettet mot sørvest, og vannstrømmen blir generelt mer ensrettet i strømsterke perioder.

De maksimale strømhastighetene ligger hovedsakelig mellom 30-40 cm/s på både 5 og 15 meters dyp, med to unntak i september/oktober 2016. Den første av disse to strømsterke perioden inntreffer 12. september, hvor det gjennom natten blåser sterk vind fra sørvest /mot nordøst (innover fjorden langs sundet). Vannmassene på 5 meters dyp presses mot nord-nordøst gjennom natten, dette gjelder også helt ned på 15 meters dyp når det blåser på det sterkeste (rundt midnatt). Vannstrømhastigheten er svak mens det blåser, men når vinden avtar forandres forholdene på lokaliteten. Fra ca. klokken 10 og utover dagen er strømhastigheter over 40-50 cm/s og opp i måleperiodens maksimum på 61.6 cm/s på 5 meters dyp, kontinuerlig rettet mot sørvest. Sterk strøm registreres også på 15 meters dyp, hvor maksimalhastigheten på 41.3 cm/s inntreffer. Denne episoden ser ut til å være en situasjon med oppstuvning, hvor strømmen snur og det settes opp sterke vannstrømmer mot sørvest når vinden og dens pådrag mot nordøst avtar.

I løpet av perioden 1. - 3. oktober 2016 registreres det sterk vannstrøm mot sørvest, hvor det mellom 1. og 2. oktober registreres økt vindhastighet fra sørvest på Fagernesfjellet. Vinden avtar, men på tross av dette registreres det sterk vannstrøm mot sørvest gjennom natten og morgenen 3. oktober. Strømakselerasjonen sammenfaller imidlertid med en kraftig og abrupt endring i lufttrykket ved Narvik lufthavn, hvilket som kan være drivkraften til økt vannstrømhastighet i dette tilfellet.

Sterke strømhastigheter i perioden januar – mai 2016 og oktober 2016 – januar 2017 ligger opp mot og i overkant av 30 cm/s, og disse er assosiert med sterk vind. Eksempelvis blåser vinden fra sørøst den 29. januar, hvor det i det samme tidsrommet registreres økt vannstrøm mot sørvest. Den 29. mars er derimot et eksempel på at oppstuvning genererer strømakselerasjoner ved Gammelveggen, hvor sterk vannstrømmen mot sørvest settes opp når sterk vind fra sørøst avtar.

Bølgeaktiviteten ved lokaliteten Gammelveggen er generelt lav gjennom hele måleperioden. Signifikant bølgehøyde er i ca. 87 % av registreringene under 0.4 meter og alltid under 1 meter, med unntak av i en situasjon hvor høyeste signifikante bølgehøyde er 1.03 meter. Maksimal bølgehøyde er i ca. 85 % av registreringene under 0.6 meter og alltid under 1.5 meter, med unntak av i to situasjoner hvor høyeste registrerte maksimale bølgehøyde er mellom 1.6-1.7 meter. I de fastsatte bølgemålingen er gjennomsnittlig periode ca. 1.9 sekunder, og mellom 1.5 - 2 og 2 - 2.5 sekunder i henholdsvis 67 og 28 % av registreringene. Topp bølgeperiode er hovedsakelig mellom 1.5 – 3.5 sekunder, og i noen situasjoner opp mot 4-5 sekunder.

Måleperiodens sterkeste vindhastighet ble registrert 30. desember 2016, og representerer avslutningen på den vindsterke perioden 28. – 30. desember med vind fra sør-sørvest. Det registreres også en økt bølgeaktivitet i denne perioden, hvor måleperiodens høyeste signifikante og maksimale bølgehøyde på henholdsvis 1.03 og 1.67 meter registreres, også fra sør. Vannstrømmen ved Gammelveggen øker på i den samme perioden, hvor det er hastigheter kontinuerlig på 20-30 cm/sek mot sørvest. Fire dager senere økte bølgeaktiviteten på lokaliteten igjen (fra sørøst) til omtrentlig de samme bølgehøydene, og økningen i bølgeaktiviteten vedvarte gjennom en tolvtimers periode den 3. januar 2017. Vind- og vannstrømhastigheten i denne perioden var kun moderat (ca. 10 m/s og 20 cm/s), og rettet fra henholdsvis sørøst og nordøst.

Området ved Gammelveggen har ingen åpne sektorer ut mot storhavet, og ligger dermed beskyttet mot havbølger. Vindgenererte bølger dominerer bølgeaktiviteten og påfører større belastninger på anlegget.

