

Statens vegvesen

# Strømmålinger i forbindelse med utfylling i sjø

**E39 Rogfast**

Kvitsøy og Arsvågen

2015-03-02 Oppdragsnr.: 5144240



B03	2015-03-02	Til kommentarer hos Statens vegvesen	Pebec	Grs	BjKLe
A02	2015-02-27	Fagkontrollert, til miljøansvarlig for KS	Pebec	Grs	
A01	2015-02-25	Intern versjon til fagkontroll	Pebec		
Rev.	Dato:	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

# Innhold

1	Innledning	5
1.1	Bakgrunn	5
1.2	Områdene	5
2	Metode	7
2.1	Strømmåling	7
2.2	Databehandling og grafisk fremstilling	9
2.2.1	Klassifisering	9
2.2.2	Valg av periode for databehandling	9
3	Resultater	11
3.1	Nordvest	11
3.2	Sørøst	15
4	Vurderinger og konklusjon	19
5	Referanser	20
6	Vedlegg	21

## Sammendrag

Det er gjennomført strømmålinger i to punkter nord for Kvitsøy der det planlegges utfyllinger i forbindelse med E39 Rogfast. Målingene viste strøm som i stor grad fulgte tidevannet.

Utfyllingene ved Kvitsøy forventes kun å gi helt lokale endringer i strømningsforhold.

I Arsvågen sør på Vestre Bokn er det allerede en molo mellom Vestre Bokn og nordre Solholmen på utsiden. Det forventes derfor ingen påvirkning av betydning og det er ikke målt strøm i dette området.

# 1 Innledning

## 1.1 BAKGRUNN

E39 Rogfast medfører et betydelig overskudd av masser. Det er et overordnet mål at massene fra tunneldrivingen skal gis en samfunnsmessig god bruk. Norconsult AS har fått i oppdrag og gjennomføre blant annet strømmålinger i områdene der det er planlagt utfyllinger.

## 1.2 OMRÅDENE

Det er planlagt utfyllinger i Arsvågen, nord på Kvitsøy og i Mekjarvik. Målinger og vurderinger knyttet til utfyllingen i Mekjarvik er ikke omfattet av denne rapporten.

I Arsvågen sør på Vestre Bokn er det allerede en molo mellom Vestre Bokn og nordre Solholmen på utsiden. Det forventes derfor ingen påvirkning av betydning og det er ikke målt strøm i dette området.

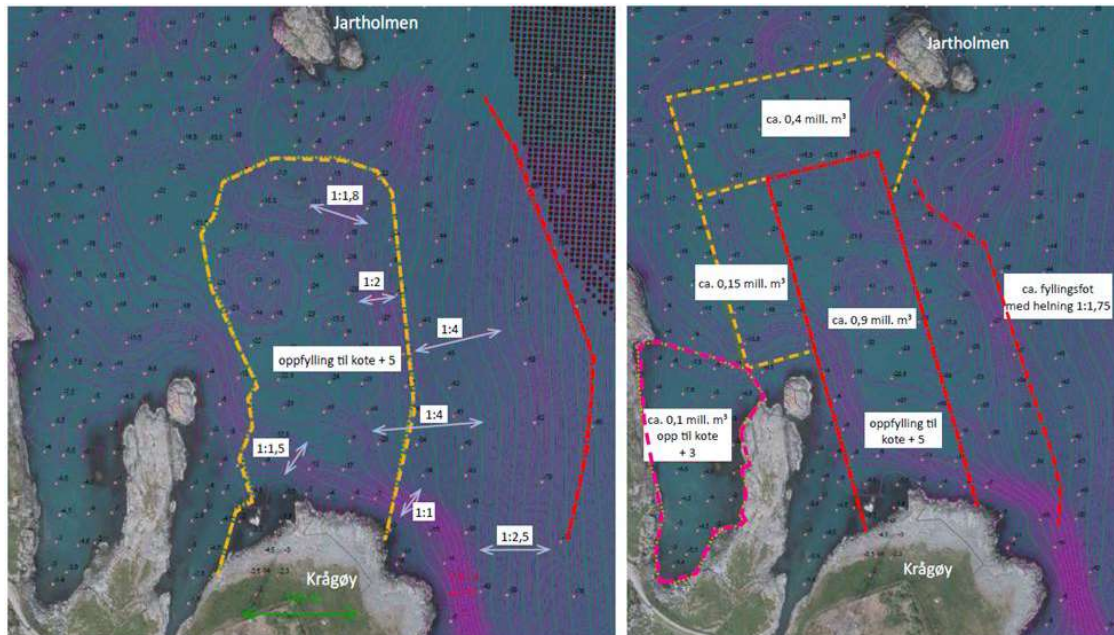


Figur 1: Området ved Arsvågen på Vestre Bokn.

På nordsiden av Kvitsøy er det flere alternativer for utfyllingsløsninger. Disse innebærer utfyllinger mellom nordsiden av Krogøy og Jartholmen og mellom nordsiden av Krossøy og Nordre Hestholmen (Figur 2). To av utfyllingsalternativene fra mulighetsstudien for området er vist i Figur 3.



Figur 2: Område for strømmåling nord på Kvitsøy. Innrammet område er forstørret i Figur 4.

