


Bodø 10.09.07

Kystverket Nordland  
Plan og kystforvaltningsavdelingen  
Postboks 23  
8309 Kabelvåg

	<b>KYSTVERKET</b>
14 SEPT 2007	
SAK.NR.	06/04594-33
ARK.NR.	401
SAKSBEH.	

Oppdragsrapport: Deres ref: 06/04594-12 og 06/14594-32

VP refererer til målepunkt som finnes igjen på kart med bilde på vedlagte CD.  
Når bunnforholdene beskrives er det fra målepunkt og opp mot fjæresonen.

**Prosjekt: Innseiling Bodø havn**

<u>1</u>	Grunne sørøst av Siriskjær	VP 34	UTM 33 W 0470787-7462756
	Siriskjær øst	VP 77	UTM 33 W 0471010-7462638
	Siriskjær vest	VP 75	UTM 33 W 0470426-7462339
	Bart fjell med tynt lag ( 0 – 5 cm ) skjellrester. Dybde 14 m.		
<u>2</u>	Grunne sørøst av Eholmen	VP 35	UTM 33 W 0470947-7462771
	Bart fjell. Dybde 14 m.	VP 36	UTM 33 W 0470909-7462783
<u>3</u>	Utgrunning sør- sørvest av Nyholmen	VP 56	UTM 33 W 0472578-7463443
	Bart fjell. Dybde 12 m	VP 58	UTM 33 W 0472593-7463425
<u>4</u>	Grunnområde øst av Nyholmen	VP 53	UTM 33 W 0473110-7463598
	Bart fjell. Dybde 12 m	VP 54	UTM 33 W 0472984-7463559
		VP 57	UTM 33 W 0472865-7463511

**Område for navigasjonsinstallasjoner**

<u>11</u>	Langdragene	VP 32	UTM 33 W 0469442-7461783
	Bart fjell. Dybde 6 m.	VP 33	UTM 33 W 0469793-7461991
<u>12</u>	Siriskjær	VP 30	UTM 33 W 0469790-7462593
	Bart fjell. Dybde 6 m.	VP 31	UTM 33 W 0469842-7462587
<u>13</u>	Eholmen sørvest	VP 38	UTM 33 W 0470951-7462828
	Bart fjell med litt sand ( 0 – 5 cm )	VP 39	UTM 33 W 0470959-7462793
		Dybde 6 m.	VP 40

Side 1

<u>14</u>	Lille Hjartøy sundet øst Bart fjell som strekker seg opp mot gammel kai som har rast ut. Dybde 6 .	VP 41	UTM 33 W 0472715-7463926
<u>15</u>	Lille Hjartøy sundet vest Bart fjell. Dybde 6 m.	VP 42 VP 43 VP 44	UTM 33 W 0472925-7463927 UTM 33 W 0472976-7463987 UTM 33 W 0473015-7464034
<u>17</u>	Store Hjartøy Bart fjell med innslag av løsmasser/stein. Dybde 6 m.	VP 27 VP 28 VP 29	UTM 33 W 0472055-7465921 UTM 33 W 0472093-7465896 UTM 33 W 0472153-7465860

#### **Prosjekt: Olstokkvær**

<u>1</u>	Sandværboen nord 8 m grunne Bart fjell med tareskog. Dybde 14 m.	VP 14	UTM 33 W 0426373-7416139
<u>2</u>	Sandværboen øst 9 m grunne Bart fjell. Dybde 14 m.	VP 21 VP 22	UTM 33 W 0426171-7415677 UTM 33 W 0426168-7415651
<u>3</u>	Olstokkværgrunnen Bart fjell. Dybde 14 m.	VP 15	UTM 33 W 0425167-7414689
<u>4</u>	Olstokkvær lysbøye 3 m grunne Varierende bart fjell og sand. ( 0- 5 cm ) Dybde 14 m.	VP 16 VP 18	UTM 33 W 0424305-7414099 UTM 33 W 0424293-7414097
<u>5</u>	Kjønskjærskallen Bart fjell. Dybde 14 m.	VP 19 VP 20	UTM 33 W 0423974-7414114 UTM 33 W 0423998-7414090

#### **Område for navigasjonsinstallasjoner:**

<u>10</u>	Gåsværboen Fjell med tareskog. Dybde 6 m.	VP 23 VP 24	UTM 33 W 0428480-7418092 UTM 33 W 0428495-7418070
-----------	--	----------------	--

### **Prosjekt: Innseilingen til Moskenes**

<u>1</u>	Skjortbakken 8 m grunne Fjell med tareskog. Dybde 14 m.	VP 156	UTM 33 W 0418183-7532321
		VP 157	UTM 33 W 0418174-7532351
<u>2</u>	Utgrunning øst av løktodden Fjell med tareskog. Dybde 12 m.	VP 148	UTM 33 W 0417699-7532569
		VP 149	UTM 33 W 0417696-7532557
		VP 150	UTM 33 W 0417675-7532600

### **Område for navigasjonsinstallasjoner**

<u>10</u>	Kråka Fjell med tareskog. Dybde 6 m.	VP 151	UTM 33 W 0417882-7532228
		VP 153	UTM 33 W 0417892-7532196
		VP 154	UTM 33 W 0417825-7532038
		VP 155	UTM 33 W 0417852-7532042

### **Prosjekt: Helligvær**

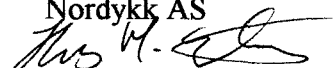
<u>6</u>	Utgrunning nord av Undersholmen Bart fjell. Dybde 6 m.	VP 72	UTM 33 W 0457234.7480291
<u>7</u>	Utgrunning sør av Seiskjæret Bart fjell med noe løsmasser 0 – 0,5 m ( stein ) Dybde 6 m.	VP 70	UTM 33 W 0457713-7480845
<u>8</u>	Nordboen Bart fjell med tareskog begge posisjoner.	VP 67	UTM 33 W 0454059-7482115
		VP 68	UTM 33 W 0457228-7480306

Vi håper at vår beskrivelse av bunnforholdene er utfyllende nok da det i all hovedsak var fjell på alle VP. Der det ikke er det, er dette bemerket i teksten over.

Vi takker så mye for oppdraget, og igjen må vi beklage at det har tatt lenger tid enn forventet. Årsaken er at vi ble bedt om å prioritere en jobb for FBT. ( Forsvarets Bygningstjeneste )

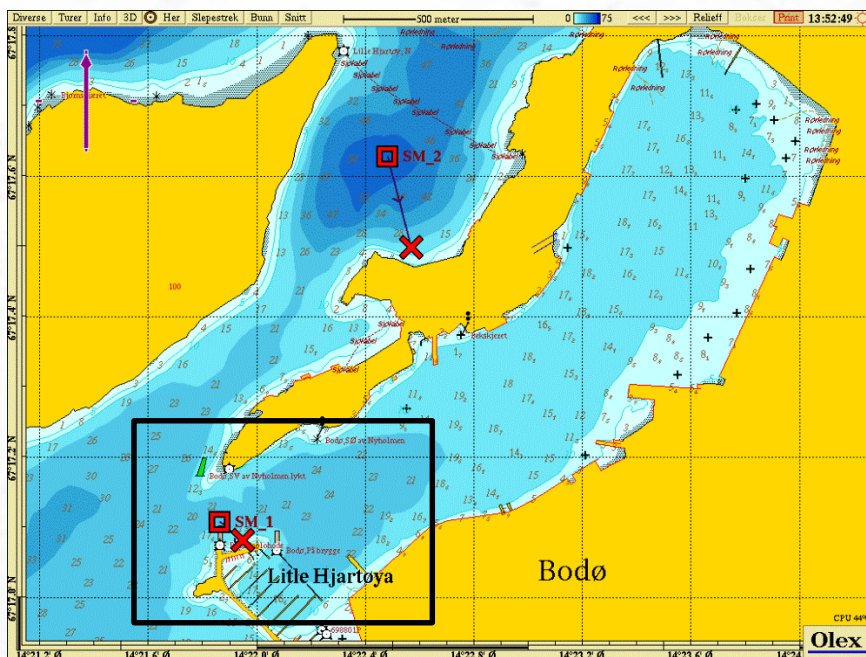
Vennlig hilsen

Nordykk AS



Hans M. Seljeås

## Strømmålinger ved Bodø havn i Nordland, 2014



**Forsidebilde: Kart over området rundt Bodø havn, inkludert bunnkonturer. Interesseområdet er rammet inn med svart rektangel, og selve strømmålingspunktet er illustrert med rød firkant (SM\_1) ved innløpet til Bodø havn (kartkilde: Olex, [www.olex.no](http://www.olex.no)).**

**Akvaplan-niva AS**

Rådgivning og forskning innen miljø og akvakultur

Org.nr: NO 937 375 158 MVA

Framsenteret

9296 Tromsø

Tlf: 77 75 03 00, Fax: 77 75 03 01

www.akvaplan.niva.no

**Rapporttittel / Report title****Strømmålinger ved Bodø havn i Nordland, 2014****Forfatter(e) / Author(s)**

Eli Børve

**Akvaplan-niva rapport nr / report no**

6968.01

**Dato / Date**

22.01.2014

**Antall sider / No. of pages**

16 + 7

**Distribusjon / Distribution**

Gjennom oppdragsgiver

**Oppdragsgiver / Client**

Rambøll AS

**Oppdragsg. referanse / Client's reference**

Hans Olav Oftedal Sømme

**Sammendrag / Summary**

I en posisjon ved innløpet til Bodø havn ble det observert en forholdsvis svak strøm som varierte hovedsakelig mellom øst-nordøst og vest-sørvest i måleperioden fra starten av oktober til starten av november 2014. Medianen til strømstyrken var 4,8 cm/s nær overflaten (6 m), 4,3 cm/s nær bunn (18 m), og 3,7 i midtre del av vannsøylen (12 m). 90 % av alle målingene hadde strømstyrke på under 10 cm/s, og nettostrømmen var under 1 cm/s for alle dyp. Svakest strømstyrke så man ved 12 m til 14 m dyp hvor man også kunne se et skifte i strømmretning. På tidsskala lenger enn ett døgn kunne man se at ved strøm i øst-nordøstlig retning i de øverste lagene av vannsøylen var det ofte en strøm i motsatt retning i de dypere lagene.

Tidevannstrømmen var dominerende i øst-vest retning hvor den kan forklare 58% av variabiliteten, mens i nordlig retning var den veldig liten. Maksimal tidevannsstrøm ble estimert til 5,6 cm/s.

**Prosjektleder / Project manager**

Frank Gaardsted

**Kvalitetskontroll / Quality control**

Øyvind Leikvin

© 2015 Akvaplan-niva AS. Rapporten kan kun kopieres i sin helhet. Kopiering av deler av rapporten (tekstutsnitt, figurer, tabeller, konklusjoner, osv.) eller gjengivelse på annen måte, er kun tillatt etter skriftlig samtykke fra Akvaplan-niva AS.



## INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD .....	2
1 INNLEDNING .....	3
2 METODIKK.....	4
2.1 Instrument og målemetode .....	4
2.2 Dataanalyse og visualisering .....	6
3 RESULTATER.....	7
3.1 Strømstyrke.....	7
3.2 Strømretning .....	8
3.3 Variabilitet .....	10
3.4 Tidevannsstrøm og reststrøm .....	11
3.4.1 Variansellipser for strømkomponenter på lokaliteten .....	13
4 DISKUSJON OG OPPSUMMERING .....	15
5 REFERANSER.....	16
APPENDIKS 1 .....	17
APPENDIKS 2 .....	23
Matematisk utregning av variansellipser .....	23



# Forord

---

Kystverket har engasjert Rambøll AS til å utføre strømmålinger ved Bodø havn i Nordland. I Rambølls oppdrag for Kystverket er Akvaplan-niva AS leverandør av oseanografiske tjenester og har derfor gjennomført arbeidet som presenteres i denne rapporten. Undersøkelsene er gjennomført i forbindelse med planlegging av mulig fremtidig deponering av mudringsmasser i området.

Følgende personer har deltatt i arbeidet:

Frank Gaardsted	Akvaplan-Niva	Prosjektleder
Eli Børve	Akvaplan-Niva	Dataanalyse og rapportering
Øyvind Leikvin Eli Børve	Akvaplan-Niva	Utsetting/opptak av strømmåler

Tromsø, 22.01.2015



Frank Gaardsted

Prosjektleder

# 1 Innledning

I denne rapporten presenteres det resultater fra én måned med strømmålinger fra inngangen til Bodø havn i Nordland (Figur 1). Måleren var plassert på omlag 23 m dyp omtrent midt i innløpet til havnebassenget. Resultatene som presenteres her gir et inntrykk av strømbildet i området. Det påpekes imidlertid at det kan forekomme vesentlige lokale variasjoner i strømmen i tid og rom, slik at strømmen på et gitt tidspunkt og i et annet område i nærheten kan avvike betydelig fra resultatene som presenteres her.



Figur 1. Oversiktskart. Den røde firkanten markerer posisjonen til strømmåleren, SM\_1 (kartkilde: Olex). Det røde krysset markerer opphalerbøya til strømmåler-riggen.

## 2 Metodikk

---

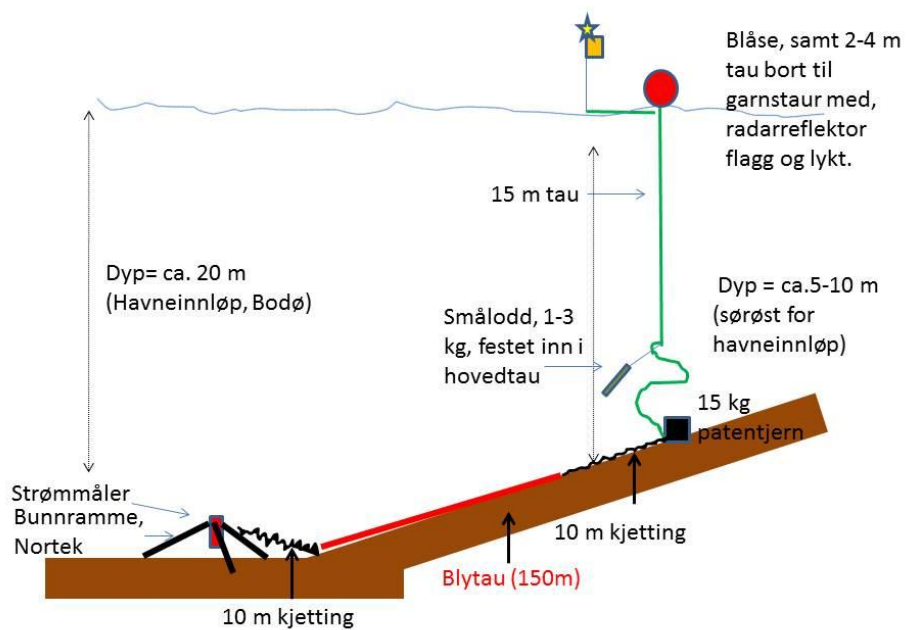
### 2.1 Instrument og målemetode

Det ble brukt en Aquadopp Profiler (profilerende ADCP; Acoustic Doppler Current Profiler, Nortek AS) for innsamling av strømdata (Tabell 1). Måleren ble satt ut 06.10.2014 og tatt opp 17.11.2014. Instrumentet stod på omlag 23 m dyp, én meter over havbunnen (Figur 2).

Ved hjelp av akustiske signaler og doppler-effekten er måleren i stand til å måle strøm i store deler av vannsøylen ovenfor instrumentet. I dette tilfellet ble det målt hastighet hvert 10. minutt. Data fra følgende dyp presenteres her: 6 m, 8 m, 10 m, 12 m, 14 m, 16 m og 18 m. I tillegg til strøm, ble det også målt trykk og temperatur. Disse sensorene var plassert på selve instrumentet og målte kun på instrumentdypet, dvs. ca. 23 m.

*Tabell 1: Oversikt over oppsett for strømmålinger ved innløpet til Bodø havn.*

Lengdegrad	14°21.892'Ø
Breddegrad	67°17.114'N
Måleperiode	06.10.2014 – 7.11.2014
Dybde på måleinstrument	Ca. 23 m (1 m over havbunn)
Måleinstrument	Aquadopp Profiler (Nortek AS)
Måledyp - strøm	6 m, 8 m, 10 m, 12 m, 14 m, 16 m, 18 m
Andre sensorer	Trykk og temperatur
Sampling intervall	10 min



Figur 2. Riggskisse. Strømmåler ble forankret i tripod bunnramme. Derfra gikk det blytau mot Bodø molohode syd for strømmålerposisjon. Tett på molo var opphaler forankret med lodd på havbunn og blåse ved overflaten.

## 2.2 Dataanalyse og visualisering

Strøm varierer både i styrke og retning over tid, og det kan derfor være vanskelig å illustrere alle trekk ved strømbildet i én figur. I kapittel 3 presenteres et utvalg av figurer for å oppsummere hovedtrekkene ved måleresultatene. Noen andre måter å visualisere dataene på er inkludert i Appendiks 1.

Variasjonen i strøm kan skyldes en rekke faktorer som for eksempel vind og ferskvannstilførsel. For å studere disse prosessene i detalj kreves en betydelig mer omfattende undersøkelse enn det som er gjennomført her. Tidevannsstrømmer er imidlertid et regelmessig fenomen som ofte kan estimeres basert på strømmålinger alene, gitt at måleserien er lang nok. I dette prosjektet ble det målt strøm i en drøy måned, noe som er tilstrekkelig for en brukbar analyse av tidevann. Ettersom periodene til de ulike komponentene av tidevannet er kjente, kan man søke systematisk etter dem i måleserien og dermed estimere tidevannets bidrag til variabiliteten i det totale strømbildet. Den vanligste teknikken for å gjøre dette kalles harmonisk analyse. Den harmoniske analysen i denne studien ble utført med programvaren MATLAB og programpakken T-Tide (Pawlowicz et al., 2002). Tidevannsstrømmer i forholdvis grunne områder varierer ofte lite med dypet (barotrop strøm) og tidevannsanalysen er derfor utført for vertikalmidlet strøm, og ikke for hver dybde.

## 3 Resultater

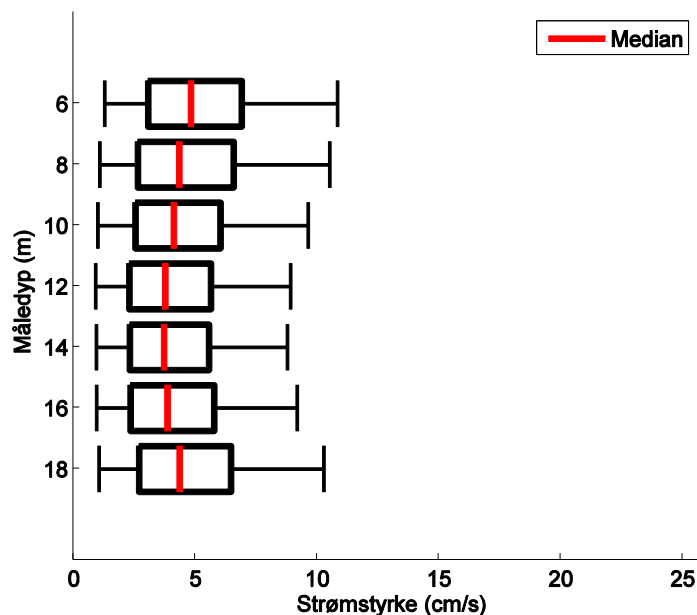
---

### 3.1 Strømstyrke

Et boks-plot over strømstyrke uavhengig av retning for ulike dyp er vist i Figur 3. De røde linjene viser medianen av strømstyrken (dvs. den midterste verdien i strømstyrke når denne er sortert i stigende rekkefølge) ved hvert målepunkt og gir en indikasjon av den mest vanlige strømstyrken under måleperioden. De svarte boksene og «flaggene» i figuren viser fordelingen av strømstyrke og ekstremverdier som forekom i den målte tidsserien, med nærmere forklaring i figurteksten.

Figur 3 illustrerer at det var forholdsvis svak strøm i området i måleperioden. 90% av målingene uavhengig av dyp var svakere enn 11 cm/s, og det ble observert forholdsvis liten variasjon i strømstyrke med dypet. Sterkest strøm ble observert nær overflaten eller i de dypere lagene. På 6 m dyp var 90 % av målingene mellom 1,0 cm/s og 10,9 cm/s (mellom 5-prosentilet og 95-prosentilet i en kumulativ fordeling av strømstyrkene, se også Figur 11 i Appendiks 1). 50 % av målingene på 6 m dyp lå mellom 3,0 cm/s og 6,9 cm/s, og medianen var 4,8 cm/s. På 18 m var 90 % av målingene mellom 1,0 cm/s og 10,2 cm/s, derav lå de 50 % vanligste strømhastighetene mellom 2,6 og 6,4 cm/s. Medianen på dette dypet ble målt til 4,3 cm/s. I midtre delen av vannsøylen (12 m dyp) var 90 % av målingene mellom 0,9 cm/s og 8,9 cm/s. 50 % av målingene på 12 m dyp lå mellom 2,3 cm/s og 5,6 cm/s, og medianen var 3,7 cm/s.