5. Konklusjon

Lokalmeteorologi er viktig for bølger og vannstrøm på en lokalitet. Det mest optimale hadde vært en lokal værstasjon montert med det formål å fange opp kreftene været eksponerer måleområdet for, og som skaper sjøtilstanden som måles. Værinformasjon ble imidlertid innhentet fra de to nærmeste meteorologiske stasjonene som var operativ i det aktuelle tidsrommet, og disse ble benyttet i analysen av strøm- og bølgedata ved lokaliteten Gammelveggen.

Vindhastighet- og retning er nøkkelparametere når man skal vurdere sjøtilstanden, og disse viser at det i området Gammelveggen har vært både uvær og ekstremvær i løpet av måleperioden, som dekker perioden januar – mai 2016 og august 2016 – januar 2017. Det registreres en røff avslutning på måleserien ved Gammelveggen, hvor perioden desember 2016 – januar 2017 er hardest rammet værmessig.

Bølgeaktiviteten ved Gammelveggen er kartlagt i 9 måneder. Undersøkellesområdet ligger innerst i Ofotfjorden og har ingen åpne sektorer ut mot storhavet, og ligger dermed beskyttet mot havbølger. Vindgenererte bølger dominerer bølgeaktiviteten, noe som resulterer i korte bølgelengder og relativt lave bølgehøyder. Høyeste signifikante og maksimale bølgehøyde er henholdsvis 1.03 og 1.67 meter ble registrert 30. desember 2016, samtidig med at måleperiodens ekstremvær registreres på Fagernesfjellet. Faktisk så er den generelle bølgeaktiviteten på lokaliteten så lav at instrumenteringen har problemer med å fastsette bølgeretningen helt sikkert.

Vannstrømmen i området ved Gammelveggen er hovedsakelig jevn med hensyn på hastighet på både 5 og 15 meters dyp, og har to tydelige hovedstrømretninger. Bakgrunnsstrømmen ligger opp mot 10-20 cm/s og de maksimale strømhastighetene befinner seg fortrinnsvis mellom 30-40 cm/s. Unntaket er to strømsterke perioder i september/oktober 2016, hvor maksimalstrømmen er over 60 og 40 cm/s på henholdsvis 5 og 15 meters dyp. Den sterkeste av disse strømsituasjonene og andre mer moderate tilfeller ellers i måleperioden skyldes trolig oppstuvning i Ofotfjorden, hvor moderate til svært sterke vannstrømmer settes opp mot sørvest når moderat til sterk vind fra sørvest (av ulik varighet) avtar. Måleperiodens andre sterkeste vannstrøm settes opp i begynnelsen av oktober 2016, og dette sammenfaller med en stor og abrupt trykkendring ved Narvik lufthavn. Det er noe vind i denne perioden, men ikke like sterk som i andre situasjoner, og dette gir grunn til å tro at endringene i det atmosfæriske trykket er med på å sette opp den sterke vannstrømmen i dette tilfellet. Vannfluksen har hovedkomponenter langs topografien mot både sørvest og nordøst, hvor man har framtrepende perioder av variert lengde med vannbevegelse rettet mot hver av hovedstrømretningene.

Måleseriene illustrerer at det er variasjoner i både strøm og bølgeaktivitet ved Gammelveggen. Generelt er den registrerte vannstrømmen jevn og bølgeaktiviteten lav. Konsekvensene av en opphørende oppstuvning i Ofotfjorden kan imidlertid være mer ekstreme vannstrømmer enn hva som ellers forekommer på lokaliteten, samt at sterk vind fra sørvest (lengst strøklengde) kan i begrensede perioder øke bølgeaktiviteten i området.

6. Litteraturreferanser

eKlima. Meteorologisk institutt. Klimadatabase med observasjoner fra samtlige av Meteorologisk institutt sine målestasjoner. <http://eklima.met.no>