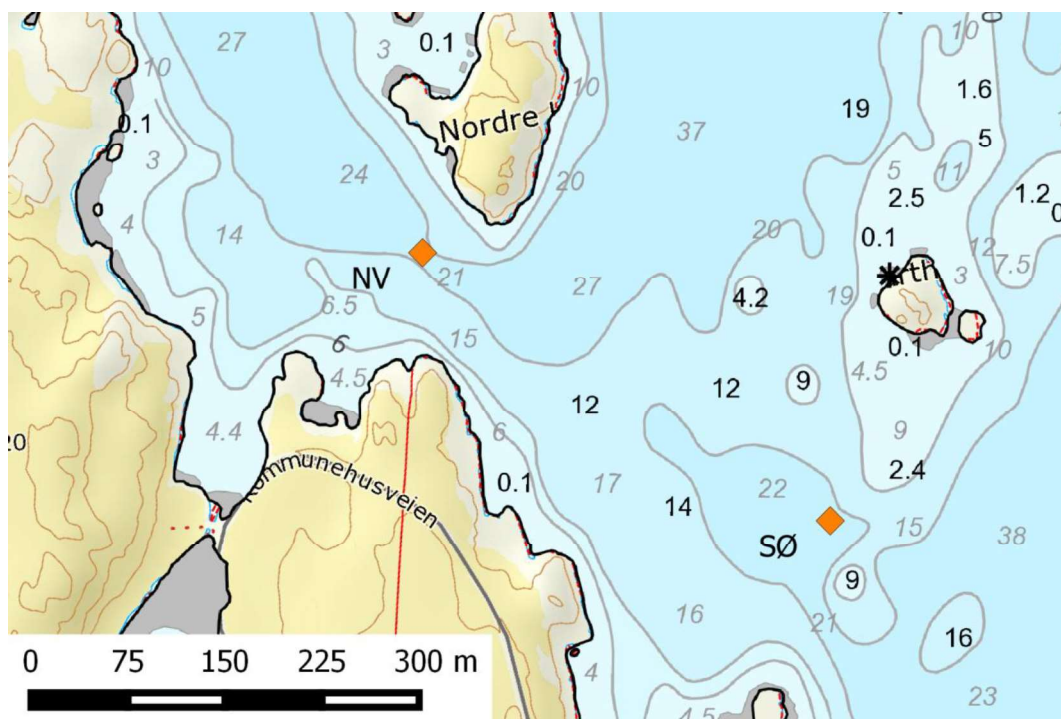


Figur 3: To av utfyllingsalternativene ved Krogøy (COWI, 2013).

# 2 Metode

## 2.1 STRØMMÅLING

Strømmålerne ble plassert i de dypeste områdene i de smaleste sundene der strømmen forventes å være sterkest. Plassering er vist i Figur 4 og koordinater og tid for måling er gitt i Tabell 1. Målerne stod ute i totalt 34 dager.



Figur 4: Plassering av strømmålere nord for Kvitøy. Områdets plassering ved Kvitøy er vist i Figur 2.

Tabell 1: Posisjon (WGS 84, Lat/Long hddd, dddd) og måleperiode for strømningsmålinger.

Måler	Posisjon	Måleperiode
NV	N 59,07369	2015-01-07 15:00
	E 5,43261	2015-02-10 13:30
SØ	N 59,07198	2015-01-07 13:00
	E 5,43829	2015-02-10 13:40

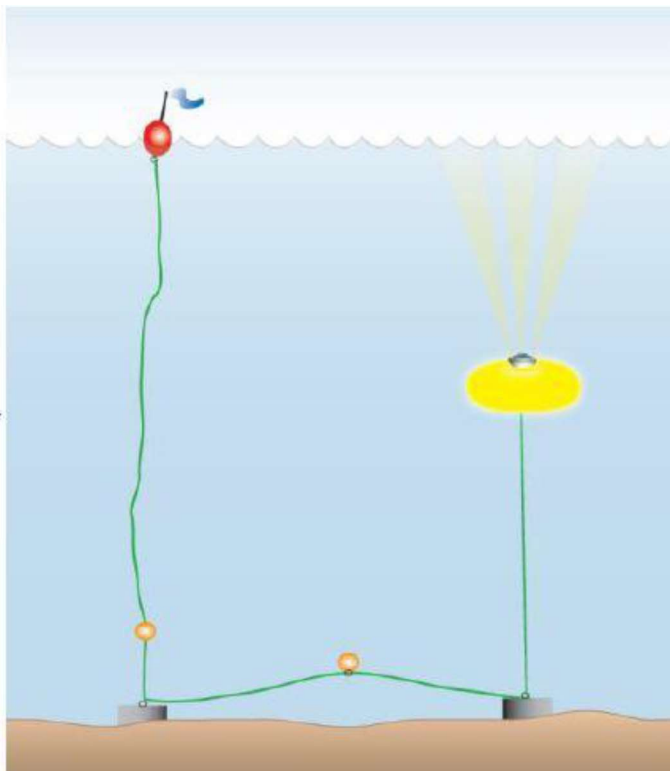
Målingene er utført med en Aquadopp current profiler 400 kHz og en 600 kHz levert av Nortek AS. Instrumentet sender ut tre stråler med bølger med lang bølgelengde og benytter seg av dopplereffekten til å måle strømningshastighet og retning i hele vannsøylen. Spesifikasjoner for instrumentet er gitt i Tabell 2.

Tabell 2: Instrumentspesifikasjoner strømmåler (Nortek AS, 2008).

Parameter	Måleområde	Nøyaktighet	Oppløsning	Kommentar
Hastighet	±10 m/s	1 % av målt verdi ± 0,5 cm/s		Usikkerhet avhenger av oppsettet
Temperatur	-4 °C- +40 °C	0,1 °C	0,01 °C	10 min responstid
Kompass	0-360 °	2 °	0,1 °	Maksimal tilt 30 °
Trykk	0-100 m	0,25 %	0,005 %	

Instrumentene ble satt opp for å gjøre målinger med minst mulig usikkerhet og god dybdeoppløsning (antall og størrelse på måleceller). Oppsettet for instrumentet ved hvert målepunkt er gitt sammen med resultatene i vedlegg 2 og 3.

Instrumentet ble plassert ut fra båt, og tauet ble trukket vekk fra instrumentet med et ekstra lodd og blåse ved overflaten for å finne tilbake og for å få opp instrumentet igjen. Konseptet for utsettelsen er vist i Figur 5.



Figur 5: Prinsipp for utsettning av instrument med oppdrift rundt instrumentet (Nortek AS, 2013).



## 2.2 DATABEHANDLING OG GRAFISK FREMSTILLING

Strømmålingsdata er behandlet ved bruk av programmet SeaReport utviklet av Nortek AS. Programmet gjør kvalitetssikring av data og produserer grafer, strømroser på kart og statistiske data. Strømstille perioder rapportert av programmet er perioder med strøm <1 cm/s.