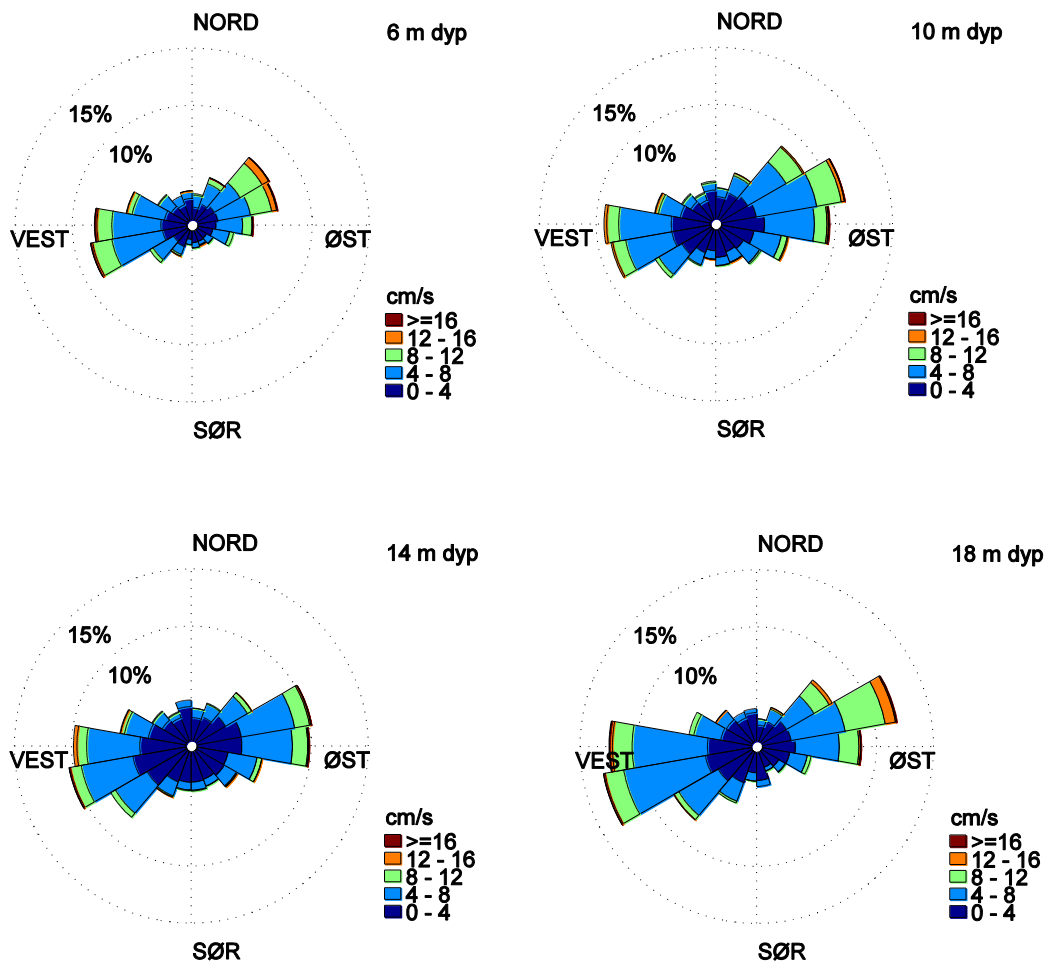
Også strømstyrker høyere enn det som er vist i Figur 3 ble observert i måleperioden, der de høyeste verdiene var opp mot 20 cm/s på det meste (se Figur 9 og Figur 10 i Appendiks 1). Verdier utenfor 95-prosentilet regnes som enkeltstående tilfeller og regnes ikke som normal tilstand for måleperioden. Dersom en antar at resultatene for vår måleperiode er representativ for normaltstanden til strømstyrken for denne lokaliteten (noe vår måleserie er for kort til å kunne fastslå), kan man forvente strømstyrker over 95-prosentilet ved 5 av 100 målinger. Men dette er selvsagt avhengig av vær- og vindforhold på de gitte tidspunktene.



Figur 3. Boks-plot med strømstyrke ved alle måledyp. Den svarte boksen viser spennet i strømstyrke mellom 25-prosentil til 75-prosentil, dvs. at den inkluderer 50 % av alle målingene. Den røde linja viser medianen, dvs. den midterste verdien i strømstyrke sortert i stigende rekkefølge. De svarte horisontale linjene viser 5-prosentil og 95-prosentil, dvs. at 90 % av alle målingene ligger innenfor disse linjene.

### 3.2 Strømretning

Retningsfordelingen til strømmen er vist i Figur 4. Fire dyp er valgt ut for å vise variabilitet med dypet i vannsøylen: topplaget (6 m), midtre deler av vannsøylen (10 m og 14 m) og nær bunnen (18 m). To dominerende strømretninger ble observert for hele vannsøylen. I hovedsak skiftet strømretningen mellom øst-nordøst og vest-sørvest. Noe mer retningsbestemte hastigheter ble observert på 18 m dyp i forhold til høyere opp i vannsøylen hvor strømmen varierte noe mer i retning. Dette vises også igjen i variansellipsene i Figur 8. Nettostrømmen i måleperioden var under 1 cm/s for alle dyp.

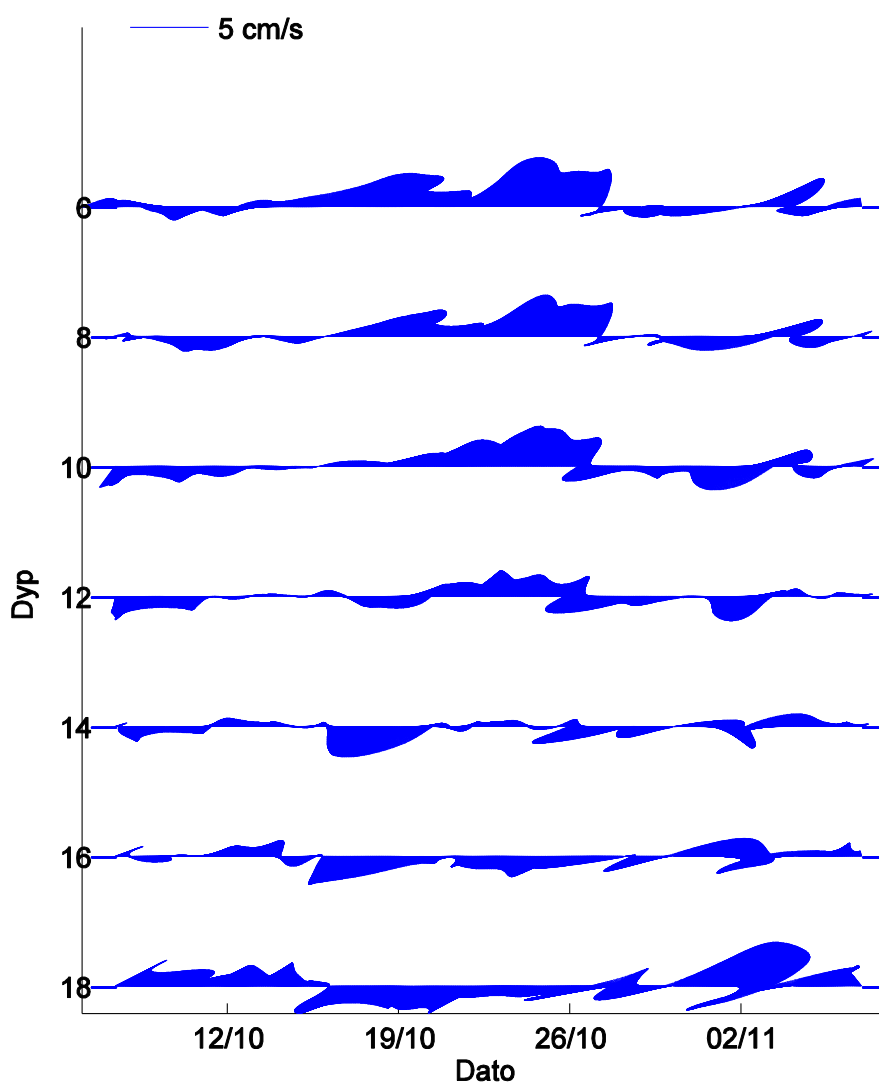


Figur 4. Retnings- og strømstyrkefordeling. Total lengden på sektorene indikerer andel målinger (%) i respektive retninger i løpet av måleperioden. Lengden på hvert fargesegment i hver sektor bestemmer videre den relative andelen av målinger med korresponderende strømstyrke (se fargeskala). For eksempel, jo mer lyseblå farge i en sektor, desto mer strøm med styrke 4 cm/s – 8 cm/s i den retningen. Representert i figuren er 6 m, 10 m, 14 m og 18 m dyp.



### 3.3 Variabilitet

Tidsserier med døgnet midlet strømhastighet for de ulike måledypene er vist i Figur 5. Midlingen er benyttet for å visuelt gi et bedre bilde av variabiliteten strømfeltet fra dag til dag. Dette gir et inntrykk av bakgrunns-strømmen i området når tidevann og andre høyfrekvente signaler er «tatt vekk». I hovedtrekk ser vi et skille i strømrretningen rundt 12-14 m dyp. Strømmen over og under dette dypet har ofte motsatt strømrretning, men begge steder er det forholdsvis lave hastigheter på under 5 cm/s (se skalert lengde på strømlinjen øverst til venstre i Figur 5). Som vist i Figur 3 er strømmstyrkene nær overflaten og nær bunn i lignende størrelsesforhold mens noe svakere strøm var observert i midtre deler av vannsøylen (12m – 14 m).



Figur 5. Døgnet midlet strømhastighet i alle dyp i løpet av måleperioden. De blå pilene viser strømmstyrke og retning gjennom tidsserien, der nord er oppover, sør nedover, øst mot høyre og vest mot venstre. Lengden tilsvarende en strømhastighet på 5 cm/s er vist med linjen øverst i figuren. Dataserien er glattet med 1 dags løpende midling for bedre visualisering av strømmønsteret på tidsskala over 24 timer.

### 3.4 Tidevannsstrøm og reststrøm

For å skille ut tidevannskomponenten av strømmen ble det foretatt en harmonisk analyse av vertikalmidlet strøm (Figur 7 og Figur 8).

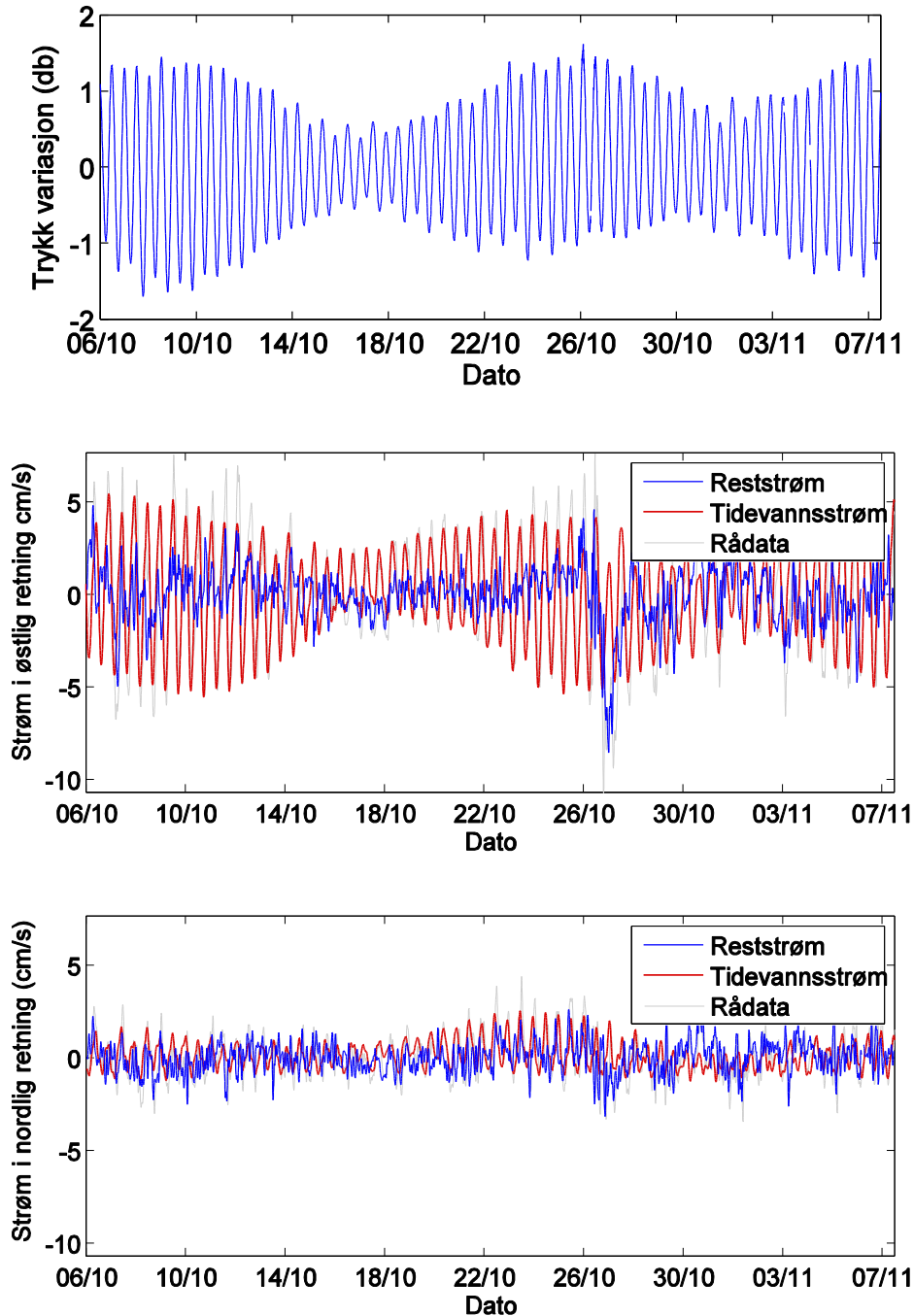
Strømhastigheten ble først midlet over to timer for å fjerne målestøy fra tidsserien før analysen ble utført. Resultatene fra den harmoniske analysen ble brukt til å reprodusere tidevannsbidraget i måleserien ved hjelp av en tidevannsmodell (t\_tide, Pawlowicz, 2002). Den målte trykkvariasjonen og resultatet av tidevannsanalysen er vist i Figur 7.

Den øverste kurven i Figur 7 viser variasjonen i trykket (middelverdien er trukket fra) som målt på instrumentet. Trykket bestemmes i hovedsak av tyngden av vannet over måleinstrumentet. Ettersom vannstanden fortrinnsvis varierer med tidevannet, gir trykkmålingene en god indikasjon på tidevannsvariasjon i området.

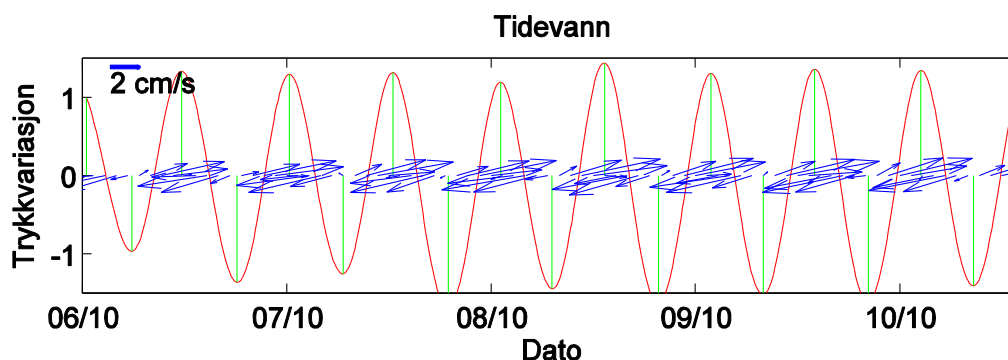
Tidevannssignalet i trykkmålingene var tydelig med flo og fjære ca. to ganger per dag (halvdaglig), i tillegg til en halvmånedlig variasjon i amplituden til flo/fjære. Dette er et vanlig variasjonsmønster i Nord-Norge. Det ble også estimert en tidevannskomponent i strømmen på lokaliteten (vist ved rød kurve). En markant tidevannskomponent ble observert i øst-vest retning. Denne reflekterer variasjonsmønsteret i trykkmålingene med både halvdaglige og halvmånedlige svingninger. I nord-sør retning på den andre siden var tidevannssignalet nesten neglisjerbart, med kun en svak daglig komponent. For vertikalt midlet strøm (Figur 7) var maksimal tidevannsstrøm 5,6 cm/s og gjennomsnittlig tidevannsstrøm 2,2 cm/s. Tidevannsstrømmen var hovedsakelig rettet mot øst-nordøst på stigende vannstand og mot vest-sørvest på synkende vannstand. Det er viktig å notere seg at tidevannskomponentene er estimert fra en tidevannsmodell og ikke reelle målinger.

Reststrømmen i måleperioden varierte mye i styrke og retning. Maksimal styrke på reststrømmen var 10,7 cm/s, men så høye verdier var forholdsvis sjelden. Reststrømmen var vanligvis svakere enn tidevannsstrømmen og hadde en middelverdi på 1,8 cm/s.

Den mest dominerende komponenten av tidevann var i øst-vest retning og kunne forklare 58 % av variasjonen i denne retningen. I nord-sør retning var tidevannskomponenten vesentlig svakere og kunne forklare 25 % av den totale variasjonen i denne retningen.



Figur 6. Trykkvariasjon (øverst) og estimert tidevannsstrøm og reststrøm (midten og nederst). Tidevannsanalysen er basert på vertikalmidlet strøm og er dekomponert i strøm mot øst (midten) og strøm mot nord (nederst). Hastighetstidsseriene er midlet med to timers løpende midling. Negative verdier indikerer strøm mot vest og sør. Den røde kurven viser estimert tidevannsstrøm, og den blå kurven viser reststrømmen (strømhastighet som ikke kan forklares ved tidevannskrefter). Den totale strømmen er summen av tidevannsstrømmen og reststrømmen (rådata, i grått).



Figur 7. Estimert tidevannsstrøm fra 5 dager i oktober 2014. Blå piler viser retning og styrke til estimert tidevannsstrøm. Resultatet er basert på harmonisk analyse av vertikalmidlet strøm. Den røde kurven viser variasjonen i trykket som ble målt av trykksensoren på strømmålerinstrumentet. Middelerdien er trukket fra slik at kurven varierer rundt null. Dette er en god approksimasjon på vannstandsvariasjonen. De grønne vertikale linjene markerer tidspunkt for flo og fjære.

### 3.4.1 Variansellipser for strømkomponenter på lokaliteten

For å tydeliggjøre variabiliteten i strømmen og derav tidevannet sitt bidrag vises det variansellipser og middelstrømvektor for ulike dyp på lokaliteten (se Appendiks 2 for utregning av variansellipse). I Figur 8 er det plottet opp variansellipser for totalstrøm og delkomponentene av strømmen (tidevann og reststrøm) for 6 m, 10 m, 14 m og 18 m dyp. Her er tidevannsbidraget estimert for hvert enkelt dyp.

Variansellipsene viser ett standardavvik av variabiliteten, både i retning og størrelse. Den svarte tykke ellipsen er estimert fra det totale strømbildet, den blå ellipsen er estimert fra reststrømmen og den grønne ellipsen er estimert fra tidevannpredikasjonen for måleserien. Denne grønne ellipsen må ikke forveksles med tidevansellipser som det er vanlig å plote for de forskjellige tidevannskonstituentene. Dette er en ellipse som viser variansen forårsaket av tidevannsstrøm hvor alle tidevannskonstituentene bidrar. Forholdet og retningene mellom de tre ellipsene gir et godt inntrykk av hvilke komponenter som er dominerende i strømbildet på den respektive lokaliteten.

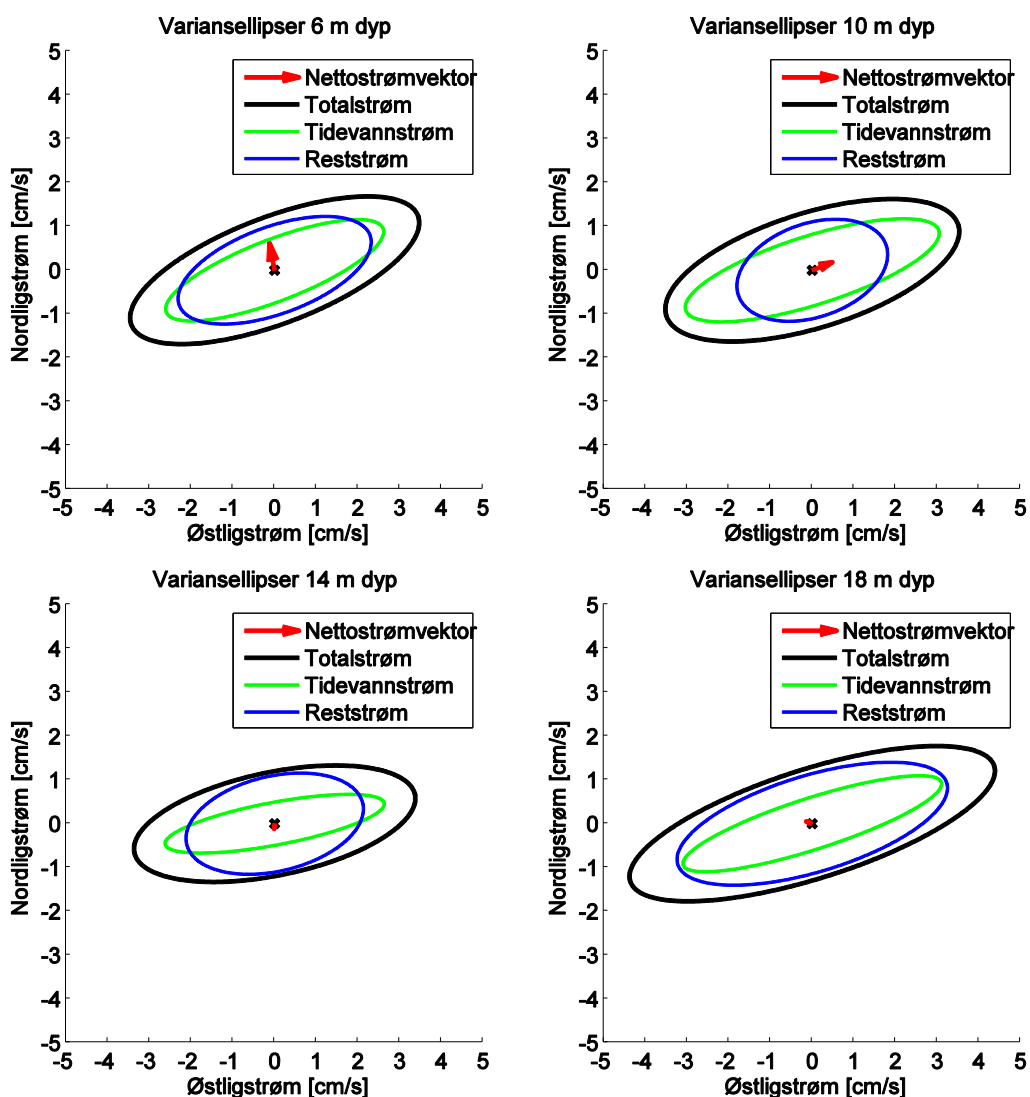
Dersom en variansellipse er liten i forhold til middelstrømvektoren, vil strømmen på ulike tidspunkter avvike lite fra middelstrømvektoren. I andre tilfeller, for eksempel i områder med sterk strøm og sterkt skiftende strømretning, vil variansellipsen være stor i forhold til middelstrømvektoren, og middelstrømvektoren er da generelt ikke representativ for strømmen på et gitt tidspunkt.