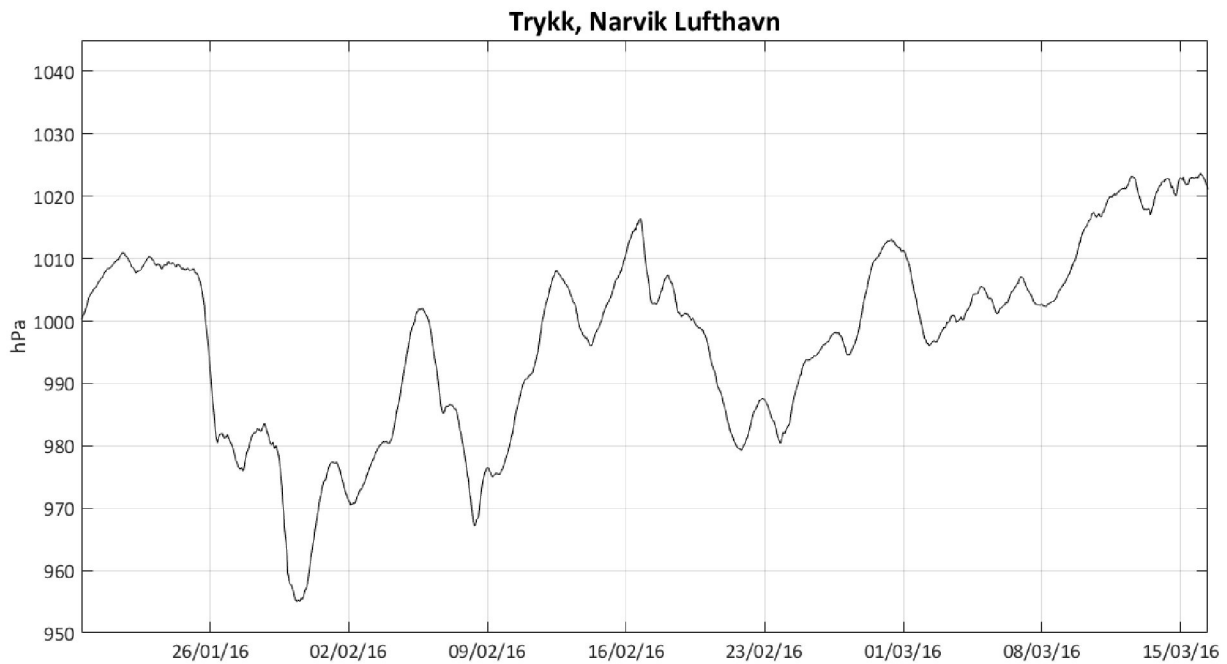
Hagen, L., Leikvin, Ø., 2017. Bemerkning fra Aqua Kompetanse AS og Akvaplan-niva AS. Aqua Kompetanse AS notat, 252-12-16N.

Lohrmann, A., 2017. Bemerkning fra produsent av strømmålerutstyr. Aqua Kompetanse AS notat, 253-12-16N.

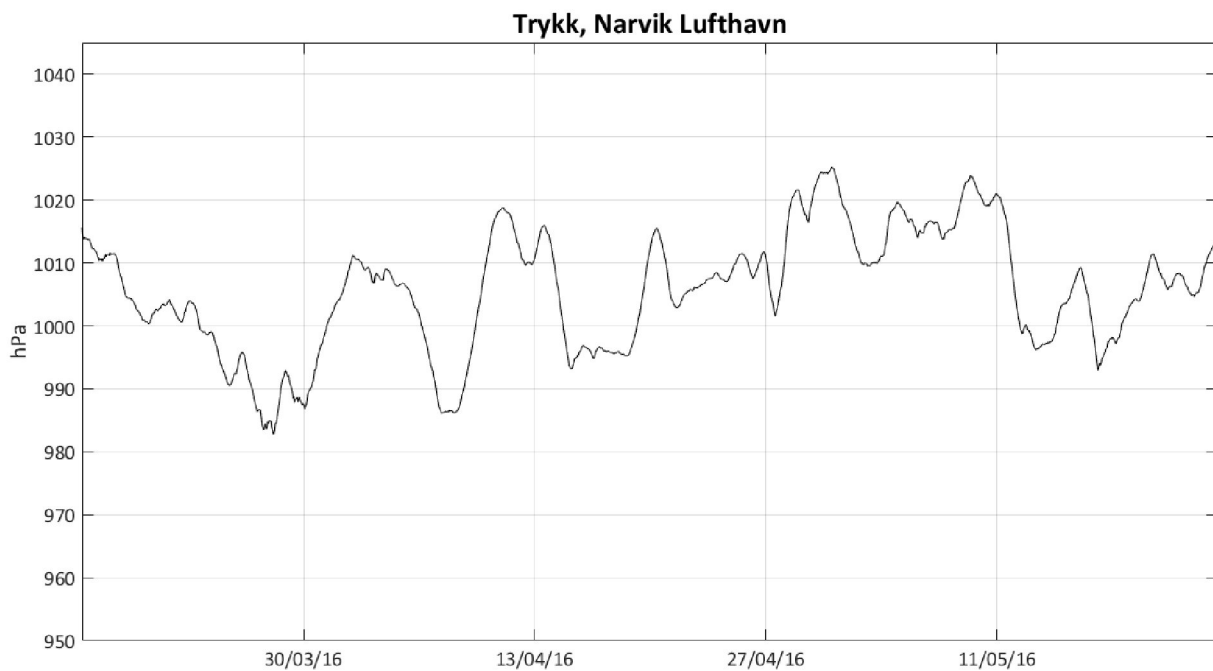
NS 9415: 2009. Flytende oppdrettsanlegg. Krav til lokalitetsundersøkelse, risikoanalyse, utforming, dimensjonering, utførelse, montering og drift. Standard Norge.