### 2.2.1 Klassifisering

Rådgivende Biologer AS har utarbeidet et klassifiseringssystem for overflatestrøm, vannskiftingsstrøm, spredningsstrøm og bunnstrøm (Johnsen og Tveranger, 2005 og Johnsen og Brekke, 2009). Klassifiseringen er basert på parameterne gjennomsnittlig strømhastighet, retningsstabilitet og innslag av strømstille perioder. Målinger med strømmåler av typen «Gytre» (modell SD-6000) på en rekke lokaliteter på Vestlandet er grunnlaget for klassifiseringen.

Neumann parameteren er et mål på strømmens stabilitet. Et progressivt vektorplott representerer bevegelsen til et vannmolekyl som er i strømmålerens posisjon ved målestert. Det tegnes en strek som følge av strømmens hastighet og retning. Når målingene avsluttes fås et start- og stoppunkt for vannmolekylet. Hastighet og retning for å bevege seg direkte fra start til stopp i løpet av måleperioden kalles reststrøm. Avstanden mellom start og stopp delt på den totale avstanden vannpartikkelen har beveget seg i perioden er Neumann parameteren. Neumann parameteren vil alltid være mellom 0 og 1, og høye verdier viser at strømmen er stabil i retning.

Inndelingen i tilstandsklasser er gitt i Tabell 3.

Tabell 3: Klassifisering av strømhastighet (Johnsen og Brekke, 2009).

Tilstandsklasse	I	II	III	IV	V
Gjennomsnittlig strømhastighet	Svært sterk	Sterk	Middels sterk	Svak	Svært svak
Overflatestrøm (cm/s)	>10	6,6-10	4,1-6,5	2,0-4,0	<2
Vannskiftingsstrøm (cm/s)	>7	4,6-7	2,6-4,5	1,8-2,5	<1,8
Spredningsstrøm (cm/s)	>4	2,8-4	2,1-2,7	1,4-2,0	<1,4
Bunnstrøm (cm/s)	>3	2,6-3	1,9-2,5	1,3-1,8	<1,3
Tilstandsklasse	I	II	III	IV	V
Retningsstabilitet	Svært stabil	Stabil	Middels stabil	Lite stabil	Svært lite stabil
Alle dyp (Neumann parameter)	>0,7	0,4-0,7	0,2-0,4	0,1-0,2	<0,1

Klassifiseringssystemet betegner perioder på over 2,5 timer med strømhastighet 0-2 cm/s som strømstille perioder. I oppdrettsnæringen og andre sammenhenger er det vanlig å betegne strøm <1 cm/s som nullstrøm (Guneriusen, 2009 og Evenset et al., 2005). Systemet er derfor ikke benyttet for å se på strømstille perioder.

Klassifiseringssystemet er laget for å beskrive kvaliteten i forhold til anleggsdrift (oppdrett) i sjø og er derfor ikke direkte anvendbart i denne sammenheng. Resultatene fra denne undersøkelsen vil derfor kun klassifiseres med hensyn på Neumann parameteren.

### 2.2.2 Valg av periode for databehandling

Målinger er gjennomført i 34 dager. Det er kun behov for å se på data fra 28 dager for å dekke en tidevannssyklus.

Om kvelden 10. januar økte trykket som ble målt av trykksensoren på instrumentet som var plassert nordvest brått med nesten ca. 1,5 dbar samtidig som tilten på instrumentet økte brått. Dette tyder på at instrumentet har sklidd 1,5 m ned fra en stor stein eller fjellkant på dette tidspunktet. I resten av måleperioden er trykkendringene normale og det er ingen brå endringer i tilt. Måleperioden som er benyttet i videre prosessering er derfor startet etter dette. Det er valgt samme måleperiode for begge instrumenter (13. januar kl. 00:00 til 10. februar kl. 00:00).

# 3 Resultater

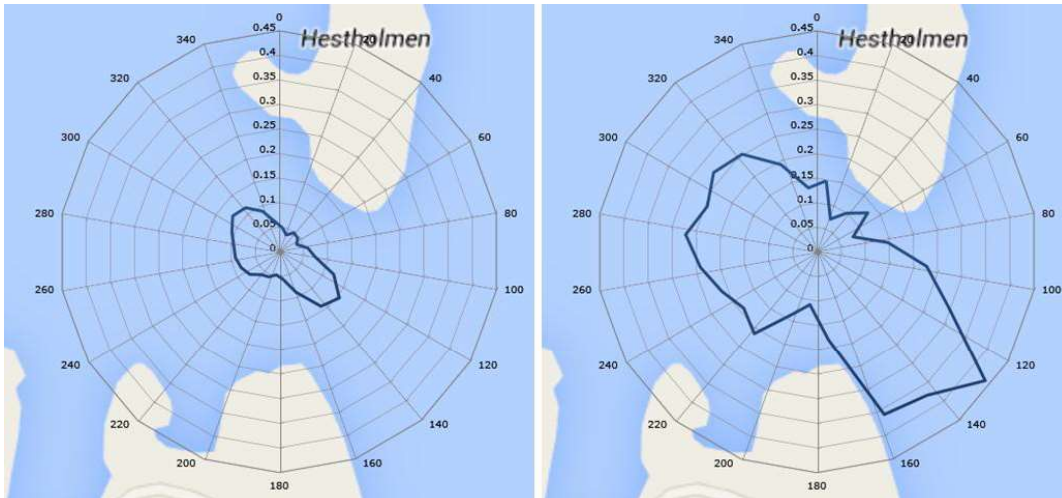
## 3.1 NORDVEST

Det er hentet ut strømdata 2 m, 8,5 m og 15 m fra instrumentets hode. Instrumentets hode er plassert ca. 2 m over sjøbunnen og avstanden fra instrumentets hode til overflaten varierer med tidevannet fra ca. 20,7 – 21,7 m. Gjennomsnittlig avstand til overflaten er 21,2 m. Data er derfor hentet ut fra ca. 6,2 m, 12,7 m og 19,2 m dyp ( $\pm 0,5$  m). Avstandshenvvisninger i resten av dette kapittelet vil være gitt som gjennomsnittlig avstand til overflaten.