Det er ikke bare størrelsen på ellipsen som forteller noe om strømbildet; formen og orienteringen er også viktig. Dersom ellipsen er nesten helt rund betyr dette at avviket fra middelstrømvektoren på et gitt tidspunkt kan være i hvilken som helst retning. På den andre siden, dersom en ellipse er smal viser orienteringen til ellipsen hvilke retninger avviket fra middelstrømvektoren sannsynligvis vil ha.

Figur 8 viser at variabiliteten for alle dyp er stor sammenlignet med middelstrømmen på lokaliteten. Hovedretningen på ellipsene og variabiliteten i strømmen er i øst-nordøstlig og vest-sørvestlig retning. De forholdsvis breie ellipsene viser imidlertid at der tidvis også var en

del strøm i de andre retningene. Den lille middelstrømvektoren sammenlignet med variansellipsen på de ulike dypene viser at det var lite nettostrøm i måleperioden.

Tidevannsbidraget har en retningsbestemt strøm i samme retning som totalstrømmen. Størrelsen på tidevannsgenerert strøm er på lignende størrelse som reststrømmen. I østlig retning kan tidevannsbidraget forklare mellom 40- 58 % av variasjonen i strømmen (avhengig av dyp) mens i nordlig retning kun 16-40 % av variasjonen i strømmen. Grunnen til at disse tallene varierer med dypet er ytre påvirkninger. Nær bunn vil topografi og friksjon i havbunnen ha en innflytelse på strømforhold mens nær overflaten vil for eksempel vind og vær være med å påvirke strømmen.



Figur 8 Variansellipse for totalstrøm (svart linje), reststrøm (blå linje) og tidevannsstrøm (grønn linje) fra måleseriene på 6, 10, 14 og 18 m dyp. Variansellipsen viser størrelsen av ett standardavvik av variansen, både i retning og størrelse, for de ulike komponentene. Den røde pilen i senteret til variansellipsen viser nettostrøm for måleperioden.

## 4 Diskusjon og oppsummering

---

En rekke faktorer er med på å bestemme strømbildet i et område. Strømmen på et gitt sted vil til enhver tid påvirkes av ulike drivkrefter der noen opptrer regelmessig mens andre er uregelmessige. Strømmer påvirkes blant annet av vannstandsvariasjoner på grunn av tidevann, ferskvannstilførsel, vind, topografi, og potensielt også storskala sirkulasjon i det større området som målelokaliteten er en del av. Sirkulasjonen i kystnære områder kan derfor være komplisert og ofte svært variabel, både i tid og rom.

Lokaliteten ved målingen ved Bodø havn er omtrent midt i et innsnevret innløp til havnen. Det blei målt forholdsvis lite strøm i området. 90 % av målingene hadde strømstyrke på under 10 cm/s og nettostrømmen var under 1 cm/s for alle dyp. Sterkest strøm så man nær overflaten (6 m) og nærme bunn, her var medianen i strømstyrken henholdsvis 4,8 cm/s og 4,3 cm/s. Svakest strømstyrke så man ved 12 m til 14 m dyp, her var medianen 3,7 cm/s. I midtre deler av vannsøylen kunne man også se et skifte i strøm retning. På tidsskala lenger enn et døgn kunne man se at ved strøm i øst-nordøstlig retning i de øverste lagene av vannsøylen var det ofte en korresponderende strøm i vest-sørvestlig retning i de dypere lagene og omvendt (se Figur 5).

Tidevannsstrømmen var dominerende i øst-vest retning hvor den kan forklare 58% av variabiliteten, mens i nordlig retning var den nesten neglisjerbar. Maks tidevannsstrøm ble estimert til 5,6 cm/s.

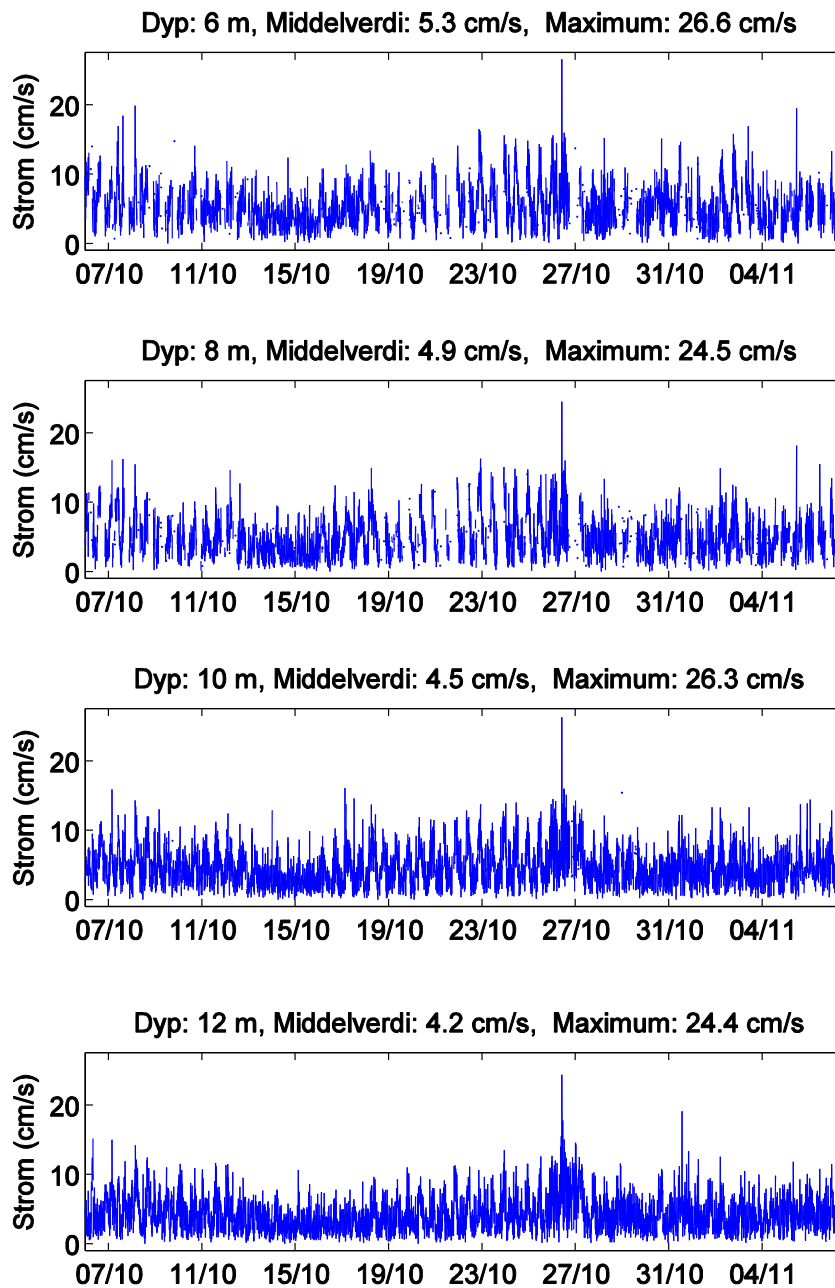
## 5 Referanser

---

**Pawlowicz, R., B. Beardsley, and S. Lentz**, "Classical Tidal "Harmonic Analysis Including Error Estimates in MATLAB using t\_tide", Computers and Geosciences, 28, 929-937 (2002).

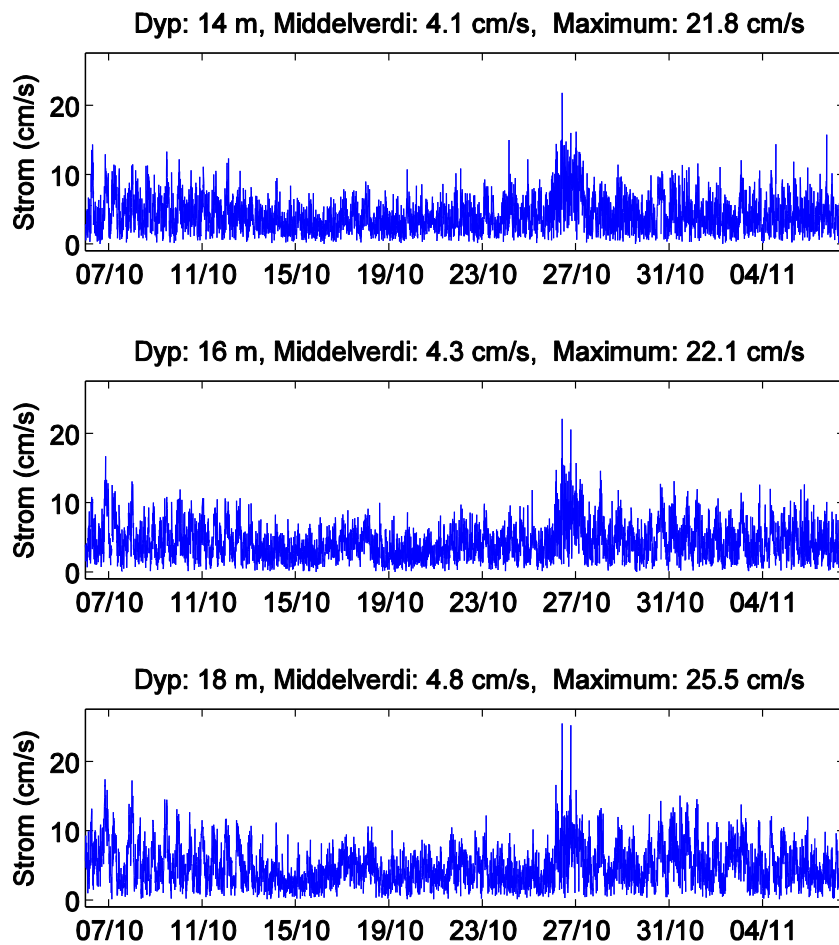
# Appendiks 1

---

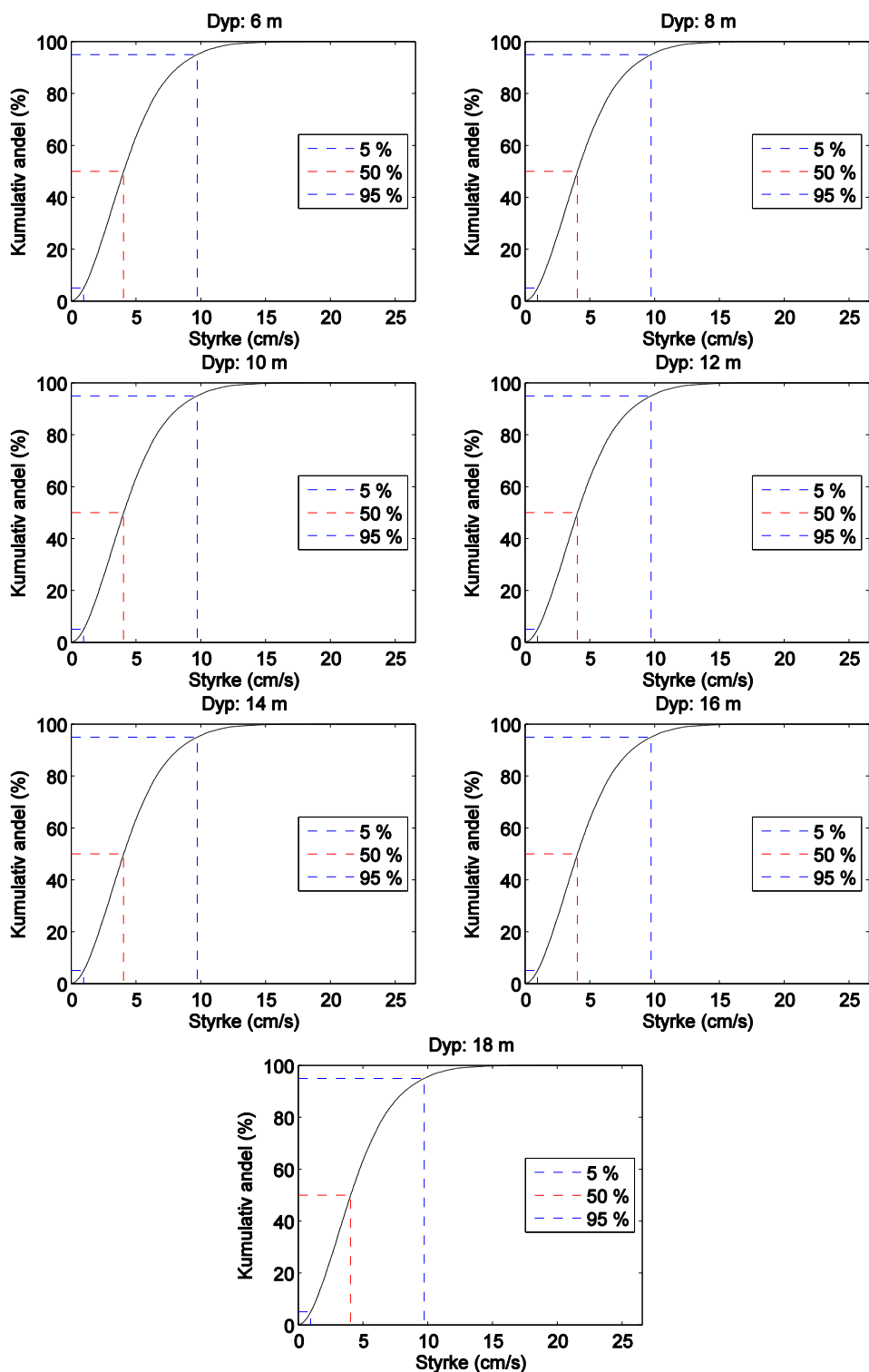


Figur 9. Strømmålinger uavhengig av retning på dyp 6 m, 8 m, 10 m og 12 m. Dyp, middelveidi, samt maksimumsstrøm er gitt over hver figur.

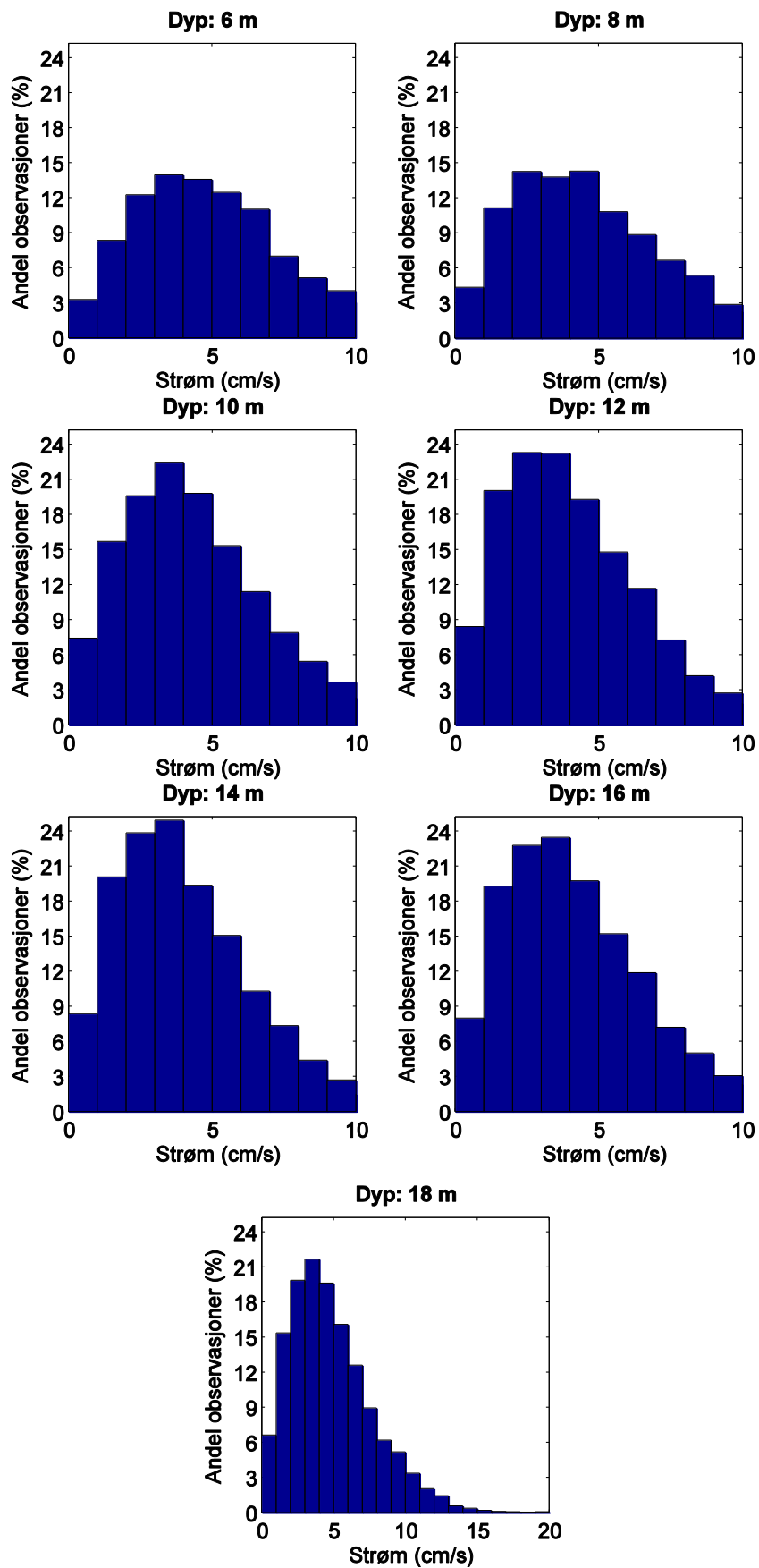




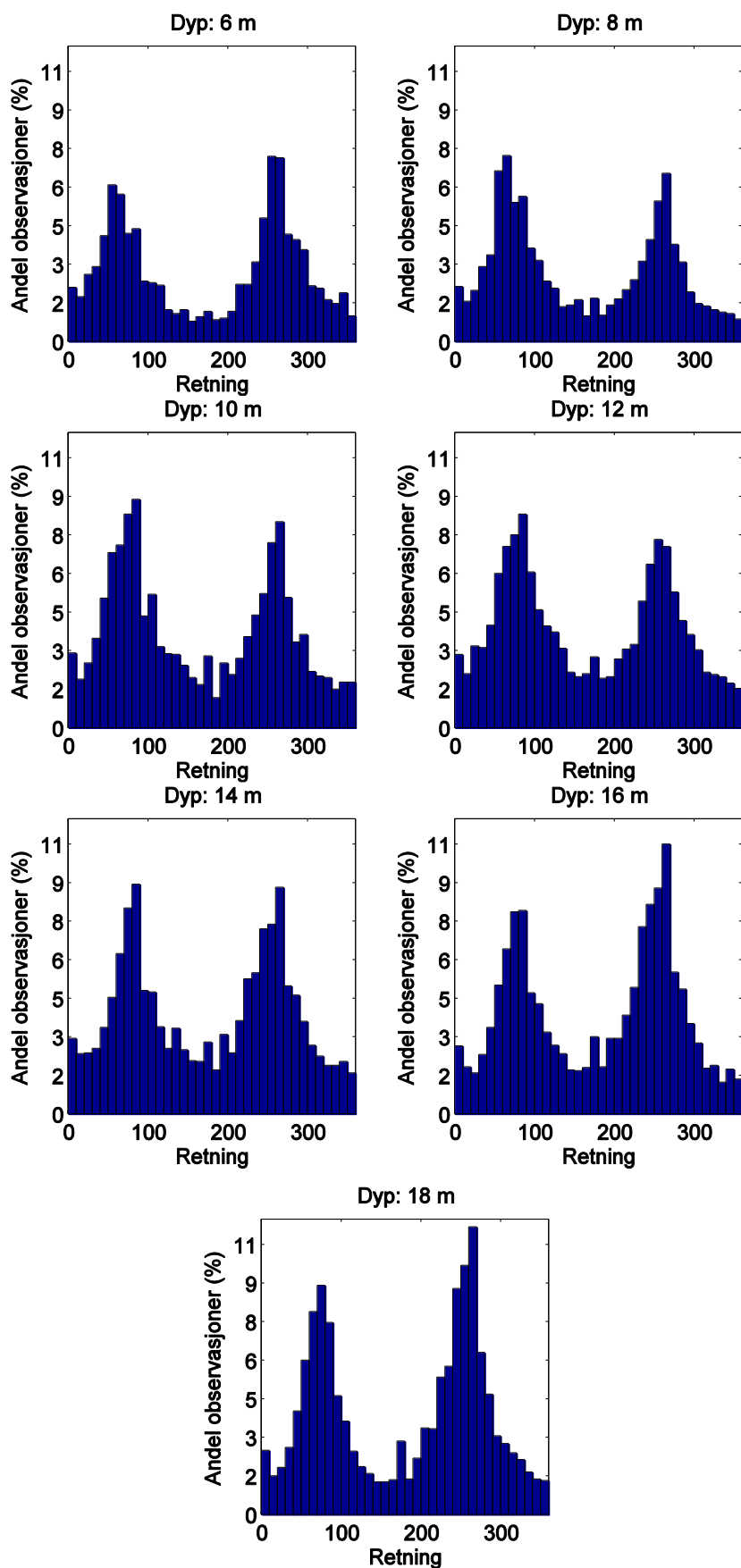
Figur 10. Samme som Figur 9 bare for dyp 14 m, 16 m og 18 m



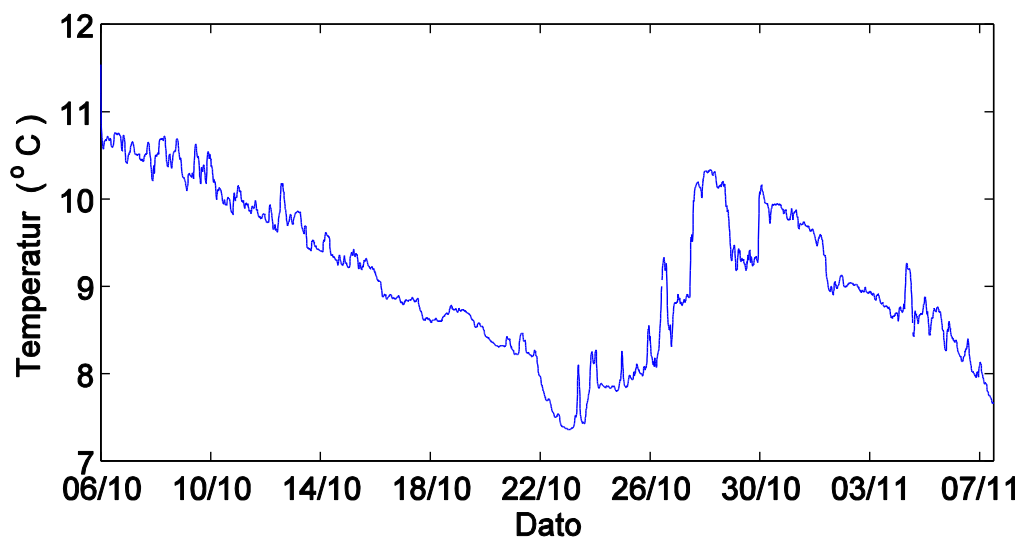
Figur 11. Prosentvis kumulativ fordeling av strømstyrke for alle dyp. Stiplet rød linje markerer 50 % grensen (50 % av strømmålingene var lavere enn denne verdien). Nedre stiplet blå linje markerer 5 % grensen og øverstiplet blå linje markerer 95 % linjen (disse verdiene samsvarer med de brukt i Figur 3).