NS 9425-2: 2003. Oseanografi – Del 2: Strømmålinger ved hjelp av ADCP. Standard Norge.

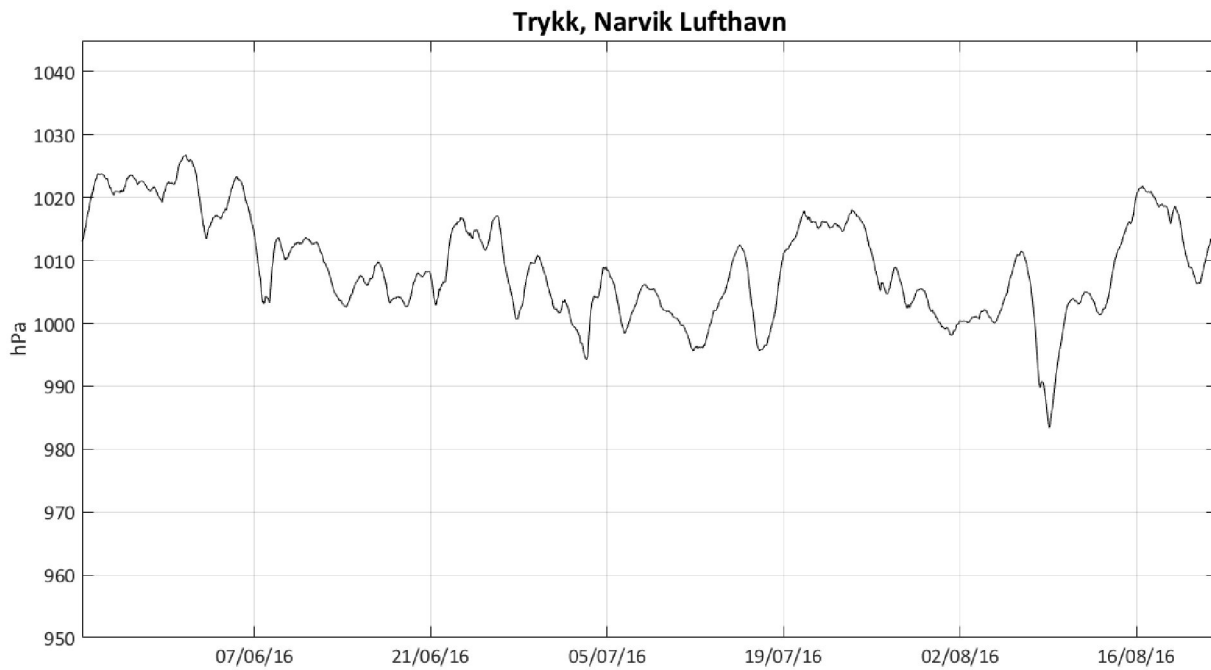
Vedlegg A



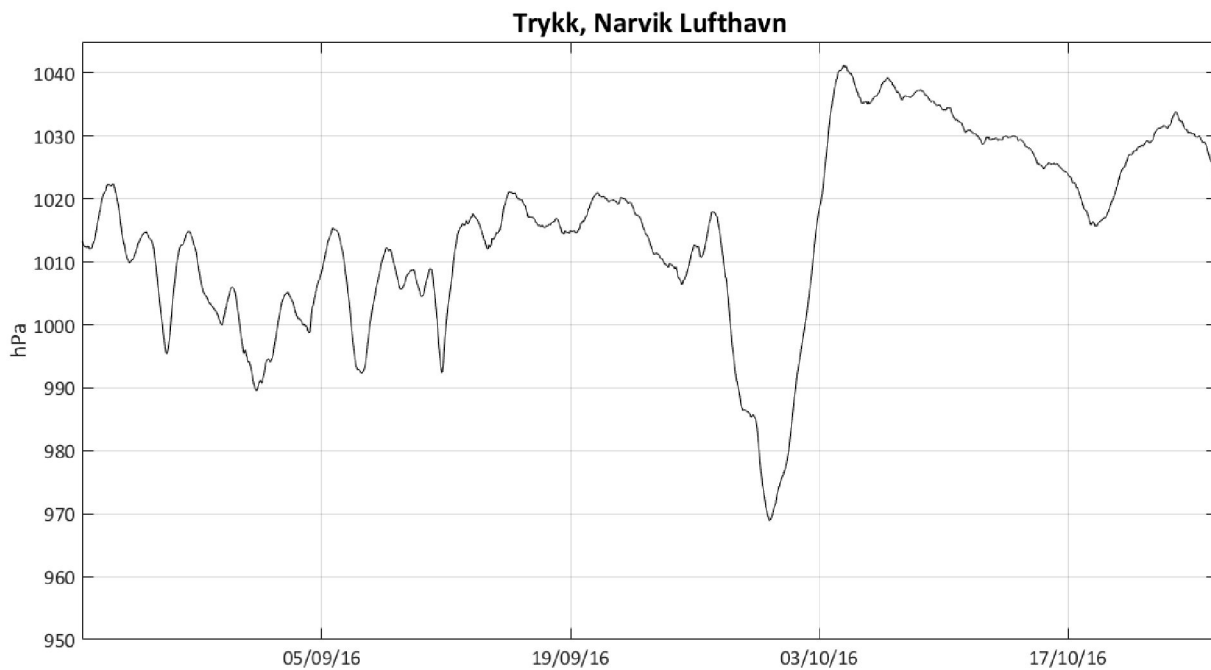
Figur A1: Lufttrykk (hPa) ved Narvik lufthavn i perioden 19.01-16.03.2016.



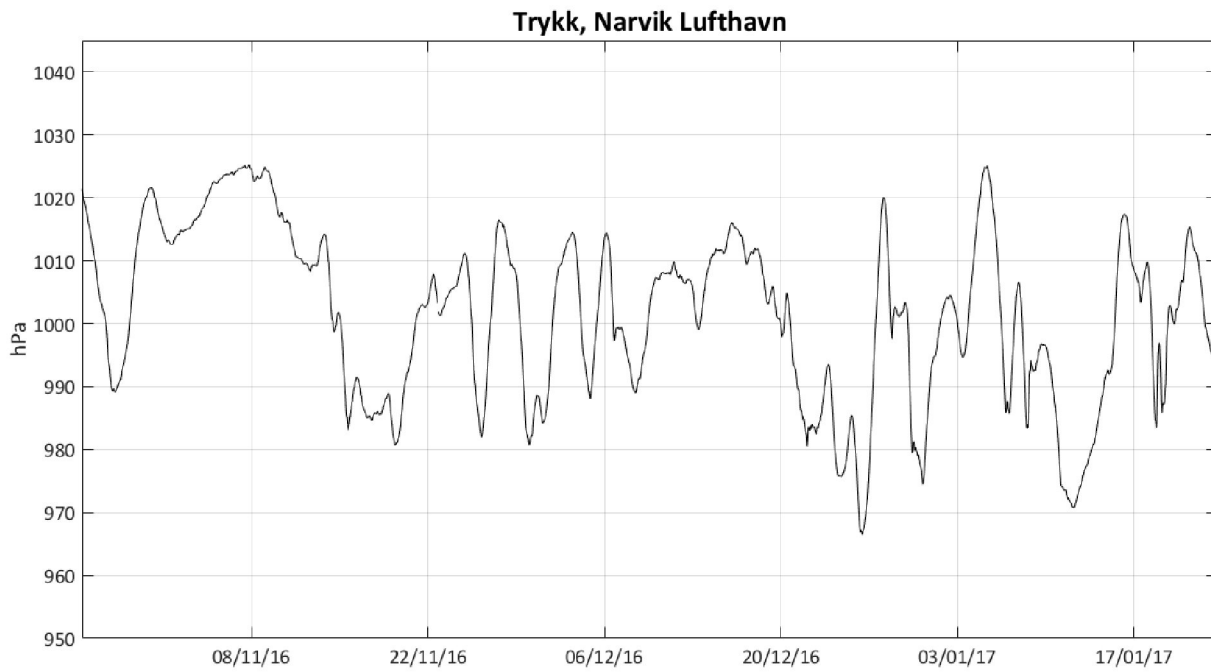
Figur A2: Lufttrykk (hPa) ved Narvik lufthavn i perioden 16.03-24.05.2016.



Figur A3: Luftrykk (hPa) ved Narvik lufthavn i perioden 24.05-22.08.2016.



Figur A4: Luftrykk (hPa) ved Narvik lufthavn i perioden 22.08-25.10.2016.



Figur A5: Luftrykk (hPa) ved Narvik lufthavn i perioden 25.10.2016-23.01.2017.