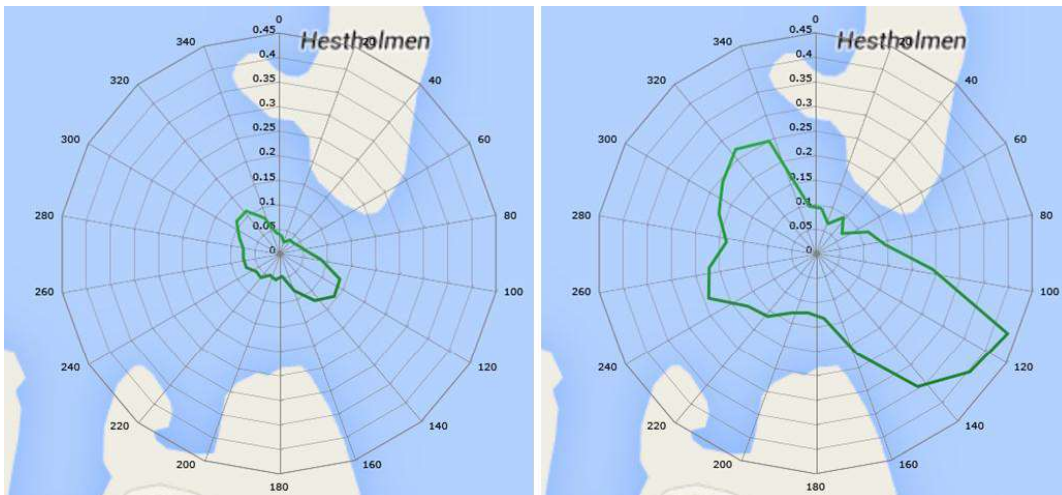
Utvalgte resultater fra strømmålinger i det nordvestre målepunktet er gitt i Tabell 4 og Figur 6 - Figur 10. Resten av resultatene er gitt i vedlegg 2. Avstander i vedlegget er oppgitt i forhold til instrumentets hode.

Tabell 4: Statistiske data strømmåling nordvestre målepunkt Kvitøy.

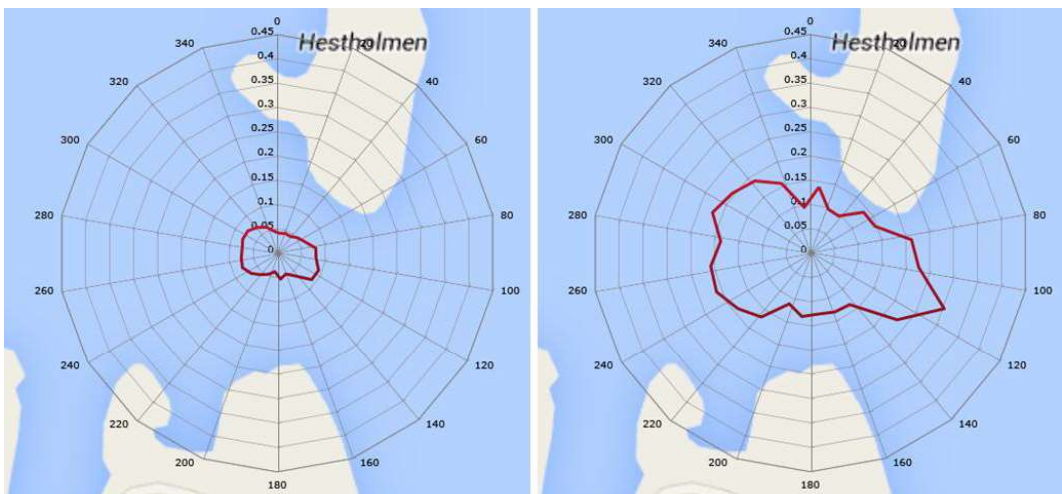
Parameter	Topp (ca. 6,2 m)	Midt (ca. 12,7 m)	Bunn (ca. 19,2 m)
Gjennomsnittlig strøm (m/s)	0,11	0,10	0,07
Maksimum strøm (m/s)	0,43	0,43	0,30
Minimum strøm (m/s)	0,00	0,00	0,00
Standardavvik (m/s)	0,06	0,06	0,04
Mest signifikante retninger (°)	135°, 315°, 300°, 330°	315°, 135°, 300°, 330°	285°, 300°, 315°, 270°
Største flow	1578,90m <sup>3</sup> / dag ved 120-135°	1670,10m <sup>3</sup> / dag ved 120-135°	738,40m <sup>3</sup> / dag ved 270-285°
Neumannparameter	0,17	0,11	0,34
Reststrøm	0,02 m/s ved 255°	0,01 m/s ved 238°	0,02 m/s ved 286°
Strømstille [%] - [HH:mm]	0,87 % - 00:20	1,34 % - 00:40	1,71 % - 00:20



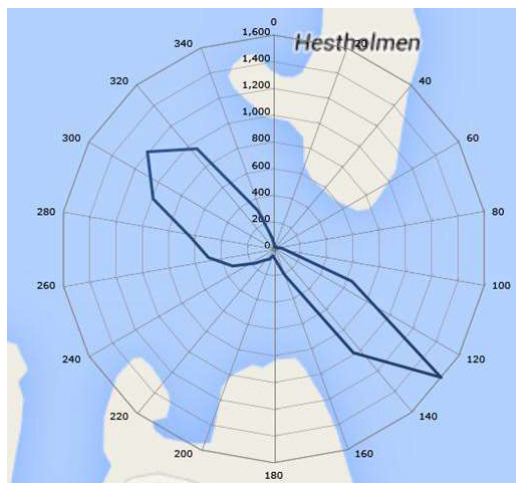
Figur 6: Strømhastighet (m/s) med retning (ca. 6,2 m). Venstre: gjennomsnitt. Høyre: maks.