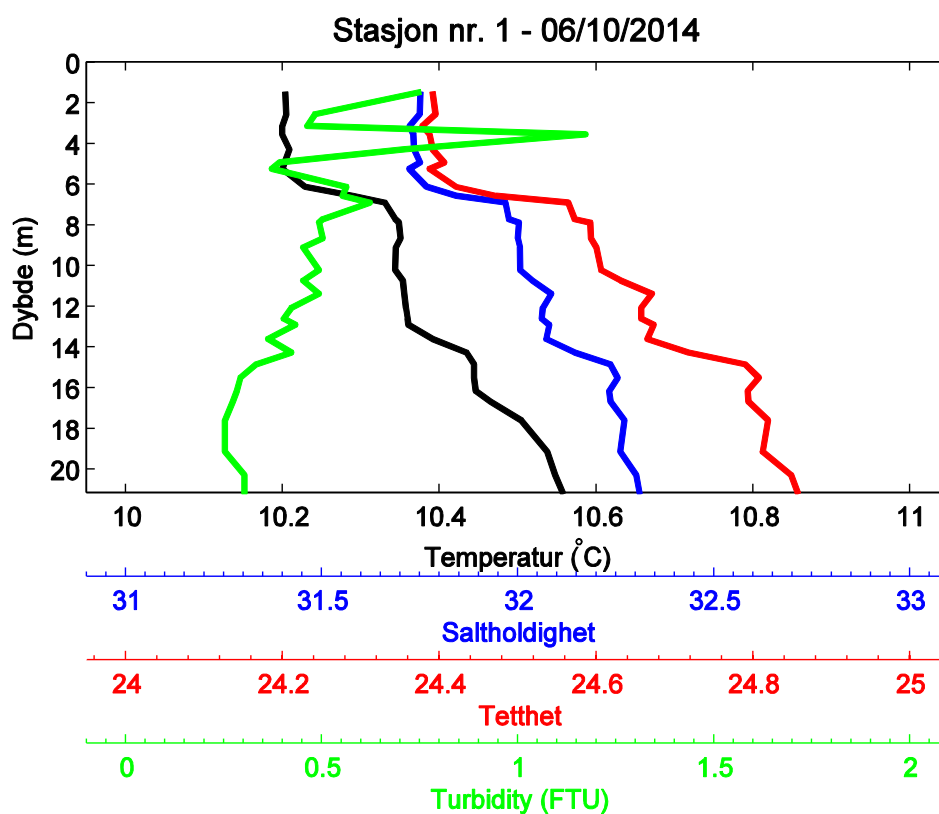
Figur 12. Histogram med fordeling av strømstyrke for dyp 6 m, 8 m, 10 m, 12 m, 14 m, 16 m og 18 m.



Figur 13. Histogram med fordeling av strømrctning for dyp 6 m, 8 m, 10 m, 12 m, 14 m, 16 m og 18 m.



Figur 14. Temperatur i måleperioden. Temperatursensoren var montert på instrumentet og målte på ca. 25 m dyp.



Figur 15. Vertikalprofiler av temperatur, saltholdighet, tetthet (sigma-t) og turbiditet (målt i FTU). Målingene ble utført på posisjonen til strømmålerriggen 6.10.2014 (dato for utsett av strømrigg).

## Appendiks 2

---

### Matematisk utregning av variansellipser

Variansellipsen ble beregnet ved hjelp av ligningene 1.1 – 1.4, og kovarians-matrisen til de to hastighetskomponentene  $u$  og  $v$ .

$$\text{cov}(u, v) = \begin{bmatrix} \sigma_u^2 & C_{vu} \\ C_{uv} & \sigma_v^2 \end{bmatrix} \quad (1.1)$$

$$\varphi = \frac{1}{2} \left( \tan^{-1} \left( \frac{\sigma_u^2 - \sigma_v^2}{2 + C_{uv}} \right) + \frac{\pi}{2} \left( \frac{\sigma_u^2 - \sigma_v^2}{|\sigma_u^2 - \sigma_v^2|} \right) \left( 1 - \frac{2 + C_{uv}}{|2 + C_{uv}|} \right) \right) \quad (1.2)$$

$$a = \sigma_u^2 \cos^2(\varphi) + C_{uv} \sin(2\varphi) + \sigma_v^2 \cos^2(\varphi) \quad (1.3)$$

$$b = \sigma_u^2 \cos^2 \left( \varphi + \frac{\pi}{2} \right) + C_{uv} \sin \left( 2 \left( \varphi + \frac{\pi}{2} \right) \right) + \sigma_v^2 \cos^2 \left( \varphi + \frac{\pi}{2} \right) \quad (1.4)$$

$\sigma_u^2$  og  $\sigma_v^2$  er variansen til henholdsvis  $u$  og  $v$ ,  $C_{uv}$  er kovariansen til  $u$  og  $v$ ,  $\varphi$  er vinkelen mellom x-aksen ( $u$ -retning) og retning hvor man finner maks varians i hastighetsdataene.  $a$  og  $b$  er lengdene til halvaksene i variansellipsen,  $a$  er lengden til halve hovedaksen og  $b$  er lengden på korteste halvakse.

RAPPORT

# Kystverket Innseiling Bodø del 2

Kystsaksnr: 2014/2084

---

OPPDRAAGSGIVER

Kystverket

EMNE

Vurdering av sjøbunnsdeponi

DATO / REVISJON: 9. mai 2017 / 00

DOKUMENTKODE: 713775-RIGm-RAP-002

---



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Tredjepart har ikke rett til å anvende rapporten eller deler av denne uten Multiconsults skriftlige samtykke.

Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.



## RAPPORT

OPPDRAG	<b>Kystverket Innseiling Bodø del 2</b>	DOKUMENTKODE	713775-RIGm-RAP-002
EMNE	Vurdering av sjøbunnsdeponi	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	<b>Kystverket</b>	OPPDRAGSLEDER	Iselin Johnsen
KONTAKTPERSON	Jan Arild Jensen	UTARBEIDET AV	Iselin Johnsen
KOORDINATER	SONE: 33 ØST: 472924 NORD: 7463378	ANSVARLIG ENHET	4013 Tromsø Miljøgeologi
GNR./BNR./SNR.	Bodø kommune		

## SAMMENDRAG

Kystverket planlegger utdyping i Bodø havn. Forurensede mudringsmasser vil bli lagt i strandkantdeponi, mens rene mudringsmasser ønskes lagt i sjødeponi. Multiconsult ASA er i den forbindelse engasjert til å foreta vurderinger av tre alternative sjødeponi:

- Bodø havn, dypområde på inntil 24 m vanndybde like øst for moloene ved innseilinga til havna.
- Øst for Flatskjæran, ca. 12 km nordvest for Bodø havn. Vanndybde inntil 76 m.
- Øst for Store Kvitingen, ca. 9 km nordvest for Bodø havn. Vanndybde inntil 68 m.

Det er utført strømmålinger, ROV-undersøkelser, prøvetaking med kjemisk analyse og korngradering av sedimenter i alle de tre aktuelle områdene for sjøbunnsdeponi.

Basert på en helhetsvurdering er sjødeponialternativet i Bodø havn vurdert som det best egnede alternativet da denne lokaliteten er nærmest mudringsområdet, minst sårbar mht. naturmangfold og naturmiljø, lavest gjennomsnittsstrøm og lavest potensiale for spredning av mudringsmasser forbi deponiområdet.

Kystverket ønsker å utnytte de rene mudringsmassene til å tildekke forurenset areal i dypområdet i Bodø havn. Tildekking av forurenset sjøbunn vil kunne bidra positivt til Vanddirektivets mål om forbedre den økologiske og kjemiske tilstanden i vannforekomsten innen 2021.

Ved tildekking av forurenset sjøbunn skal tildekkingsmassene karakteriseres iht. Miljødirektoratet veileder «Testprogram for tildekkingsmasser». Mudringsmassene fra utdypingsprosjektet i Bodø havn tilfredsstillere ikke alle krav til tildekkingsmasser iht. tildekkingsveilederen. Dette gjelder krav om filteregenskaper og sikkerhet mot erosjon. For å hindre oppvirvling og erosjon (strøm og skipstrafikk) av dumpede sedimenter på sjøbunnen må det etableres et lag av erosjonsbestandige masser over mudringsmassene.

Før mudrings- og eventuelt dumpingsarbeid kan igangsettes, må det foreligge tillatelse fra forurensningsmyndigheten, i dette tilfellet Fylkesmannen i Nordland, miljøvernavdelingen.

00	09.05.2017	Vurdering sjødeponi	Iselin Johnsen	Juni Vaardal-Lunde/Elin O. Kramvik	Elin O. Kramvik
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

**INNHOLDSFORTEGNELSE**

<b>1</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Bodø havn .....</b>	<b>6</b>
	2.1 Områdebeskrivelse .....	6
	2.2 Forurensningssituasjon .....	6
	2.3 Strømmålinger .....	7
	2.4 Vurdering av naturmangfold og vannforekomsten.....	7
<b>3</b>	<b>Flatskjæran .....</b>	<b>7</b>
	3.1 Områdebeskrivelse .....	7
	3.2 Forurensningssituasjon .....	7
	3.3 Strømmålinger .....	7
	3.4 Vurdering av naturmangfold og vannforekomsten.....	9
<b>4</b>	<b>Store Kvitingen .....</b>	<b>9</b>
	4.1 Områdebeskrivelse .....	9
	4.2 Forurensningssituasjon .....	9
	4.3 Strømmålinger .....	10
	4.4 Vurdering av naturmangfold og vannforekomsten.....	11
<b>5</b>	<b>Spredningsvurdering.....</b>	<b>12</b>
	5.1 Kornfordeling av mudringsmasser .....	12
	5.2 Synkehastighet til suspendert materiale .....	13
	5.3 Strømdata .....	13
	5.4 Resultat .....	14
	5.5 Konklusjon .....	16
<b>6</b>	<b>Karakterisering av tildekkingsmateriale .....</b>	<b>16</b>
	6.1 Fysiske egenskaper .....	16
	6.2 Kjemiske egenskaper .....	18
	6.3 Stedsspesifikk vurdering basert på fysiske egenskaper .....	18
<b>7</b>	<b>Konklusjon.....</b>	<b>19</b>
<b>8</b>	<b>Referanseliste.....</b>	<b>20</b>

## 1 Innledning

Kystverket planlegger mudring av ca. 180 000 m<sup>3</sup> i forbindelse med utdyping av Bodø havn. Ca. 140 000 m<sup>3</sup> av disse massene er vurdert å være rene. Det er planlagt å deponere forurensede og deler av de rene massene i et strandkantdeponi. Rene overskuddsmasser fra mudringen ønskes lagt i sjødeponi.

Multiconsult er engasjert av Kystverket for å vurdere tre alternative sjødeponi for de rene massene:

- Bodø havn, dypområde like øst for moloene ved innseilingen til havna.
- Flatskjæran, ca. 12 km nordvest for Bodø havn.
- Store Kvitingen, ca. 9 km nordvest for Bodø havn.

Beliggenheten til de aktuelle områdene for sjødeponi- er vist i Figur 1-1.



Figur 1-1: Oversikt lokalisering deponialternativ sjødeponi

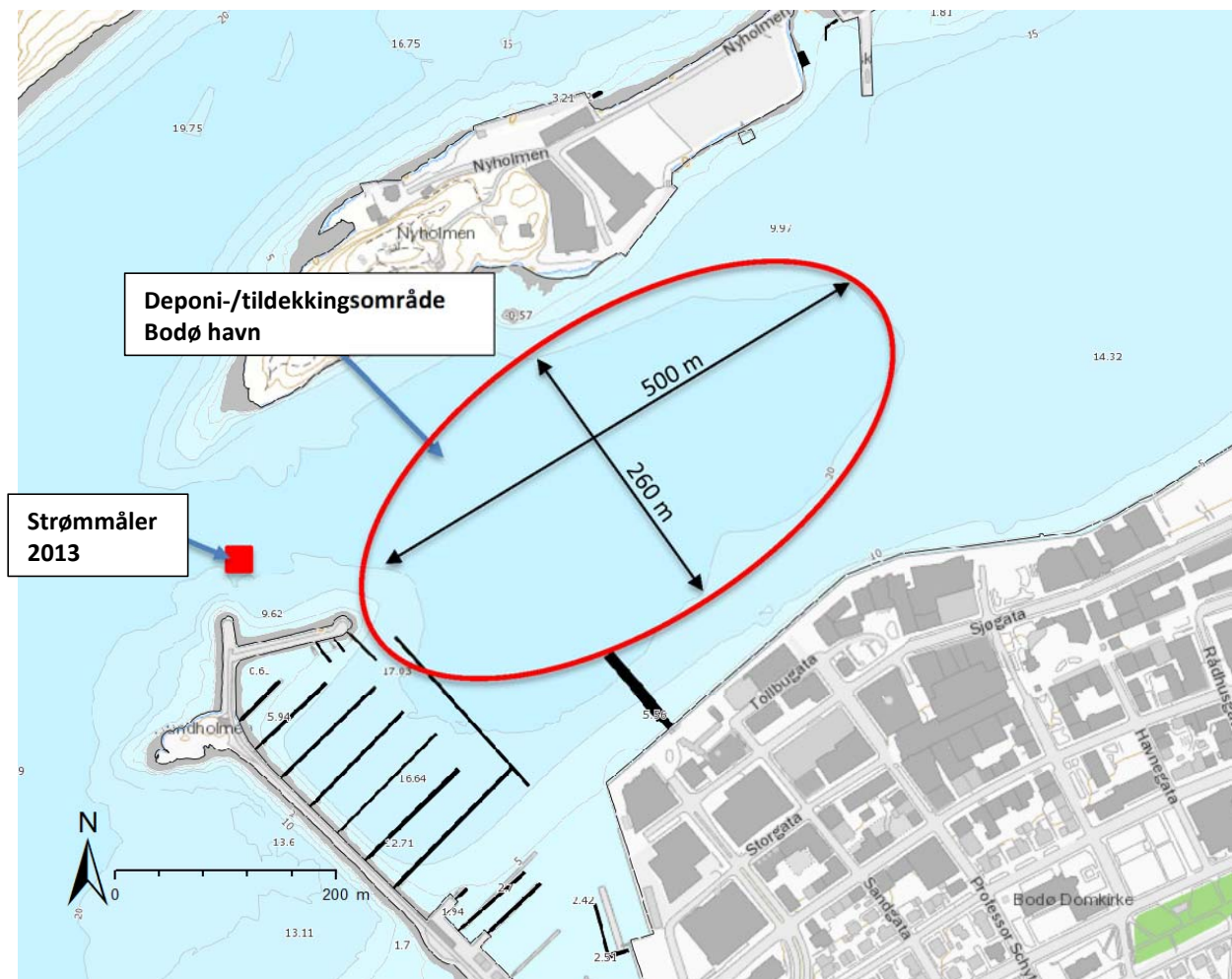
Det er utført strømmålinger [1], [2], ROV-undersøkelser [3] og prøvetaking av bunnsedimenter [4] i alle de tre alternative sjøbunnsdeponiområdene.

I det etterfølgende er det gjort vurderinger av egnetheten til hver enkelt lokalitet.

## 2 Bodø havn

### 2.1 Områdebeskrivelse

Det aktuelle dumpingsområdet i Bodø havn utgjør et område på ca. 130 000 m<sup>2</sup> med vanddybde >20 m innenfor moloen, se Figur 2-1.



Figur 2-1: Aktuelt dypområde i Bodø havn som ønskes tildekket av rene mudringsmasser.

Ut ifra sjøbunnskart faller sjøbunnen slakt fra land på begge sider av havna og mot dypområdet i Bodø havn. Det aktuelle deponiområdet utgjør derfor ingen markert forsenkning på sjøbunnen.

Bunnen i området består primært av løs mudderbunn som lett virvles opp. ROV-undersøkelsene [3] avdekket en del søppel i havna, jevnt fordelt, med økning inn mot kaier. Det ble observert mye tauverk og gamle fortøyninger mot dagens småbåthavn/flytebygger i sør. Mot Nyholmen ble det observert bergbunn med steiner, og lite marine vekster. Det ble ikke registrert funn av marinarkeologisk interesse.

### 2.2 Forurensnings situasjon

Det er tidligere utført miljøtekniske undersøkelser av sjøbunnsedimentene i dette området [11], og miljøtilstanden til sjøbunnsedimentene er klassifisert som dårlig (tilstandsklasse IV) for kobber og PAH-forbindelser og svært dårlig (tilstandsklasse V) for TBT. Kystverket ønsker derfor å utnytte deler av de

rene mudringsmassene fra utdypingen i Bodø havn til å dekke over den forurensede sjøbunnen i dypområdet.

### 2.3 Strømmålinger

Akvaplan-niva gjennomførte i 2014 strømmålinger ved innløpet til Bodø havn [1]. Plassering av strømmåleren (23 m vanndybde) er vist på Figur 2-1.

Det ble observert en forholdsvis svak strøm som varierte hovedsakelig mellom øst-nordøst og vest-sørvest i måleperioden. Medianen til strømstyrken var 4,8 cm/s nær overflaten (6 m), 4,3 cm/s nær bunnen (18 m) og 3,7 cm/s i midtre del av vannsøylen (12 m). 90 % av alle målingene hadde strømstyrke på under 10 cm/s. Nettostrømmen var under 1 cm/s for alle dyp. Svakest strømstyrke ble registrert ved 12 m til 14 m hvor det også ble registrert et skifte i strømretning.

Tidevannsstrømmen var dominerende i øst-vest retning hvor den kan forklare 58 % av variabiliteten, men den i nordlig retning var veldig liten. Maksimal tidevannsstrøm ble estimert til 5,6 cm/s.

### 2.4 Vurdering av naturmangfold og vannforekomsten

Det er ikke registrert viktige naturtyper i det aktuelle tildekkingsområdet inne i Bodø havn. Registreringer under ROV-filmingen tyder på at sjøbunnen består av en rekke forurensningstolerante opportunistiske arter. Deponering av rene mudringsmasser inne i Bodø havns havnebasseng vil derfor være det best egnede alternativet mht. negative effekter på naturverdier.

Bodø havn er den del av vannområdet Skjerstadvjorden, og er i databasen Vann-nett (ID 0363011200-2-C) kategorisert som en svært modifisert vannforekomst. Økologisk tilstand er antatt svært dårlig, og sedimentene er sterkt til moderat forurenset av blant annet TBT, kobber og ulike PAH-forbindelser. Det generelle målet er at alle vannforekomster skal oppnå god økologisk og god kjemisk tilstand innen 2021. Tildekking av forurensede områder vil ikke forverre den kjemiske eller økologiske tilstanden for denne delen av havna, men heller bidra til forbedring av tilstanden.

## 3 Flatskjæran

### 3.1 Områdebeskrivelse

Det aktuelle deponiområdet øst for Flatskjæran utgjør en forsenkning på sjøbunnen, se Figur 3-1 og Figur 3-2. Vanndybden er målt til inntil 76 m.

Bunnen i området består av skjellsand iblandet mindre steiner. ROV-filmingen registrerte lite marine planter/tang. Ytterkanten av området bestod for det meste av berg, med en bratt helning i den sørlige kanten. Det ble ikke registrert funn av marinarkeologisk interesse [3].

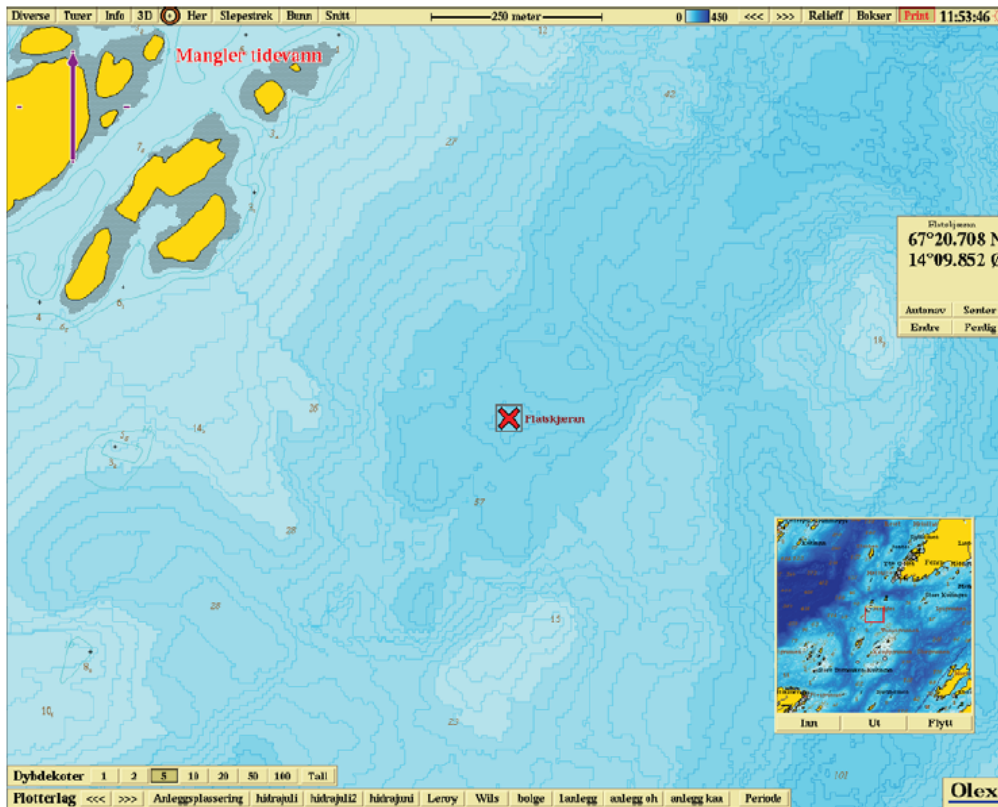
### 3.2 Forurensningssituasjon

Miljøtekniske undersøkelser av sjøbunnsedimenter i dette området [4] viser at miljøtilstanden til overflatesedimentene er klassifisert som god (tilstandsklasse II). Det er heller ikke mistanke om forurenset sjøbunn i dette området.