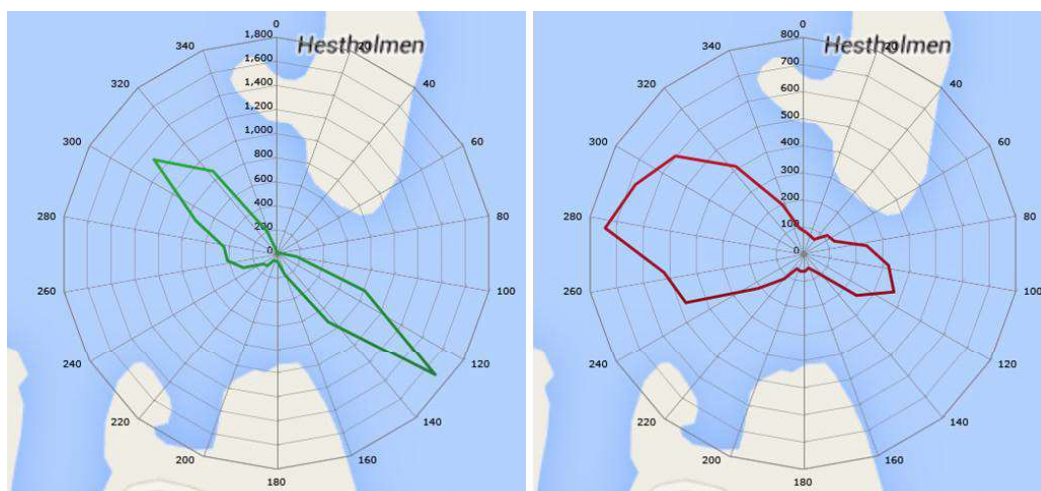
Figur 7: Strømhastighet (m/s) med retning, midt (ca. 12,7 m). Venstre: gjennomsnitt. Høyre: maks.



Figur 8: Strømhastighet (m/s) med retning, bunn (ca. 19,2 m). Venstre: gjennomsnitt. Høyre: maks.



Figur 9: Vannstrøm per dag ( $[m^3/m^2]/dag$ ) (ca. 6,2 m).



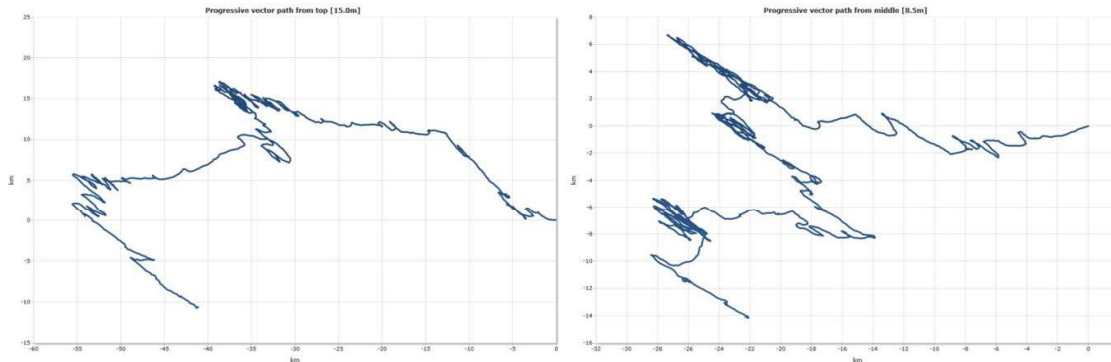
Figur 10: Vannstrøm per dag ( $[m^3/m^2]/dag$ ), venstre: midt (ca. 12,7 m), høyre: bunn (ca. 19,2 m).

Figur 6 – Figur 8 viser at gjennomsnittlig strømhastighet er høyest på ca. 6,2 m og 12,7 m dyp og lavest nær bunnen ved ca. 19,2 m dyp. Retningen følger i stor grad topografien. Ved de to grunneste dypene er retningen nordvest og sørøst. Nær bunnen er retningen mer øst og vest. Maksimal strømhastighet er også høyest på de to grunneste dypene. Retningen varierer litt mer og hastigheten er størst mot sørøst på begge de grunneste dypene.

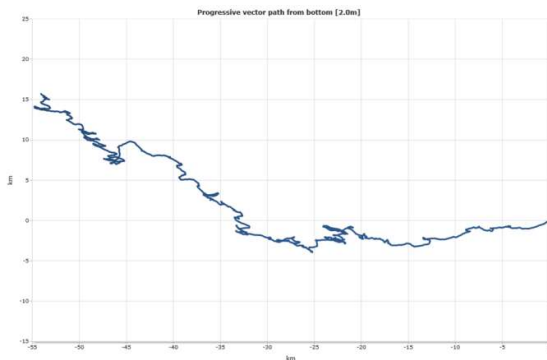
Vannstrømsrosene (Figur 9 og Figur 10) viser at vanntransporten er i retning sørøst og nordvest (gjennom sundet) ved de to grunneste dypene. Ved bunnen er det en større variasjon i retning og en netto transport mot vest. Retningen på reststrømmen viser at netto transport er mot vest-sørvest på 6,2 m dyp, mot sørvest på 12,7 m dyp og mot vest-nordvest på 19,2 m dyp. Den lave hastigheten for reststrømmen viser at nettotransporten er lav.

Neumannparameteren er i tilstandsklasse IV «lite stabil» på grunneste og midtre dyp. Nær bunnen er Neumannparameteren i tilstandsklasse III «middels stabil». Lav Neumannparameter ser ut til å skyldes at strømrretningen i stor grad endres med tidevannet. Dette vises også i grafene i vedlegg 1, der strømhastighet og retning ved de tre dypene er plottet sammen med målt trykk.

De progressive vektorplottene for hvert dyp (Figur 11 – Figur 12) indikerer at strømretningen på ca. 6,2 og ca. 12,7 m varierer mer enn ved bunnen. Dette skyldes sannsynligvis en større påvirkning fra vind ved disse dypene enn nær bunnen.



Figur 11: Progressivt vektorplott, venstre: topp (ca. 6,2 m), høyre: midt (ca. 12,7 m). Hver strek på x- og y-aksen er 5 km i plottet til venstre og 2 km i plottet til høyre.



Figur 12: Progressivt vektorplott, bunn (ca. 19,2 m). Hver strek på x- og y-aksen er 5 km.

Data fra trykksensoren (vedlegg 2) viser at tidevannsforskjellen mellom etterfølgende høyvann og lavvann varierer fra ca. 0,2 m til ca. 0,65 m i perioden. Tidlig i måleperioden og litt senere enn midt i måleperioden varierer vanddyptet veldig ujevnt. I disse periodene er dypet mer preget av vær og vindforhold enn av normal tidevannssyklus.

Temperaturen ved måleren følger til en viss grad tidevannet (Figur 7 i vedlegg 1). Når tidevannet kommer inn øker temperaturen ved bunnen litt. Når tidevannet går ut synker temperaturen litt igjen. Variasjonen er  $<0,5$  °C.

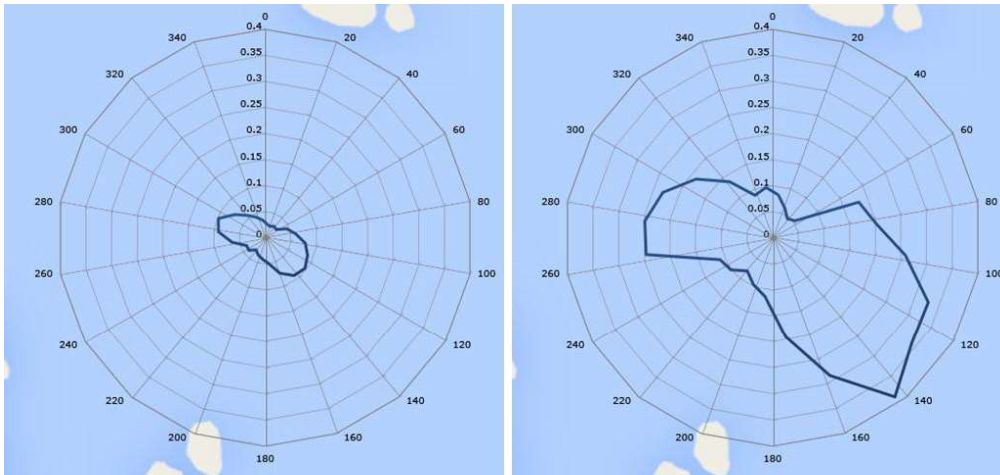
### 3.2 SØRØST

Det er hentet ut strømdata 2 m, 8,5 m og 14 m fra instrumentets hode. Instrumentets hode er plassert ca. 2 m over sjøbunnen og avstanden fra instrumentets hode til overflaten varierer med tidevannet fra ca. 20,4 til 21,4 m. Gjennomsnittlig avstand til overflaten er 20,9 m. Data er derfor hentet ut fra ca. 6,9 m, 12,4 m og 18,9 m dyp ( $\pm 0,5$  m). Avstandshenvisninger i resten av dette kapittelet vil være gitt som gjennomsnittlig avstand til overflaten.

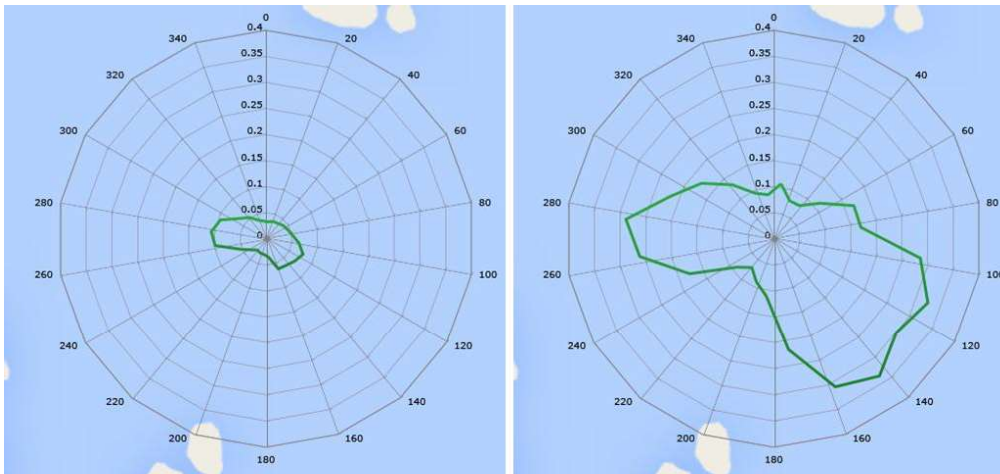
Utvalgte resultater fra strømmålinger fra det sørøstre målepunktet er gitt i Tabell 5 og Figur 13- Figur 17. Resten av resultatene er gitt i vedlegg 3. Avstander i vedlegget er i forhold til instrumentets hode.

Tabell 5: Statistiske data strømmåling sørøstre målepunkt Kvitøy.

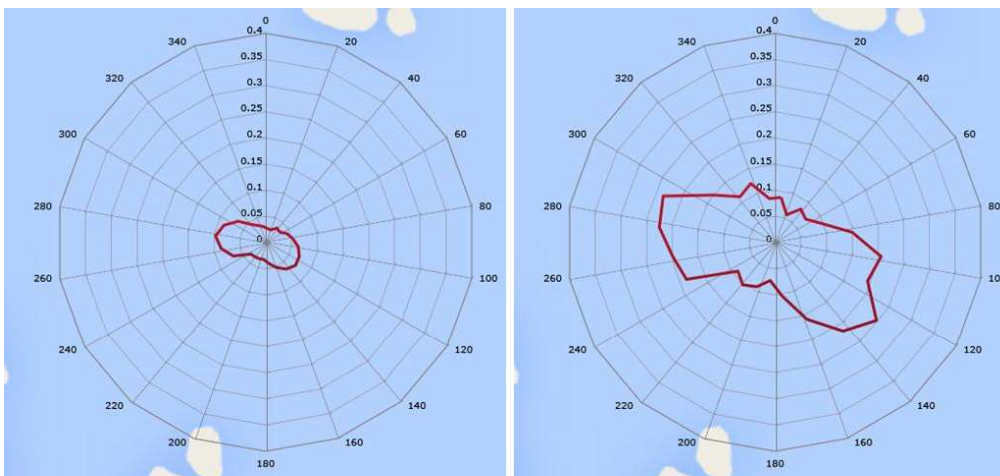
Parameter	Topp (ca. 6,9 m)	Midt (ca. 12,4 m)	Bunn (ca. 18,9 m)
Gjennomsnittlig strøm (m/s)	0,08	0,07	0,07
Maksimum strøm (m/s)	0,39	0,33	0,24
Minimum strøm (m/s)	0,00	0,00	0,00
Standardavvik (m/s)	0,05	0,05	0,04
Mest signifikante retninger (°)	300°, 135°, 285°, 150°	285°, 300°, 270°, 120°	285°, 300°, 270°, 120°
Største flow	1205,14m <sup>3</sup> / dag ved 285-300°	1293,67m <sup>3</sup> / dag ved 270-285°	1389,31m <sup>3</sup> / dag ved 270-285°
Neumannparameter	0,16	0,25	0,33
Reststrøm	0,01 m/s ved 202°	0,02 m/s ved 273°	0,02 m/s ved 262°
Strømstille [%] - [HH:mm]	2,23% - 00:20	2,89% - 00:30	2,44% - 00:30