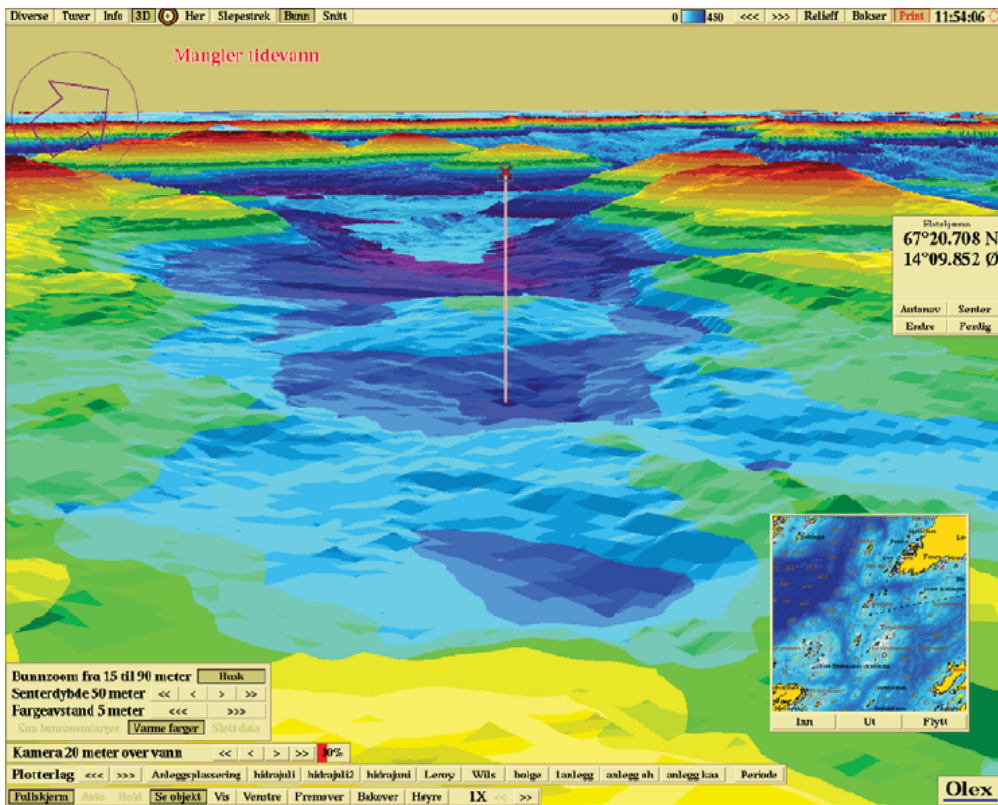
### 3.3 Strømmålinger

I perioden 04.10.2016 til 07.11.2016 gjennomførte Multiconsult strømmålinger øst for Flatskjæran [2]. Plassering av strømmålerne er vist i Figur 3-1 og Figur 3-2.





Figur 3-1: Lokalitet for strømmåling, øst for Flatskjæran. Målepunktet er merket med rødt kryss. Dybdekotene har 5 m intervall.



Figur 3-2: 3D modell av lokalitet øst for Flatskjæran. Målepunktet for strømmålinger er merket med rødt kryss. Farget område er fra 15 m til 90 m dybde med fargeavstand på 5 m.

Tabell 3-1 viser målt gjennomsnittsstrøm, maksimalstrøm og retning til maksimalstrøm øst for Flatskjæran. Gjennomsnittsstrømmen varierer fra 11 cm/s ved 5 m til ca. 3 cm/s på bunnen, ved 76 m dybde. Strømmens hovedretning var orientert mot øst og nordøst fra overflaten og ned til 20 m, mens den ved de dypere målingene hadde en mer sør og sørvestlig retning.

Temperatur og salinitet var relativt konstant i hele vannsøylen. Temperaturen lå på ca. 9,8 °C og saliniteten på nær 33.

Lokal vind antas å kunne ha noe effekt på strømmen ved Flatskjæran. Tidevannet spiller en betydelig rolle i å styre strømbildet i området. Mulige andre prosesser som påvirker strømmen er vær-situasjonen over et større område (f.eks. lufttrykk, temperatur, vind), variasjoner i kyststrømmen og ferskvannsavrenning som bidrar til lagdeling i sommerhalvåret.

Tabell 3-1: Gjennomsnitt- og maksimalstrøm samt strømretning øst for Flatskjæran [2]

Dybde [m]	Gjennomsnittstrøm [cm/s]	Maksimalstrøm [cm/s]	Retning av maksimalstrøm [°]
5 m	11	34	80
11 m	10	31	58
19 m	8	26	62
48 m	4	19	231
76 m	3	20	203

### 3.4 Vurdering av naturmangfold og vannforekomsten

Sjøbunnsdeponialternativet ved Flatskjæran ligger svært tett inntil svært viktige naturtyper av nasjonal verdi (skjellsand og større taeskogforekomster) som antas å kunne bli påvirket ved deponering av rene mudringsmasser, og anses derfor som det minst gunstige alternativet mht. naturmiljø. Dette alternativet ligger også lengst unna mudringsområdet.

Flatskjæran ligger i vannforekomsten Landegodefjorden. I databasen i Vann-nett er forekomsten registrert med god økologisk og udefinert kjemisk tilstand. Det aktuelle deponiområdet utgjør så liten andel av hele vannforekomsten at dumping av rene mudringsmasser ikke vil kunne endre den økologiske eller kjemiske tilstanden til vannforekomsten.

## 4 Store Kvitingen

### 4.1 Områdebeskrivelse

Det aktuelle deponiområdet øst for Store Kvitingen utgjør en forsenkning på sjøbunnen, se Figur 4-1 og Figur 4-2. Forsenkningen er ikke like markert som for målepunktet ved Flatskjæran. Vandybden er målt til 68 m.

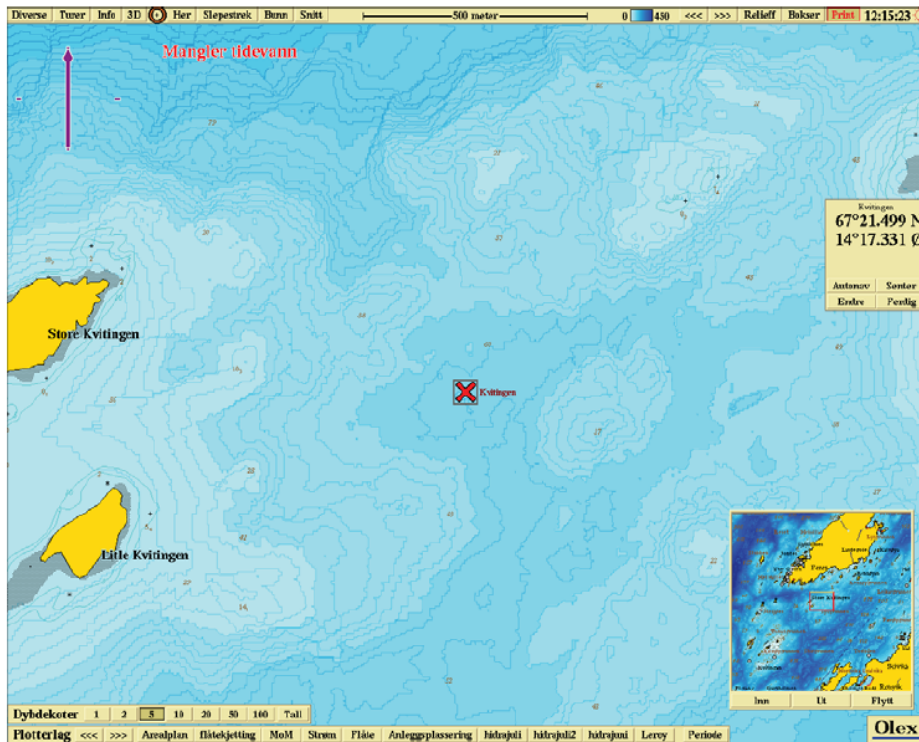
Bunnen i området består av skjellsand iblandet mindre steiner. ROV-filmingen registrerte lite marine planter/tang. Ytterkanten av området bestod for det meste av berg, med en bratt helning i den sørlige kanten. Det ble ikke registrert funn av marinarkeologisk interesse [3].

### 4.2 Forurensningssituasjon

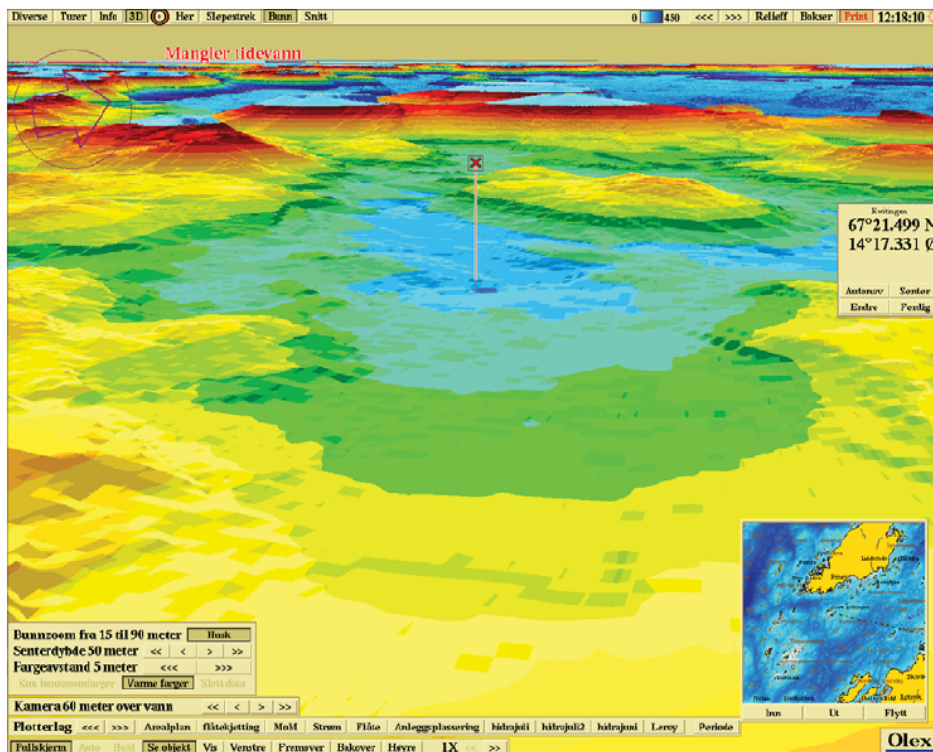
Miljøtekniske undersøkelser av sjøbunnsedimenter i dette området [4] viser at miljøtilstanden til overflatesedimentene kan klassifiseres som god (tilstandsklasse II). Det er heller ikke mistanke om forurenset sjøbunn i dette området.

### 4.3 Strømmålinger

I perioden 04.10.2016 til 08.11.2016 gjennomførte Multiconsult strømmålinger øst for Store Kvitingen [2]. Plassering av strømmålerne er vist i Figur 4-1 og Figur 4-2.



Figur 4-1: Lokalitet for strømmåling øst for Store Kvitingen. Målepunktet er merket med rødt kryss. Dybdekotene har 5 m intervall.



Figur 4-2: 3D modell av lokalitet for strømmåling, øst for Store Kvitingen. Målepunktet er merket med rødt kryss. Farget område er fra 15 m til 90 m dybde med fargeavstand på 5 m.



Tabell 3-1 viser målt gjennomsnittsstrøm, maksimalstrøm og retning til maksimalstrøm øst for Store Kvitingen. Gjennomsnittsstrømmen varierer fra 11 cm/s ved 5 m til ca. 3 cm/s på bunnen, ved 76 m dybde. Strømmens hovedretning var orientert mot øst og nordøst fra overflaten og ned til 20 m, mens den ved de dypere målingene hadde en mer sør og sørvestlig retning.

Temperatur og salinitet var relativt konstant i hele vannsøylen. Temperaturen lå på ca. 9,8 °C og saliniteten på nær 33.

Lokal vind antas å kunne ha noe effekt på strømmen ved Store Kvitingen. Tidevannet spiller en betydelig rolle i å styre strømbildet i området. Mulige andre prosesser som påvirker strømmen er vær-situasjonen over et større område (f.eks. lufttrykk, temperatur, vind), variasjoner i kyststrømmen og ferskvannsavrenning som bidrar til lagdeling i sommerhalvåret.

Tabell 4-1: Gjennomsnitts- og maksimalstrøm og andre nullmålinger øst for Store Kvitingen [2].

Dybde [m]	Gjennomsnittstrøm [cm/s]	Maksimalstrøm [cm/s]	Retning av maksimalstrøm [°]
5 m	11	37	44
11 m	10	36	17
19 m	8	29	18
50 m	5	18	158
68 m	3	19	160

#### 4.4 Vurdering av naturmangfold og vannforekomsten

Sjøbunnsdeponialternativet ved Store Kvitingen ligger i nærhet av viktige naturtyper av nasjonal verdi som antas å kunne bli påvirket ved dumping av mudringsmasser, men i dette området har forekomstene av skjellsand og stortareskog mindre utstrekning enn ved Flatskjæran. Risikoen for negativ påvirkning av naturmangfold og naturverdier anses derfor som noe mindre ved Store Kvitingen enn for Flatskjæran.

Flatskjæran ligger i vannforekomsten Landegodefjorden. I databasen i Vann-nett er forekomsten registrert med god økologisk og udefinert kjemisk tilstand. Det aktuelle deponiområdet utgjør så liten andel av hele vannforekomsten at dumping av rene mudringsmasser ikke vil kunne endre den økologiske eller kjemiske tilstanden til vannforekomsten.

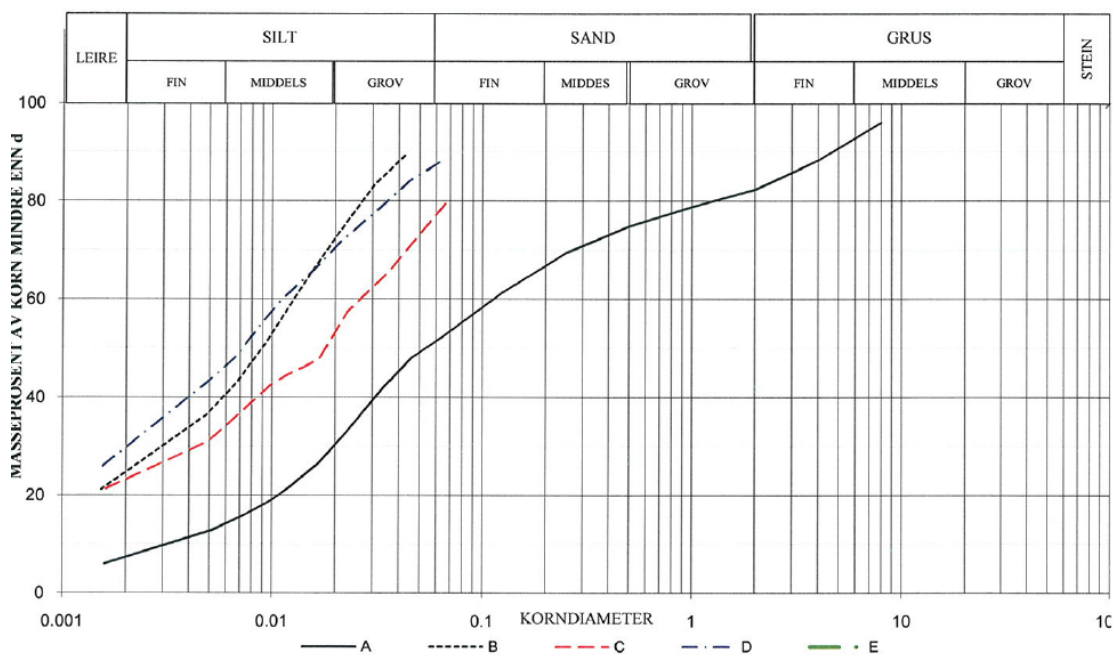
## 5 Spredningsvurdering

Det er kun aktuelt å legge rene mudringsmasser i sjødeponiene. Forurensede mudringsmasser legges i strandkantdeponi, deretter fylles strandkantdeponiet opp med rene mudringsmasser. Overskudd av rene mudringsmasser ønskes lagt i sjødeponi.

### 5.1 Kornfordeling av mudringsmasser

Massene som skal dumpes i sjødeponiene består i hovedsak av silt og leire. Kornstørrelsen til mudringsmassene er hentet fra antatt tilsvarende sedimenter, tatt utenfor Jernbanekaia i Bodø havn [10], se Figur 5-1.

SYM BOL	SERIE NR.	DYBDE (kote)	BESKRIVELSE	ANMERKNINGER	METODE		
					TS	VS	HYD
A	BP 106	0.3-0.4	Siltig, sandig, grusig, leirig materiale	Skjell og koraller		X	X
B	BP 106	5.6-5.6	LEIRE, siltig				X
C	BP 106	11.5-11.6	LEIRE, siltig, sandig		X		X
D	BP 106	13.65-13.70	LEIRE, siltig				X
E							



Figur 5-1: Korngradering av sedimentprøver tatt utenfor Jernbanekaia [10].

Tyngdetettheten til prøvematerialet utenfor Jernbanekaia er vurdert til 1,7-2,1 g/cm<sup>3</sup>. I spredningsvurderingen er det valgt å benytte en middelvei på 1,9 g/cm<sup>3</sup>.

Avhengig av mudringsmetode og håndtering av massene kan mudringsmassene opptre i alt fra klumper til enkeltpartikler i suspensjon. I spredningsvurderingen er det forutsatt at mudringsmassene opptre som enkeltpartikler av leire, silt eller små klumper og at disse slippes ut i ett gitt punkt fra overflaten i dumpeområdet. I virkeligheten vil store deler av massene synke raskt ned til bunn som en samlet masse. Spredningen av enkeltpartikler vurderes derfor å være et verst tenkelig scenario.

Leir- og siltpartikler har kornstørrelse <0,63 mm, og disse vil bevege seg med vannmassene før de sedimenterer på sjøbunnen. Klumper av leire (for eksempel  $d=10$  mm) vil synke raskere til sjøbunnen.

## 5.2 Synkehastighet til suspendert materiale

Utregning av synkehastigheten til enkeltpartikler er basert på Ferguson and Church formel gitt i ligning 1:

$$w = \frac{RgD^2}{C_1\gamma + \sqrt{0.75C_2RgD^3}} \quad (\text{Ligning 1})$$

R er oppdriften av en partikkel i en væske (tetthetsforskjellen mellom partikkel og væske, normalisert av væskens tetthet), g er gravitasjonen, d er partikkelens diameter,  $\gamma$  er den kinematiske viskositeten til væsken og  $C_1$  og  $C_2$  er valgte dimensjonsløse konstanter basert på formen og glattheten til partikkelen. Partikkelens diameter, d, er medianverdien hentet fra korngraderingskurvene for leire og silt i Figur 5-1. For klumper av leire er det antatt en diameter på 10 mm.

Siden det i dette tilfellet er en vurdering av mudringsmasser er konstantene  $C_1$  og  $C_2$  valgt for partikler med naturlig formasjon. Det er antatt at partiklene blir deponert ved overflaten, hvilket vil føre til et konservativ estimat av partikkelspredningen. I virkeligheten vil bare deler av de suspenderbare partiklene frigjøres ved overflaten og i de øverste meterne av vannsøylen, mens resten blir frigjort gjennom hele vannsøylen mens massene er på vei mot bunnen. Partikler ved bunnen kan også bli virvlet opp når de deponerte massene treffer bunnen. Partikkelspredning over tid vil hovedsakelig foregå i de dypere vannlagene.

Tabell 5-1: Variabler benyttet i Ligning 1

Variabler	Verdier
$\rho_{\text{sjøvann}}$	1028 kg/m <sup>3</sup>
$\rho_{\text{partikkel}}$	1900 kg/m <sup>3</sup>
R	0,848 m <sup>2</sup> /s
g	9.81 m/s <sup>2</sup>
d <sub>50</sub>	0,009 mm for leire, 0,05 mm for silt og 10 mm for leirklumper
C <sub>1</sub>	20 (for partikler bestående av naturlig sediment)
C <sub>2</sub>	1.1 (for partikler bestående av naturlig sediment)
$\gamma$	1.5759*10 <sup>-6</sup> m <sup>2</sup> /s (basert på Temp = 5°C og Salinitet = 35)

## 5.3 Strømdata

Strømmålingene gir en indikasjon på strømstyrke og retning ved deponiområdene. Det er gjort estimater av partikkelspredning basert på gjennomsnittsstrømmen fra strømmålingene. Strømmen i områdene vil variere gjennom året. Beregningene tar ikke hensyn til at strømhastigheten varierer med dybden.

Målt gjennomsnittsstrøm i ulike dybder for alle tre deponialternativ er gitt i Tabell 5-2. Det er også beregnet en gjennomsnittsverdi for hele vannsøylen for hvert av deponialternativene.

Tabell 5-2 Gjennomsnittsstrøm for strømmålingene foretatt ved de aktuelle deponiområdene, i Bodø havn, øst for Flatskjæran og øst for Store Kvitingen.

Lokalitet	Dybde [m]	Gjennomsnittsstrøm [cm/s]
Bodø havn (2014)	6	5,3
	8	4,9
	10	4,5
	12	4,2
	14	4,1
	16	4,3
	18	4,8
Flatskjæran (2016)	5	11
	11	10
	19	8
	48	4
	76	3
Kvitingen (2016)	5	11
	11	10
	19	8
	50	5
	68	3

## 5.4 Resultat

Resultatene fra utregningen av synkehastighet basert på partikkelstørrelse er vist i Tabell 5-3. De minste partiklene vil ha lavest synkehastighet og vil derfor blir transportert lengst bort fra deponiområdet.

Tabell 5-3: Beregnet synkehastighet basert på Ferguson og Church (2004).  $D_{50}$  er hentet fra Figur 5-1.