Figur 13: Strømhastighet (m/s) med retning (ca. 6,9 m). Venstre: gjennomsnitt. Høyre: maks.

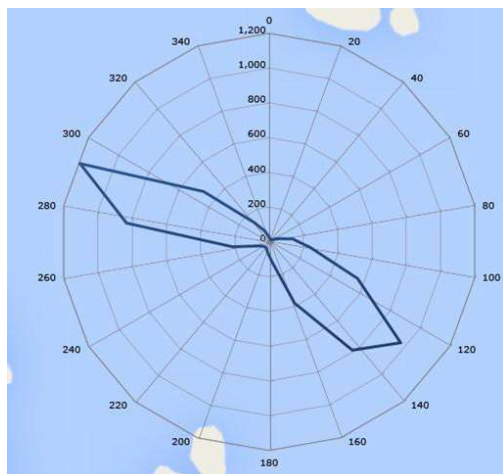


Figur 14: Strømhastighet (m/s) med retning, midt (ca. 12,4 m). Venstre: gjennomsnitt. Høyre: maks.

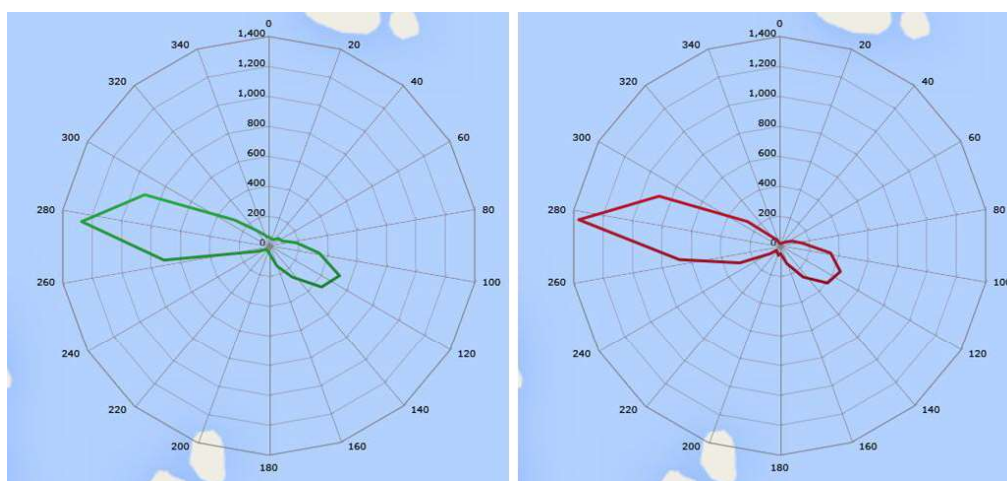


Figur 15: Strømhastighet (m/s) med retning, bunn (ca. 18,9 m). Venstre: gjennomsnitt. Høyre: maks.





Figur 16: Vannstrøm per dag ( $[m^3/m^2]/dag$ ) (ca. 6,9 m).



Figur 17: Vannstrøm per dag ( $[m^3/m^2]/dag$ ), venstre: midt (ca. 12,4 m), høyre: bunn (ca. 18,9 m).

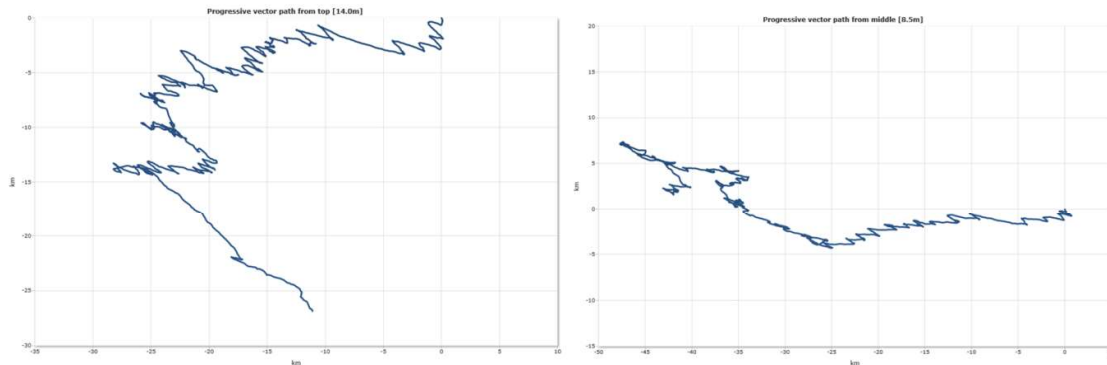
Figur 13 – Figur 15 viser at gjennomsnittlig strømhastighet er litt høyere på det grunneste målepunktet enn midt i og nær bunnen. Ved alle dypene er det høyest gjennomsnittlig hastighet i retning vest-nordvest og sørøst. Maksimal strømhastighet varierer noe mer i hastighet og med retning, men det er godt samsvar mellom gjennomsnitt og maks. Maksimal hastighet er størst nærmest overflaten og synker nedover mot bunnen. Maksimal hastighet er størst mot sørøst nærmest overflaten og midt i vannsøylen og omtrent like stor mot sørøst og vest-nordvest nærmere bunnen.