Kornfraksjon	Leire	Silt	Klumper av leire
$d_{50}$ [mm]	0,009	0,05	10
Synkehastighet [m/time]	0,077	2,3	1 130

Tabell 5-4 gir en oversikt over hvor lang tid det tar for partikler av forskjellige størrelser ( $d_{50} = 0,009$  mm og  $d_{50} = 0,05$  mm) og klumper ( $d_{50} = 10$  mm) å nå en gitt dybde, samt distansen partikkelen/klumpene kan transporteres dersom man tar utgangspunkt i den beregnede gjennomsnittsstrømmen for hvert av deponialternativene.

Det er ikke tatt hensyn til at strømretningen varierer med tiden. Det er lite sannsynlig at man vil ha en konstant strømretning. Det er heller ikke tatt hensyn til at strømstyrken endres etter en viss distanse fra målepunktene.

Tabell 5-4: Oversikt over hvor lang tid en partikkel tar før den når en gitt dybde og distansen den kan transporteres innen denne tiden med gjennomsnittlig strømhastighet for hvert av deponialternativene.

	Vann- dybde [m]	Leire (d=0.009 mm)		Silt (d=0,05 mm)		Klumper av leire (d=10 mm)	
		Tid for å nå gitt dyp	Dist. før partikkelen når gitt dyp	Tid for å nå gitt dyp	Dist. før partikkelen når gitt dyp	Tid for å nå gitt dyp	Dist. før partikkelen når gitt dyp
<b>Bodø havn</b>	1	13 timer	>1 km	26 min	83 m	3,2 sek	17 cm
	6	3,3 døgn	>1 km	2,6 timer	496 m	19 sek	1,0 m
	8	4,3 døgn	>1 km	3,5 timer	649 m	26 sek	1,3 m
	10	5,4 døgn	>1 km	4,3 timer	789 m	32 sek	1,6 m
	12	6,5 døgn	>1 km	5,2 timer	920 m	38 sek	1,9 m
	14	7,6 døgn	>1 km	6,1 timer	>1 km	45 sek	2,1 m
	16	8,7 døgn	>1 km	6,9 timer	>1 km	51 sek	2,4 m
	18	9,8 døgn	>1 km	7,8 timer	>1 km	57 sek	2,7 m
<b>Flatskjæran</b>	1	13 timer	>1 km	26 min	172 m	3,2 sek	35 cm
	5	2,7 døgn	>1 km	2,2 timer	858 m	16 sek	1,8 m
	11	6 døgn	>1 km	4,8 timer	>1 km	35 sek	3,7 m
	19	10,3 døgn	>1 km	8,2 timer	>1 km	1 min	5,7 m
	48	26 døgn	>1 km	20,8 timer	>1 km	2,6 min	9,4 m
	76	42 døgn	>1 km	32,9 timer	>1 km	4 min	12,1 m
<b>Store Kvitingen</b>	1	13 timer	>1 km	26 min	172	3,2 sek	35 cm
	5	2,7 døgn	>1 km	2,2 timer	858	16 sek	1,8 m
	11	6 døgn	>1 km	4,8 timer	>1 km	35 sek	3,7 m
	19	10,3 døgn	>1 km	8,2	>1 km	1 min	5,7 m
	50	27 døgn	>1 km	21,7	>1 km	2,7 min	10,6 m
	68	36,9 døgn	>1 km	29,5	>1 km	3,6 min	12,4 m

Beregningene viser at partikler av silt og leire i suspensjon ikke vil sedimentere innenfor noen av de aktuelle deponiområdene dersom de slippes ut på vannoverflaten. Klumper av leire eller silt vil synke raskt og i liten grad spres i horisontal retning ut fra utslippspunktet. Det er størst gjennomsnittsstrøm og vanndybde ved Flatskjæran og Store Kvitingen, og partikler vil derfor kunne spres over større områder dersom de dumpes på vannoverflaten i disse områdene. Det forventes at sedimentene i hovedsak vil synke som en masse og ikke som enkeltpartikler.

## 5.5 Konklusjon

I spredningsberegningene blir mudringsmassene sluppet ut som enkeltpartikler i ett gitt punkt fra overflaten i dumpeområdet. Beregningene viser at enkeltpartikler av leire og silt vil kunne transporteres med vannstrømmen forbi deponiområdet, spesielt i områder hvor vanddybden er stor (Flatskjæran og Store Kvitingen). I virkeligheten vil store deler av massene synke raskt ned til bunn som en samlet masse. Utslipp og spredning av enkeltpartikler vurderes derfor å være et verst tenkelig scenario.

Mengden partikler som tilføres vannsøylen under deponering avhenger av hvilken mudringsteknologi og dumpemetode som brukes, i tillegg til personell og håndtering. Mudrings- og dumpingsmetode er ikke vurdert i foreliggende rapport.

Sjøbunnsdeponialternativet i Bodø havn vil være det best egnede alternativet da denne lokaliteten er nærmest mudringsområdet, minst sårbar mht. naturmangfold og naturmiljø, lavest gjennomsnittsstrøm og lavest potensiale for spredning av partikler i vannsøylen. Tildekking av forurenset sjøbunn vil også kunne virke positivt inn på Vanndirektivets mål om forbedre den økologiske og kjemiske tilstanden i vannforekomsten innen 2021.

Ved tildekking av forurenset sjøbunn skal tildekkingsmassene karakteriseres iht. Miljødirektoratet veileder «Testprogram for tildekkingsmasser» [5].

## 6 Karakterisering av tildekkingsmateriale

Før tildekking av forurenset sjøbunn skal tildekkingsmaterialet karakteriseres både kjemisk og fysisk. Karakteriseringen av tildekkingsmaterialet over forurenset sjøbunn (dypområdet i Bodø havn) er utført iht. Miljødirektoratets veileder «Testprogram for tildekkingsmasser» [5].

De aktuelle tildekkingsmassene består av rene mudrede sjøbunnsedimenter fra Kystverkets planlagte utdyping i Bodø havn. Miljøundersøkelser av sjøbunnsedimenter (0-10 cm) i Bodø havn viser at store deler av havneområdet er forurenset av PAH-forbindelser og kobber i tilstandsklasse IV samt TBT i tilstandsklasse V.

Sjøbunnsedimentene i mudringsområdet har et høyt finstoffinnhold og det er forventet å påtreffes rene masser relativt grunt, anslagsvis 0,2-0,3 m ned i sedimentene. Kystverket planlegger å legge de forurensete mudringsmassene i strandkantdeponi sammen med deler av de rene massene. Resterende rene mudringsmasser som det ikke er plass til i strandkantdeponiet, ønskes benyttet som tildekkingsmasser over forurensete sedimenter i de dypeste områdene i Bodø havn.

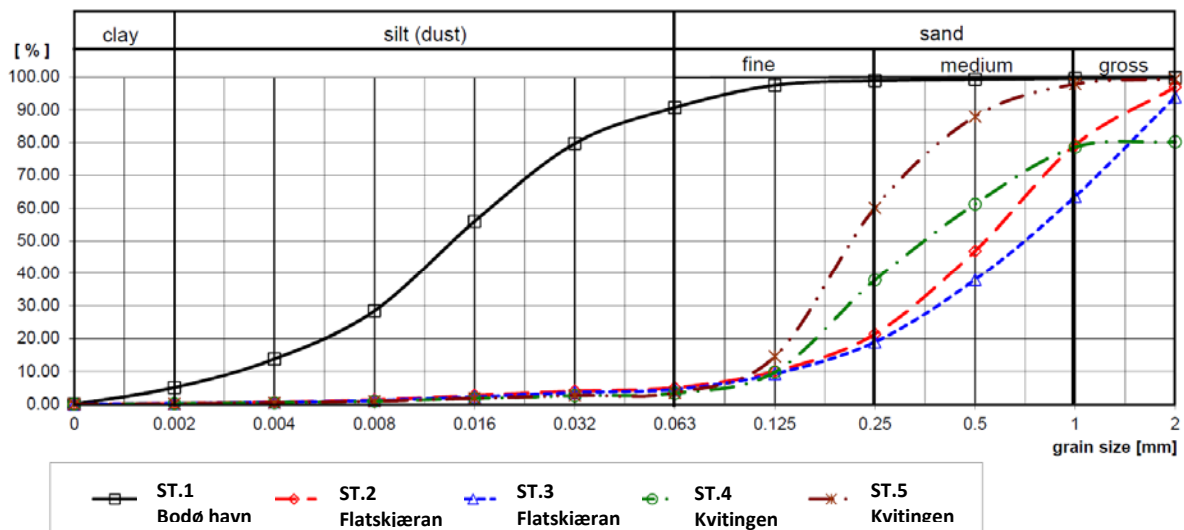
Mudringssted og dumpingssted er nærmere og det er ikke mistanke om at mudringsmassene inneholder organismer som man ikke kan forvente å finne i tildekkingsområdet.

### 6.1 Fysiske egenskaper

#### *Kornfordeling forurenset sediment*

Under miljøundersøkelsene som ble utført i Bodø havn, Flatskjæran og Store Kvitingen [4] ble det gjennomført kornfordelingsanalyse av sedimentprøver (0-10 cm) fra alle områdene, se Figur 6-1.

I dypområdet til Bodø havn (ST.1) er det registrert silt. Dette samsvarer med resultater fra tidligere undersøkelser i dette området.



Figur 6-1: Korngraderingskurver for ST.1 til ST.5.

Iht. tildekkingsveilederen [5] skal tildekkingsmaterialets barriereegenskaper og mektighet vurderes for å hindre fysiske transportmekanismer av forurensete sedimenter:

#### Diffusjon og partikulær transport av forurensning gjennom tildekkingslaget

Diffusjon er avhengig av miljøgiftenes egenskaper, konsentrasjonsgradienter og egenskapene til tildekkingslaget. Spredning ved diffusjon avtar med mektigheten på tildekkingslaget. For å hindre diffusjon bør tildekkingslaget være forholdsvis finkornig.

Multiconsult har tidligere utført geotekniske grunnundersøkelser med prøvetaking av sedimenter utenfor Jernbanekaia i Bodø [10]. Kornfordelingen, se Figur 5-1, viser at sedimentene generelt består av siltig sand i topplaget og siltig leire i dypere lag. Det er antatt at dette er representativt for sedimentene i mudringsområdet.

For å sikre utvasking av finstoff gjennom tildekkingslaget anbefaler tildekkingsveilederen [5] at  $d_{15(\text{filter})} < 5 \times d_{85(\text{sediment})}$ .

Mudringsmassene er mer finkornige enn de forurensete sedimentene. Dersom mudringsmassene pakkes godt nok sammen under dumping vil de kunne hindre både diffusjon og partikkeltransport fra de forurensete sedimentene.

#### Oppbygging av for stort porevannstrykk gjennom det forurensete sedimentet

Tildekkingslaget må ha en tilstrekkelig permeabilitet (evne til å slippe gjennom vann) til å tillate en viss drenering av porevann fra det underliggende sedimentet. De forurensete sedimentene er finkornige og løst lagret. En tildekking vil gi sammenpressing av disse sedimentene og dermed et midlertidig økt poretrykk som reduserer den geotekniske stabiliteten. For å redusere overtrykket, bør masser for tildekking av finkornige sedimenter ha noe høyere permeabilitet enn de forurensete sedimentene, men ikke så grovkornige at man risikerer utvasking av finstoff fra sedimentet gjennom tildekkingen.

Massenes permeabilitet er beregnet ved hjelp av Hazens formel:

$$K = C_1 \times d_{10}^2 \quad (\text{Ligning 2})$$

$D_{10}$  er hentet ut fra korngraderingskurven i Figur 5-1. Da korngraderingen er avsluttet før  $d_{10}$  er oppnådd for leire, er det antatt en  $d_{10}$  på til  $10^{-3}$  mm.  $C_1$  er en empirisk faktor som ligger i området 100 -  $150 \text{ cm}^{-1}\text{sek}^{-1}$ . Iht. tildekkingsveilederen [5] skal det benyttes faktor på  $100 \text{ cm}^{-1}\text{sek}^{-1}$ .

Tabell 6-1: Beregnet permeabilitet basert på Hazens formel.  $d_{50}$  er hentet fra Figur 5-1.

Parameter	Leire	Silt
$d_{10}$ [mm]	$10^{-3}$	$3 \times 10^{-3}$
Permeabilitet [cm/s]	$10^{-6}$	$9 \times 10^{-6}$

Permeabiliteten er beregnet til  $10^{-6}$  cm/s for leire og  $9 \times 10^{-6}$  cm/s for silt.

For å sikre at tildekkingslaget har tilstrekkelig permeabilitet til å hindre overtrykk i sedimentet anbefaler tildekkingsveilederen at  $2 \times d_{15(\text{sediment})} < d_{15(\text{filter})}$ . Dette kravet er ikke tilfredsstillt da tildekkingsmassene (mudringsmasser) er finere enn de forurensete sedimentene.

#### Oppvirvling av tildekkingslag og underliggende forurenset sediment

Tildekkingsmassene må ha en tilfredsstillende sikkerhet mot erosjon og oppvirvling fra strøm/bølger og skipstrafikk. Normalt må tildekkingsmassen være mer erosjonsstabil enn sedimentet. Mudringsmassene er finkornige og det forventes at partikler vil kunne virvles opp fra sjøbunnen både ved strøm og skipstrafikk. For å hindre oppvirvling av mudringsmasser må det prosjekteres et filterlag/erosjonslag som legges over mudringsmassene.

## 6.2 Kjemiske egenskaper

Iht. Miljødirektoratet [5] kan mudringsmasser karakteriseres som kjemisk egnet som tildekkingsmateriale dersom følgende kriterier er oppfylt:

- TOC-innholdet er lavere enn 1 %.
- Konsentrasjonen av metaller og organiske miljøgifter er lavere enn øvre grense for tilstandsklasse II gitt i klassifiseringsveilederen M-608 [6].

Multiconsult har tidligere utført miljøundersøkelser av sjøbunnsedimenter dypere enn 10 cm i tre stasjoner utenfor terminalkaia i Bodø [7]. Miljøundersøkelsene ble utført i forbindelse med planlagt mudring. Sedimentene bestod av leire med innslag av sand, grus og skjell. Tre sedimentprøver fra 20 cm og dypere ble kjemisk analysert for innhold av tungmetaller, PAH<sub>16</sub>, PCB<sub>7</sub>, TBT og totalt organisk karbon (TOC). Det ble ikke påvist miljøgifter over tilstandsklasse II og TOC-innholdet var lavere enn 1 % [8].

Det er antatt at den kjemiske tilstanden i mudringsmassene fra utdypingen i Bodø havn er tilsvarende som for mudringsmassene utenfor Terminalkaia.

Det er forutsatt at mudringsmassene tilfredsstiller krav i Trinn 1 og at de kan karakteriseres som egnet basert på de kjemiske egenskapene.

## 6.3 Stedsspesifikk vurdering basert på fysiske egenskaper

Kravene om at tildekkingsmassene skal ha filteregenskaper for å kunne drenere overtrykk av porevann i sedimentene, er ikke oppfylt. Siden tildekkingsområdet i Bodø havn ligger i en forsenkning på



sjøbunnen vil normalt ikke den geotekniske stabiliteten reduseres ved innfylling av leir og siltmasser. Det anbefales likevel å ta en geoteknisk gjennomgang av stabiliteten til tildekkingsområdet når omfanget (areal tildekkingsområde og volum tildekkingsmasser) er klarlagt.

Korngraderinger viser at overflatesedimentene i dypområdet består av silt. Mudringsmassene er mer finkornige enn de forurensede sedimentene. For å hindre transport og erosjon av tildekkingsmassene må det etableres et filterlag/erosjonslag på toppen.

## 7 Konklusjon

Sjøbunnsdeponialternativet i Bodø havn er vurdert som det best egnede alternativet da denne lokaliteten er nærmest mudringsområdet, minst sårbar mht. naturmangfold og naturmiljø, lavest gjennomsnittsstrøm og lavest potensiale for spredning av partikler i vannsøylen. I tillegg vil tildekking av forurensede områder i Bodø havn kunne bidra til at den økologiske og kjemiske tilstanden i vannforekomsten på sikt kan forbedres.

Mudringsmassene fra utdypingsprosjektet i Bodø havn tilfredsstiller ikke alle krav til tildekkingsmasser iht. tildekkingsveilederen. Dette gjelder krav om filteregenskaper og sikkerhet mot erosjon. Kravet om permeabilitet skal sikre at den geotekniske stabiliteten ivaretas ved at overtrykk av porevann i sedimentene kan dreneres ut. Siden tildekkingsområdet i Bodø havn ligger i en forsenkning på sjøbunnen vil normalt ikke den geotekniske stabiliteten reduseres (pga. økt poretrykk) ved innfylling av mudringsmasser. Det anbefales likevel å ta en geoteknisk gjennomgang av stabiliteten til tildekkingsområdet når omfanget (areal tildekkingsområde og volum tildekkingsmasser) er klarlagt.

For å hindre oppvirvling og erosjon (strøm og skipstrafikk) av dumpede sedimenter på sjøbunnen må det etableres et lag av erosjonsbestandige masser over mudringsmassene.

Før mudrings- og eventuelt dumpingsarbeid kan igangsettes, må det foreligge tillatelse fra forurensningsmyndigheten, i dette tilfellet Fylkesmannen i Nordland, miljøvernavdelingen.

## 8 Referanseliste

- 1 *Akvaplan-niva, 2014: Strømmålinger ved Bodø havn i Nordland, 2014. Rapport nr. 6968:01.*
- 2 *Multiconsult, 2016. Strømanalyse Innseiling Bodø, Bodø kommune 04.10.2016-07.11.2016. Rapport nr. 713330-RIMT-RAP-001, datert 02.12.2016.*
- 3 *Multiconsult, 2017. Kystverket - Innseiling Bodø del 2. Naturmangfold. Rapport nr. 713775-RIM-RAP-001.*
- 4 *Multiconsult, 2017. Kystverket - Innseiling Bodø del 2. Miljøundersøkelse av sjøbunnsedimenter. Rapport nr. 713775-RIGm-RAP-001.*
- 5 *Miljødirektoratet, 2015. Testprogram for tildekkingsmasser. Forurenset sjøbunn. Veileder M-411, 2015.*
- 6 *Miljødirektoratet 2016. Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota, M-608 2016.*
- 7 *Multiconsult, 2016. Utdyping Terminalkaia Bodø. Klassifisering av kjerneprøver. Notat nr. 713330-RIGm-NOT-001, datert 31.03.2017.*
- 8 *Multiconsult, 2016. Epost sendt til Fylkesmannen i Nordland 11. mai 2016 ang. Analyseresultater utdyping terminalkai Bodø.*
- 9 *Miljødirektoratet 2015: Håndtering av sedimenter, M-350.*
- 10 *Multiconsult 2009. Kai – utfylling. NRK bygget – Jernbanekaia. Grunnundersøkelse. Rapport nr. 710890-2, datert 16. desember 2009.*
- 11 *Multiconsult, 2013: Bodø havn. Miljøundersøkelser av sjøbunnsedimenter. Datarapport og risikovurdering forurenset sediment. Rapport nr. 711398-RIGm/1, datert 31. januar 2013.*

---

RAPPORT

# Kystverket- Innseiling Bodø Del 2

---

OPPDRAKSGIVER

Kystverket- Innseiling Bodø Del 2

EMNE

Naturmangfold

DATO / REVISJON: 9.juli 2017 / 00

DOKUMENTKODE: 713330-RIM-RAP001

---



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Tredjepart har ikke rett til å anvende rapporten eller deler av denne uten Multiconsults skriftlige samtykke.

Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

## RAPPORT

OPPDRAG	<b>Kystverket Innseiling Bodø, del 2</b>	DOKUMENTKODE	713375-RIM-RAP001
EMNE	Naturmangfold	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	<b>Kystverket</b>	OPPDRAGSLEDER	Iselin Johnsen
KONTAKTPERSON	<b>Jan Arild Jenssen</b>	UTARBEIDET AV	Silje Røysland
KOORDINATER	BODØ KOMMUNE	ANSVARLIG ENHET	4013 Tromsø Miljøgeologi

## SAMMENDRAG

Det skal mudres i Bodø havn og i den forbindelse er Multiconsult engasjert av Kystverket for å gjøre screening av naturverdier ved tre aktuelle sjødeponilokaliteter, i henholdsvis Bodø havn, og ca 9-12 km nordvest for Bodø havn, ved Flatskjæran og Storkvitingen.

Deponiområdene ble filmet med ROV av NOVATEK AS 3-4. mars 2017. Filmene ble studert i etterkant av marinbiolog Silje Røysland i Multiconsult, og synlige artsforekomster og marine naturtyper og sedimenttype ble identifisert i den grad det lot seg gjøre. Sedimenttype er vurdert ut ifra videoopptak. Naturtyper i saltvann er identifisert med utgangspunkt i DN-håndbok nr. 19.

Sjøbunndeponialternativet ved Flatskjæran ligger svært tett inntil svært viktige naturtyper av nasjonal verdi som antas å kunne bli påvirket ved deponering av rene muddermasser, og ansees derfor som det minst gunstige alternativet mht. naturmiljø. Også alternativet tilknyttet Storkvitingen ligger i nærhet av de disse naturtypene, men i dette området har forekomstene en noe mindre utstrekning enn ved Flatskjæran, og har også en noe større avstand til disse naturverdiene. Risikoen for negativ påvirkning av naturmangfold og naturverdier ansees derfor for noe mindre ved Storkvitingen enn ved Flatskjæran. Det er ikke registrert viktige naturtyper i det aktuelle tildekkingsområdet inne i Bodø havn, og registreringer under ROV-filmingen tyder på at sjøbunnen består av en rekke forurensingstolerante opportunistiske arter. Etter vår vurdering vil derfor deponering av de rene muddermassene inne i Bodø havns havnebasseng være det best egnede alternativet mht. negative effekter på naturverdier.

For å redusere risikoen for eventuelle negative effekter knyttet til støy og partikkelspredning, anbefales det at tiltakene gjennomføres etter gyteperiode og hekkesesong er avsluttet. Det anbefales også at det vurderes ulike avbøtende tiltak for å minimere partikkelspredning ved gjennomføring av mudring og dumping.