Vannstrømsrosene (Figur 16 og Figur 17) viser at vanntransporten hovedsakelig er i retning mot vest-nordvest og sørøst på 6,9 m dyp. På 12,4 m dyp og nær bunnen er transporten hovedsakelig mot vest-nordvest, men også litt mot sørøst.

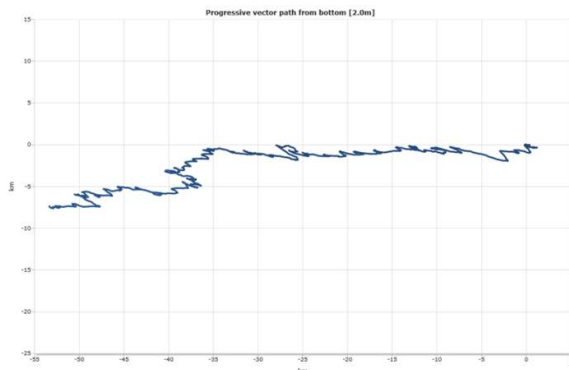
Neumannparameteren er i tilstandsklasse IV «lite stabil» på 6,5 m dyp og i tilstandsklasse III «middels stabil» på 12,4 m dyp og nær bunnen. Neumannparameteren er høyest nærmest bunnen.

Det progressive vektorplottet for 6,9 m dyp (Figur 18 venstre) viser at dominerende strømretning varierer en del i første del av perioden. Etter ca. to tredjedeler dreier dominerende strømretning til å være mot sørøst. Netto strømretning i hele perioden (reststrøm) er 1 cm/s mot sørvest. På 12,4 m

dyp og nær bunnen varierer strømrretningen i størst grad mellom øst og vest. Reststrømmen er 2 cm/s mot henholdsvis 3 ° nord for vest og 8 ° sør for vest.



Figur 18: Progressivt vektorplott, venstre: topp (ca. 6,9 m), høyre: midt (ca. 12,4 m). Hver strek på x- og y-aksen er 5 km i begge plott.



Figur 19: Progressivt vektorplott, bunn (ca. 18,9 m). Hver strek på x- og y-aksen er 5 km.

Data fra trykksensoren (vedlegg 3) viser at tidevannsforskjellen mellom etterfølgende høyvann og lavvann varierer fra ca. 0,2 m til ca. 0,65 m i perioden. Tidlig i måleperioden og litt senere enn midt i måleperioden varierer vandedypet veldig ujevnt. I disse periodene er dypet mer preget av vær og vindforhold enn av normal tidevannssyklus. Dette er likt ved begge målerene.

Strømhastighet og retning ved de tre dypene er plottet sammen med målt trykk i vedlegg 1 (Figur 8 – Figur 13). Det ser ut til at strømhastighet og strømrretning i stor grad følger tidevannet. Når tidevannet kommer inn går strømmen mot vest-nordvest og når tidevannet går ned igjen går strømmen mot øst og sørøst.

Temperaturen ved måleren følger til en viss grad tidevannet (Figur 14 i vedlegg 1). Når tidevannet kommer inn øker temperaturen litt ved bunnen. Når tidevannet går ut synker temperaturen litt igjen. Variasjonen er <0,3 °C.

## 4 Vurderinger og konklusjon

### Arsvågen

I Arsvågen sør på Vestre Bokn er det allerede en molo mellom Vestre Bokn og nordre Solholmen på utsiden. Det forventes derfor ingen påvirkning av betydning og det er ikke målt strøm i dette området.

### Kvitsøy

Strømmen som er målt i de to områdene vil påvirke spredning av partikler fra utfyllingsmasser og eventuelt oppvirvlet bunnsediment ved utfylling. Dersom det identifiseres forventede problemer knyttet til dette ved utfylling, kan disse målingene benyttes til å vurdere hvilke avbøtende tiltak som kan iverksettes for å redusere effekten av arbeidene.

Utfyllingene vil påvirke strømningsforholdene lokalt. Endring i strømningsforhold vil kunne føre til erosjon av sedimenter i enkelte områder og oppsamling av sediment i andre områder. Sjøområdene nord og øst for utfyllingsområdene er store og åpne. Det er derfor ikke noe problem å transportere vann andre veier enn gjennom områdene som fylles ut.

Det forventes kun helt lokale endringer i strøm som følge av utfyllingene.

## 5 Referanser

- COWI. 2013. Fra deponi til nytt landskap i havgapet II. En mulighetsstudie for Krogøy, E39 ROGfast. RAP 605 | 2013
- Evenset, A., Larsen, L.-H., Kibsgaard, A. og Pettersen, A. 2005. Forebygging og sanering av miljøgiftforurensning i Tromsø havneområde og Tromsøysund. Akvaplan-niva. Rapport nr. APN-421.2508.03. (TA-2084/2005).
- Guneriusen, A. 2011. Nordlaks Oppdrett AS, Steilo, April 2009. B-undersøkelse med strømmålinger og hydrografi. Akvaplan-niva. Rapport nr. 4513 – I (02).
- Johnsen, G. H. og Brekke, E., 2009. Strømmålinger og enkel resipientvurdering av Omsundet i Kristiansund kommune. Rapport nr. 1211. Rådgivende Biologer AS.
- Johnsen, G. H. og Tveranger, B., 2005. Kristiansund kommune. Miljøundersøkelser i sjøområdene. Beskrivelse av resipientene, avløpsdisponering og miljøtilstand 2005. Rapport nr. 859. Rådgivende Biologer AS.
- Nortek AS. 2008. Aquadopp Current Profiler, User Guide.
- Nortek AS. 2013. Mounting Guidline.

## 6 Vedlegg

1. Grafer strøm tidevann og temperatur
2. Strømmålingsdata nordvest
3. Strømmålingsdata sørøst