00	09.7.2017	Screening naturmangfold	Silje Røysland	Iselin Johnsen	Iselin Johnsen
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

## INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>Bakgrunn .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Områdebeskrivelse .....</b>	<b>5</b>
2.1	Beliggenhet og topografi .....	5
2.1.1	Bodø havn .....	6
2.1.2	Flatskjæran og Storkvitingen .....	6
2.2	Registreringer naturmangfold og naturresurser .....	9
2.2.1	Bodø Havn.....	10
2.2.2	Flatskjæran og Storkvitingen .....	10
<b>3</b>	<b>Gjennomførte undersøkelser .....</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Registreringer undersøkelsesområdet .....</b>	<b>11</b>
4.1	Bodø havn .....	11
4.2	Flatskjæran .....	12
4.2.1	Storkvitingen .....	13
<b>5</b>	<b>Oppsummering av registrerte naturverdier .....</b>	<b>15</b>
<b>6</b>	<b>Mulige effekter av de planlagte arbeidene.....</b>	<b>15</b>
6.1	Vurdering av deponialternativer .....	15
<b>7</b>	<b>Referanser .....</b>	<b>16</b>

## 1 Bakgrunn

Det skal mudres i Bodø havn og i den forbindelse er Multiconsult engasjert av Kystverket for å gjøre screening av naturverdier ved tre aktuelle sjødeponilokaliteter for deponering av rene muddermasser, i henholdsvis Bodø havn, og ca. 9-12 km nordvest for Bodø havn, ved Flatskjæran og Storkvitingen.

Om lag 40 000 m<sup>3</sup> av massene antas å være forurensede, mens om lag 140 000 m<sup>3</sup> antas å være rene. Det planlegges etablert et strandkantdeponi for å deponere både forurensede og rene masser. Rene overskuddsmasser fra mudringen er tenkt dumpet i ett eller flere av følgende tre områder:

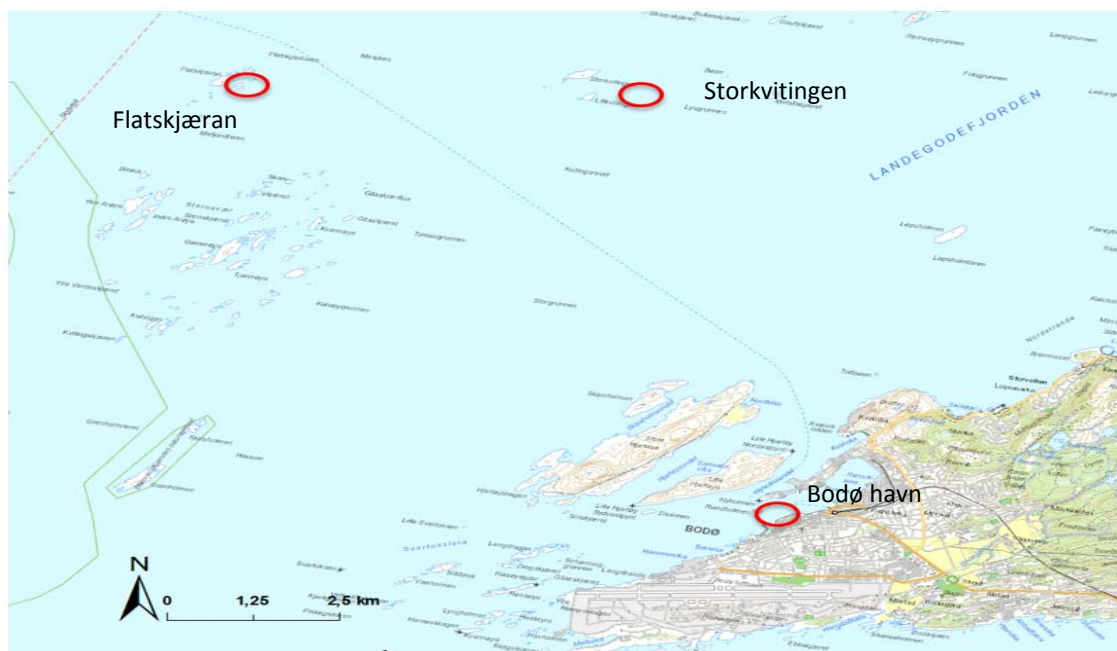
- Bodø havn, dypområde like øst for moloene ved innseilingen til havna. (Her planlegges massene benyttet til tildekking av forurenset sjøbunn).
- Flatskjæran, ca. 12 km nordvest for Bodø havn.
- Kvitingen, ca. 9,5 km nordvest for Bodø havn.

Denne rapporten inneholder en beskrivelse av registrert naturmangfold og en vurdering av de ulike deponialternativene mht. potensielle negative effekter på registrert naturmiljø.

## 2 Områdebeskrivelse

### 2.1 Beliggenhet og topografi

Beliggenhet av de tre ulike dypvannsdeponiene er vist i figur 1. Figur 2, 3 og 4 viser nærmere beliggenhet og topografi ved de tre aktuelle lokalitetene.

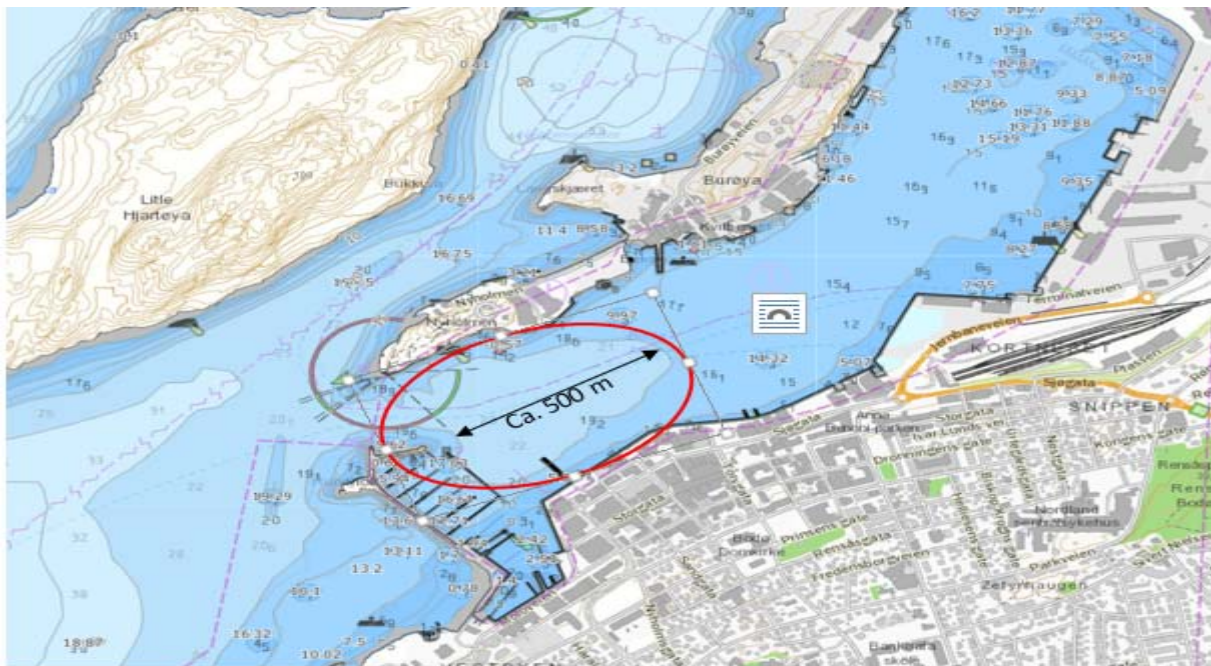


Figur 1: Kart som viser de tre ulike deponialternativene i Bodø havn. Rød ring markerer lokalisering.



### 2.1.1 Bodø havn

Bodø havn er en del av vannområdet Skjerstadvfjorden, og er i databasen Vann-nett kategorisert som en svært modifisert vannforekomst, beskyttet kyst/fjord og euhalin, med moderat oppholdstid for bunnvann(uker) og med lav strømhastighet (<1 knop). Økologisk tilstand er antatt svært dårlig. Over 50% av den opprinnelige kystsonen er utbygd, og sedimentene er sterkt til moderat forurenset med blant annet TBT og ulike PAH-forbindelser. Dybdene varierer fra 3 - 4 m, til rundt 25 m i de dypeste områdene. Lenger ut i fjorden er det vanndybder ned mot 55 m. Beliggenhet av deponialternativet i Bodø havn er vist i figur 2.



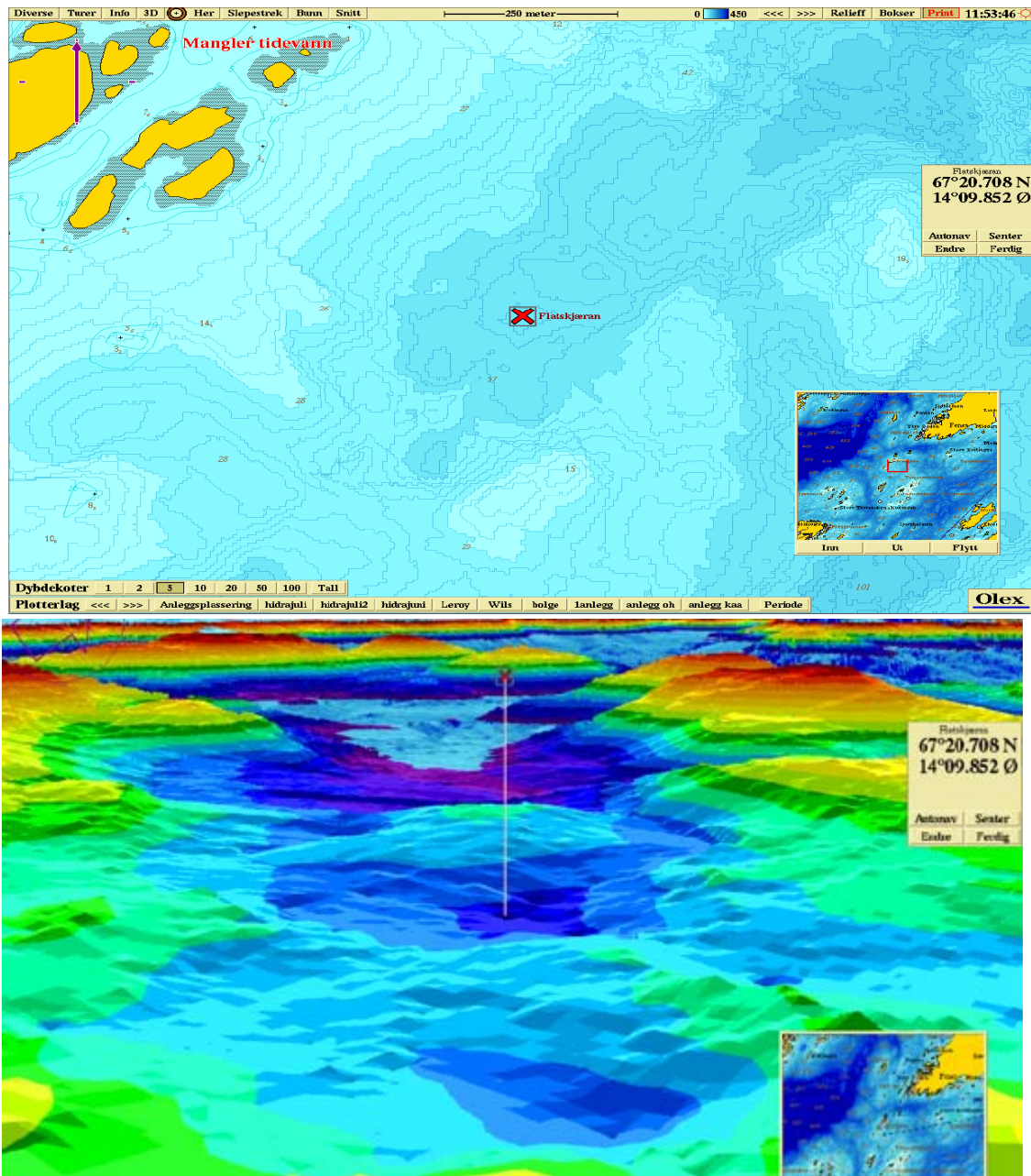
Figur 2: Beliggenhet aktuelt område i Bodø havn som vurderes tildekket med forurensete masser er vist med rød sirkel.

Strømmålinger gjennomført av Akvaplan-niva (Akvaplan-niva, 22.01.2014) har vist en forholdsvis svak strøm som varierte hovedsakelig mellom øst-nordøst og vest-sørvest i måleperioden. Medianen til strømfyrken var 4,8 cm/s nær overflaten (6 m), 4,3 cm/s nær bunnen (18 m) og 3,7 cm/s i midtre del av vannsøylen (12 m). 90 % av alle målingene hadde strømfyrke på under 10 cm/s. Nettostrømmen var under 1 cm/s for alle dyp. Svakest strømfyrke ble registrert ved 12 m til 14 m hvor det også ble registrert et skifte i strømfretning. For nærmere detaljer vedrørende strømf forhold, se Akvaplan-niva rapport nr. 6968:01. Strømmålinger ved Bodø havn i Nordland, datert 22.01.2014.

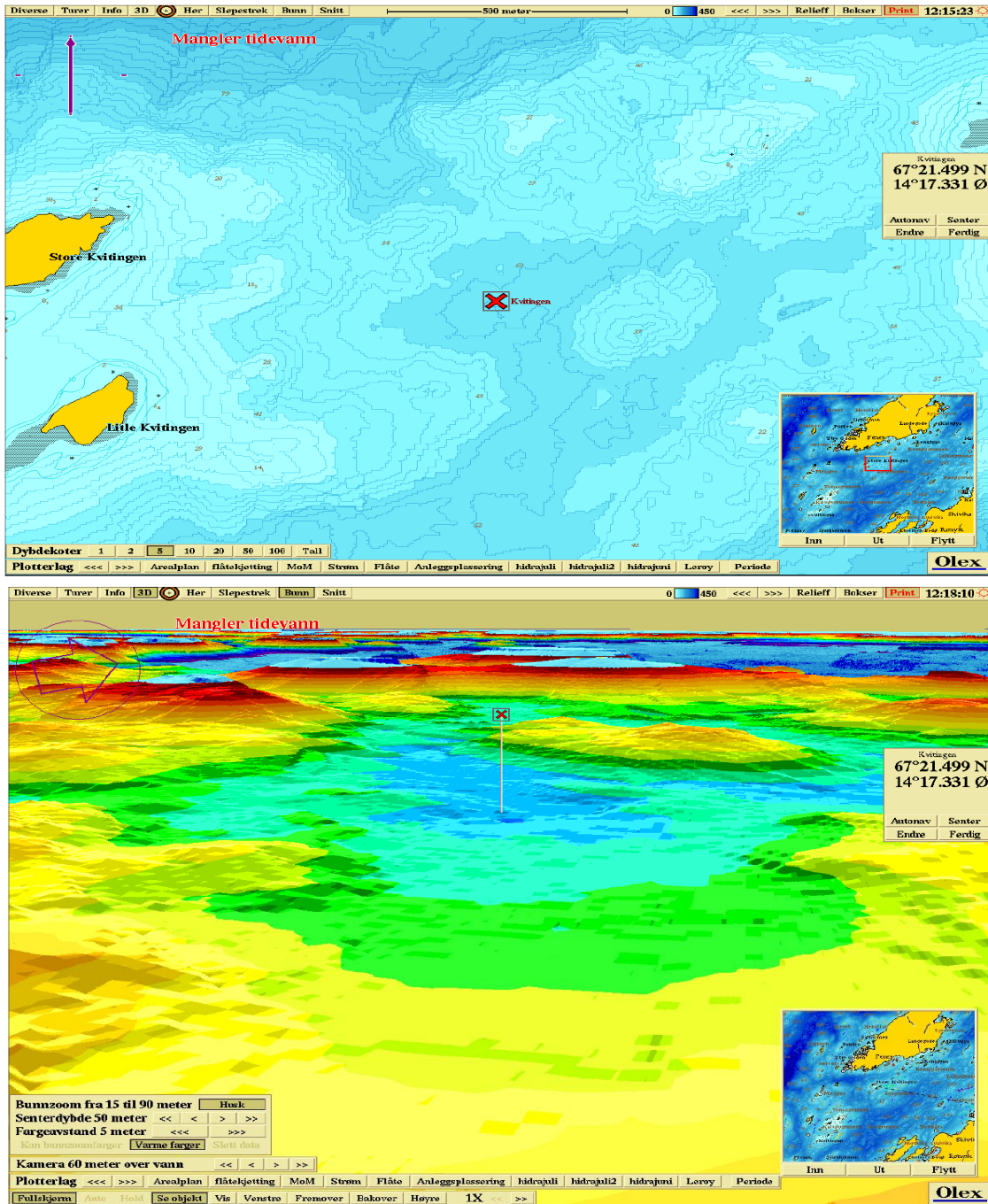
### 2.1.2 Flatskjæran og Storkvitingen

Flatskjæran og Storkvitingen ligger begge i vannforekomsten Landegodefjorden, og er karakterisert som vanntype moderat eksponert kyst, euhalin, med moderat oppholdstid for bunnvann (uker) og med lav strømhastighet (<1 knop) i databasen Vann-nett. Figur 3 viser lokalisering Flatskjæran og figur 4 viser beliggenhet av Storkvitingen. Begge de aktuelle sjødeponiene har vanndybder på om lag 70 m. Strømmålinger gjennomført av Multiconsult (Multiconsult, 02.12.2016) har vist en avtagende gjennomsnittlig strømfyrke fra 11 m/s ved 5 m og ned til 3 m/s på bunnvannet. For nærmere detaljer vedrørende strømf forhold, se Multiconsults rapport 713330-RIM-RAP002 datert 2.12.2016.





Figur 3: Beliggenhet og topografi Flatskjæran.

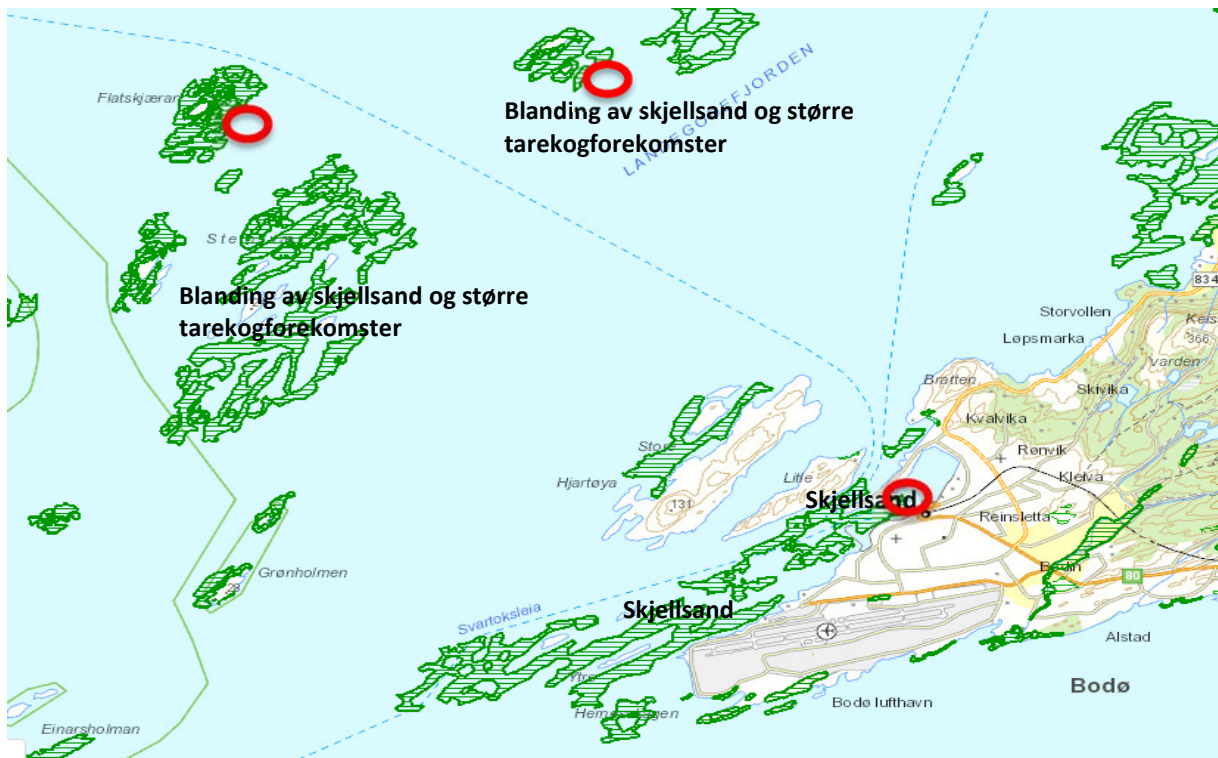


Figur 4: Beliggenhet og topografi Storkvitingen.

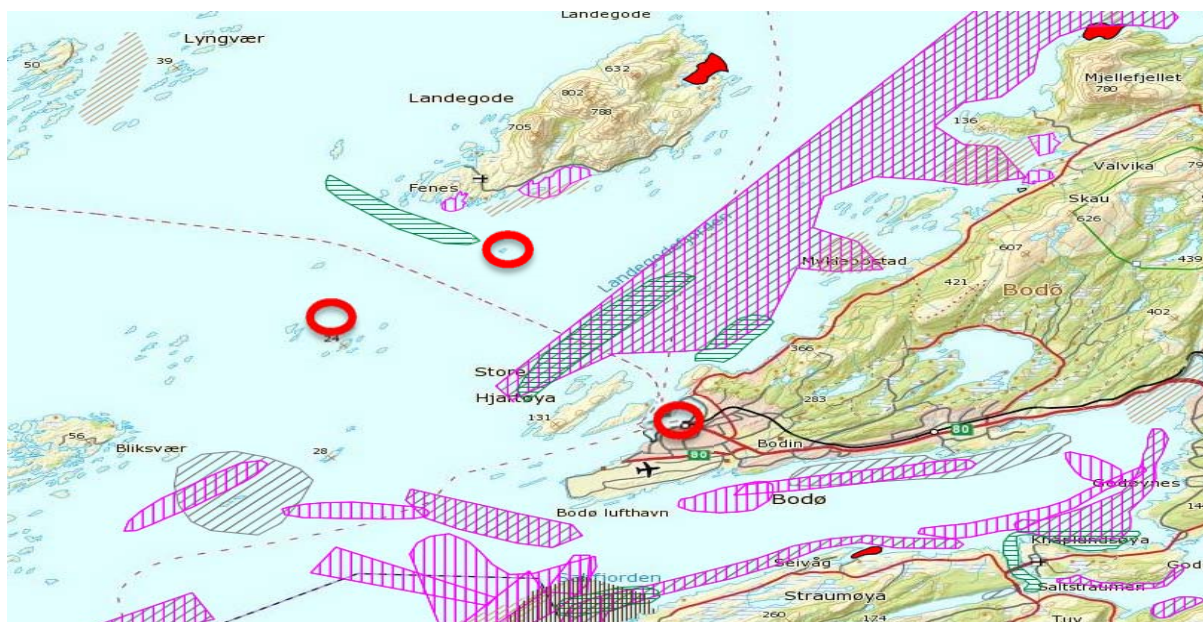


## 2.2 Registreringer naturmangfold og naturressurser

Registrerte naturverdier og naturressurser i kartdatabasene Naturbase og Yggdrasil er vist i figur 5 og 6, og nærmere omtalt i kap. 2.2.1. og 2.2.2.



Figur 5: Registrerte marine naturtyper i Bodø og omegn. Røde sirkler angir omtrentlig plassering av aktuelle deponilokaliteter. Kart er hentet fra databasen naturbase (Miljødirektoratet, 2017)



Figur 6: Registrerte naturressurser Bodø havn og omegn. Brunskravert område angir gytteområde for torsk, grønne skraverte områder angir oppvekstområde for torsk. Lilla skraverte områder angir fiskeplass med aktive redskaper og grå skraverte områder angir fiskeplass passive redskaper. Røde områder angir låssettingsplasser. Røde sirkler angir omtrentlig plassering av aktuelle deponilokaliteter.

### 2.2.1 Bodø Havn

Registreringer i databasen naturbase (Miljødirektoratet, 2017) viser at store deler av det aktuelle i tildekkingsområdet i Bodø havn består av skjellsand (se figur 5 for lokalisering), nærmere definert i DN-håndbok nr. 19 (Direktoratet for naturforvaltning, 2007). Det er også registrert en rekke rødlistede sjøfugl i havnebassenget.

Det er ikke registrert andre naturtyper eller gyte/oppvekstområder for fisk i tiltaksområdet, eller i nærområdet (se figur 5 og 6). Om lag 3 km mot nord ligger nærmeste fiskeplass, hvor det foregår fiske med aktive redskaper. Den ligger så langt unna at den ikke antas å ville bli påvirket av eventuelle tiltak.

### 2.2.2 Flatskjæran og Storkvitingen

Registreringer i Naturbase (se figur 5) viser at begge de to deponilokalitetene grenser til større områder som veksler mellom naturtypene «skjellsand» og «større taeskogforekomster».

Ved Flatskjæran består naturtypen «taeskogforekomst av 1 stor og 7 mindre taeskogforekomster bestående av stortare, nærmere definert som A-lokaliteter, dvs. svært viktig i nasjonal sammenheng. Skjellsandforekomstene ved Flatskjæran er også registrert som A-lokaliteter, med en utbredelse fra 10 til 70 m dyp. I databasen Artskart (Artsdatabanken, 2017) er det blant annet registrert lundefugl ved Flatskjæran, og gråmåke og ærfugl, alle tre fugler som er på den norske rødlista.

Ved Storkvitingen er naturtypene «skjellsand» «taeskogforekomster» definert som B-lokaliteter, dvs., viktig i regional sammenheng.

Det er ikke registrert gyteområder eller oppvekstområder for fisk i nærheten av lokalitetene i fiskeridirektoratets database Yggdrasil, men taeskogforekomster har likevel stor betydning som yngle- og oppvekstområde, gjemmeded og beiteplass for fisk, og har en rik artsfauna. Det samme gjelder skjellsand, som er et habitat som ofte er rikt på bløtbunnsfauna, og fungerer som gyte- og oppvekstområder for flere fiskearter. Større krepsdyr benytter skjellsandbankene til parringsplasser og ved skallskifte, i tillegg matsøk.

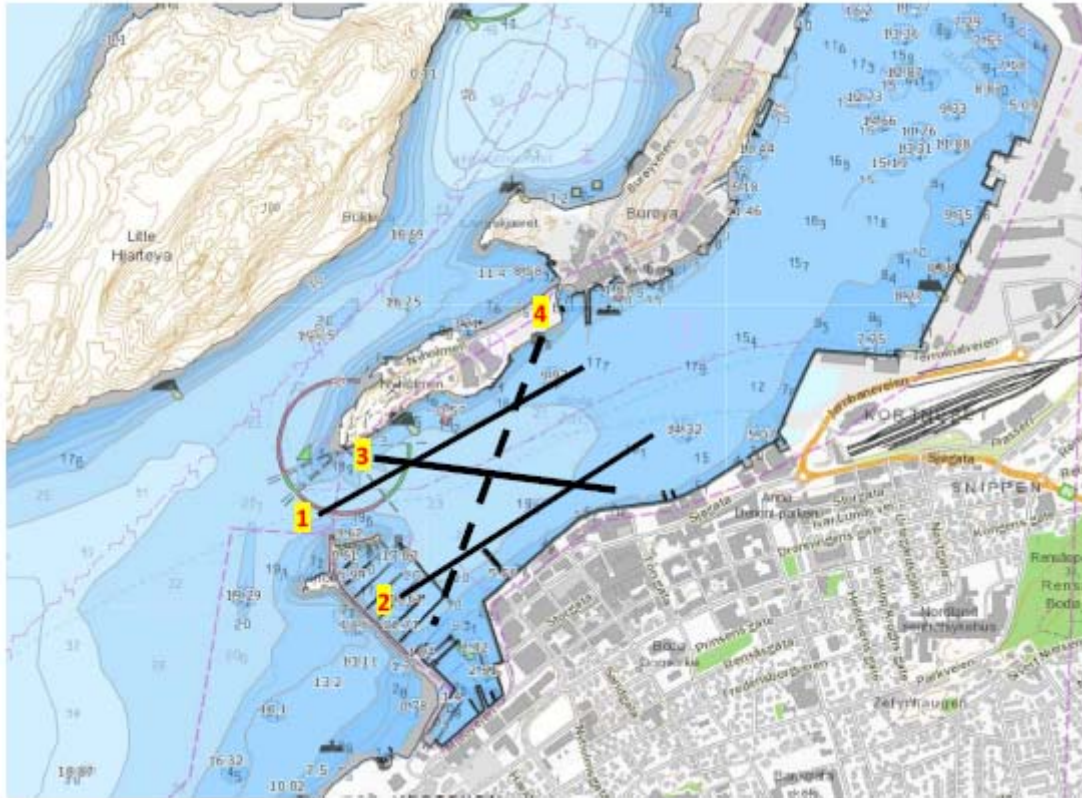
## 3 Gjennomførte undersøkelser

Deponiområdene og deres influensområder ble filmet med NOVATEK AS 3-4. mars 2017. Det ble brukt en type ROV-utstyr som lagrer dybde, dato, tid og posisjon regelmessig. Filmene ble studert i etterkant av marinbiolog Silje Røysland i Multiconsult, og synlige artsforekomster og marine naturtyper og sedimenttype ble identifisert i den grad det lot seg gjøre. Sedimenttype er vurdert ut ifra videoopptak. Naturtyper i saltvann er identifisert med utgangspunkt i DN-håndbok nr. 19 (Direktoratet for naturforvaltning, 2007).

## 4 Registreringer undersøkelsesområdet

### 4.1 Bodø havn

Figur 7 viser området i Bodø havn hvor sjøbunnen er filmet med ROV.

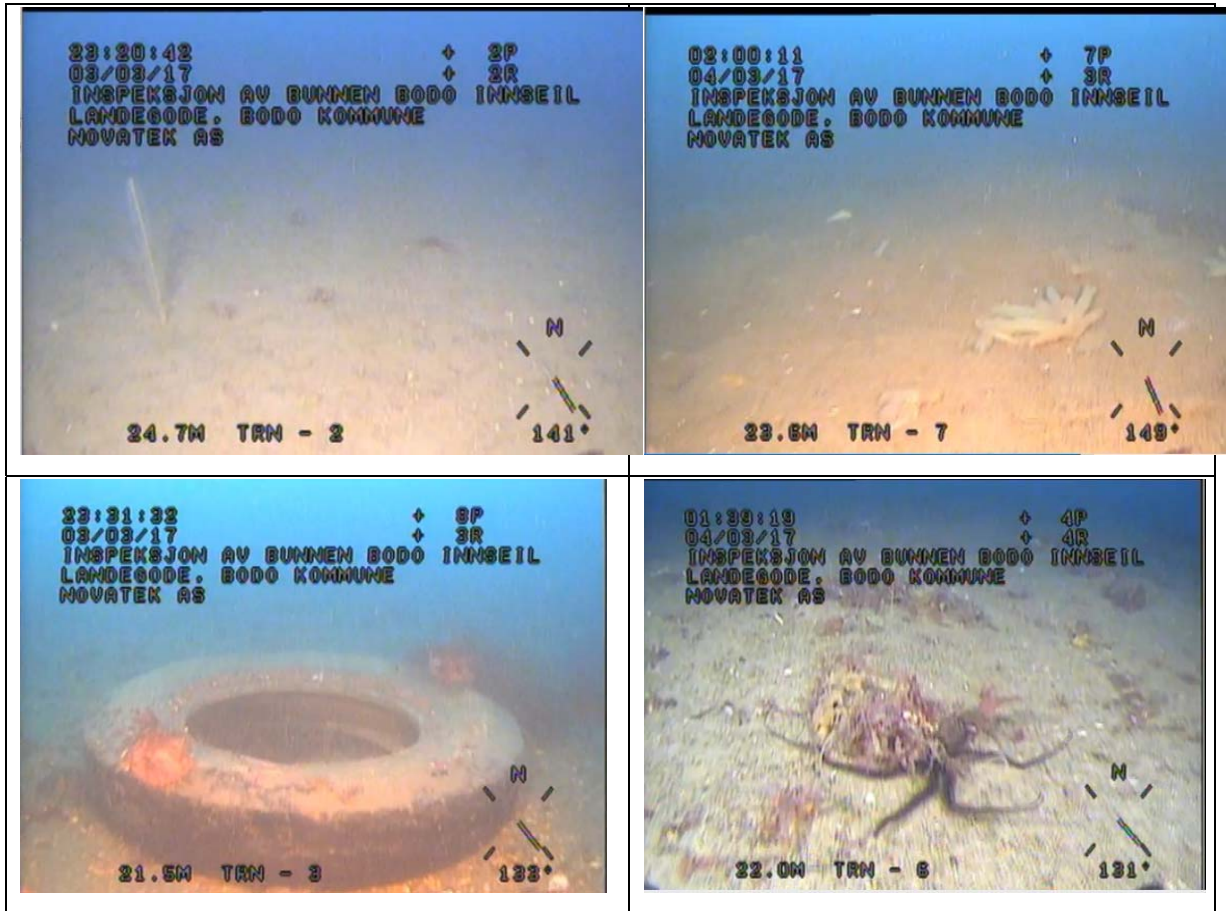


Figur 7: Bodø havn. Linjene markerer hvor det er foretatt ROV-filming av sjøbunnen.

Sjøbunnen innenfor mulig tildekkingsområde i Bodø havn besto i stor grad av mudderaktig bløtbunn med mye innslag av ulike typer avfall (se figur 8). Det ble i liten grad observert skjellsand.

På sjøbunnen var det også enkelte partier med mindre makroalger, og det også observert ulike pigghuder, som vanlig korstroll, rød kråkebolle, slangestjerne og sekkedyr spredt utover hele undersøkelsesområdet. Det ble også observert flere ulike arter av flyndrefisk og torsk, og spredte enkeltforekomster av liten piperenser. I enkelte områder ble det også observert skorpedannende røde kalkalger på steiner.

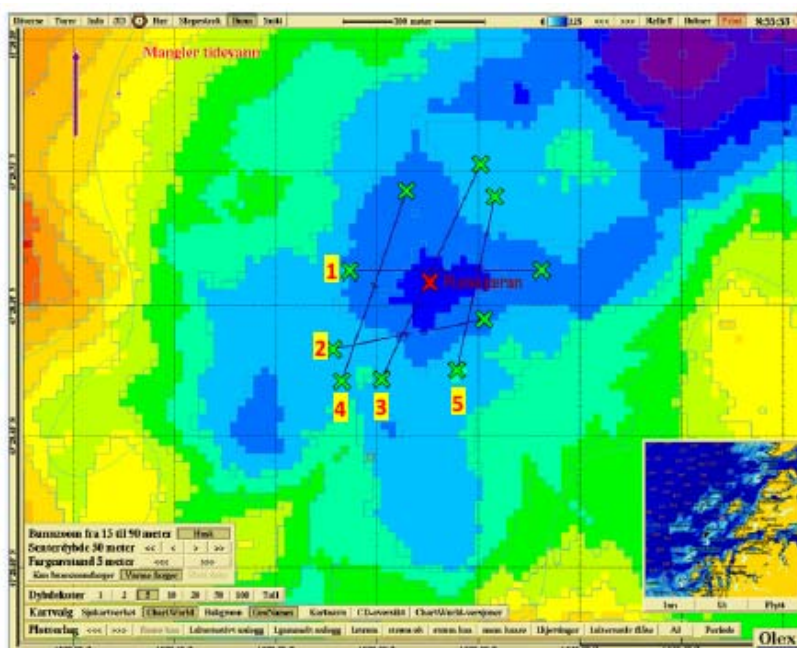




Figur 8: Øverst til venstre, liten piperenser, *Virgularia mirabilis* ved ca. 25 m dypde. Øverst til høyre, kolonidannende sekkedyr på mudderbunn. Nederst til venstre, rød kråkebolle, *Echinus esculentus*, på kassett bildekk. Nederst til høyre, svart slangestjerne, innen klassen *Ophiuroidea*, på skjellsand.

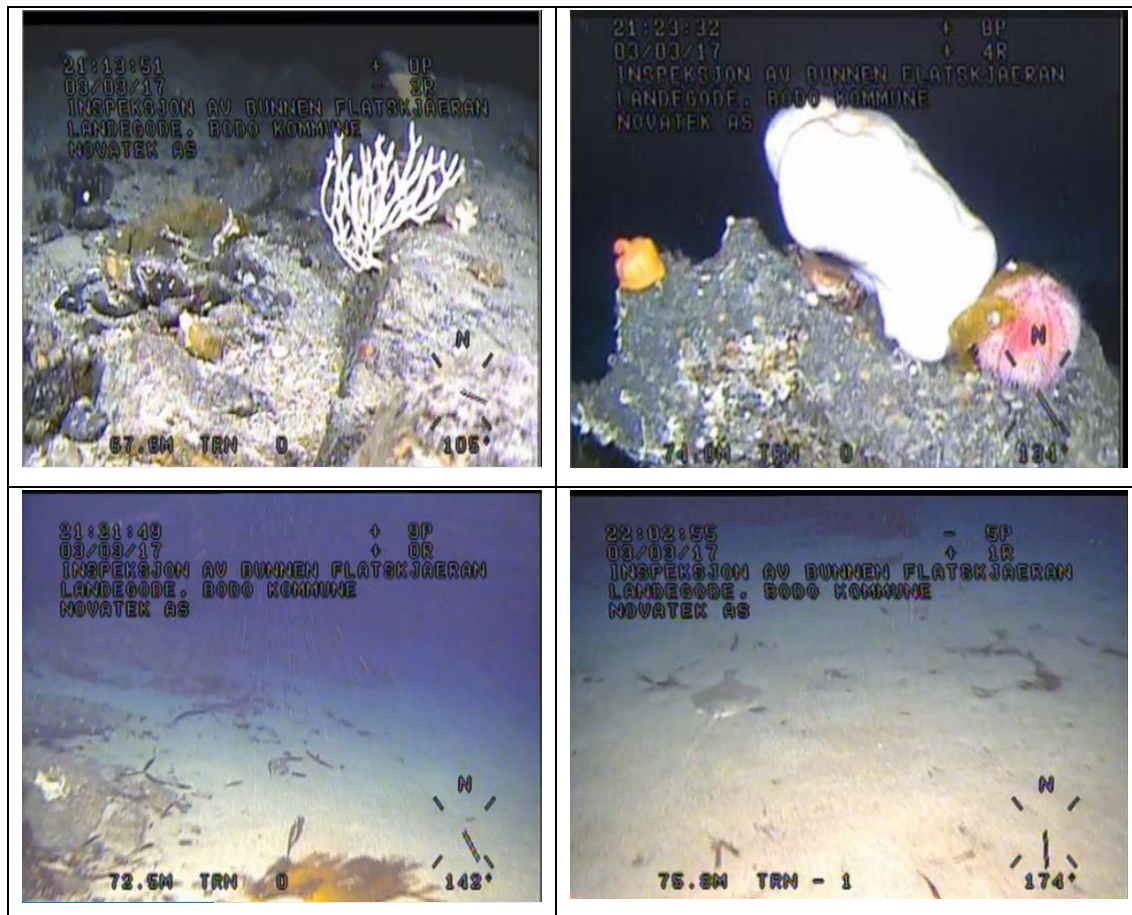
## 4.2 Flatskjæran

Figur 9 viser området i ved Flatskjæran hvor sjøbunnen er filmet med ROV.



Figur 9: Flatskjæran. Linjene markerer hvor det er foretatt ROV-filming av sjøbunnen.

Ved Flatskjæran besto sjøbunnen i det undersøkte området i stor grad av store sletter med fin sand/skjellsand, se figur 10, og rester av større tang og tare. Enkelte partier besto av synlig berg og steinbunn. Dybden varierte mellom ca. 70 til 75 m. Fastsittende på fast substrat ble det observert både kolonidannende mosedyr, sjøanemoner, pigghudder (blant annet rød kråkebolle og slangestjerner) og svamper (antatt kålrabisvamp, vortesvamp og traktsvamp). De ble også observert fisk, blant annet torsk i vannsøylen og flyndrefisk liggende nede på sjøbunnen.

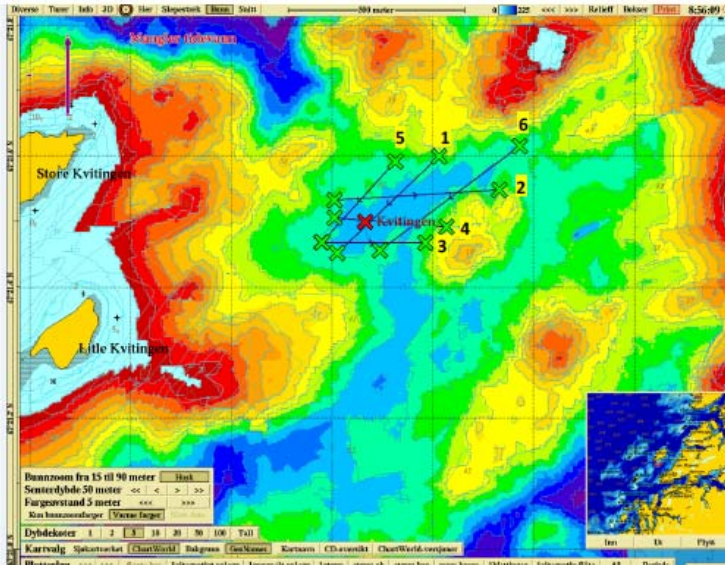


Figur 10: Øverst til venstre, mosedyr fastsittende på berg ved 67 m dybde. Øverst til høyre, kålrabisvamp, rød kråkebolle og sammentrukket sjøanemone ved 74 m dybde. Nederst til venstre, fin sand/skjellsand med tarerester på 73 m dybde. Nederst til høyre, flatfisk på sandbunn, ukjent type.

#### 4.2.1 Storkvitingen

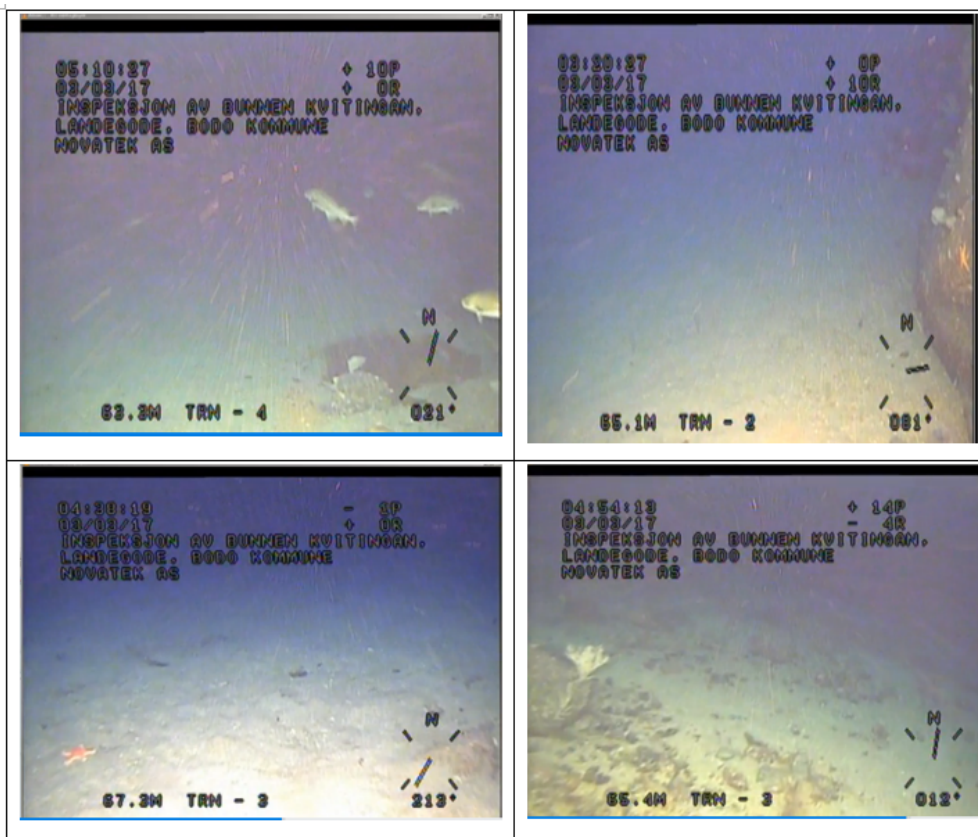
Figur 9 viser området i ved Flatskjæran hvor sjøbunnen er filmet med ROV.





Figur 11: Kvitingen. Linjene markerer hvor det er foretatt ROV-filming av sjøbunnen.

Sjøbunnen (se figur 12) ved Storkvitingen besto i hovedsak av lange sand/skjellsandsletter på mellom 65 og 70 m dyp. På berg eller større stein, ble det observert skorpedannende røde kalkalger, ulike typer sjøanemoner og kolonier av mosdyr. Det ble også observert pigghuder, av typen slangestjerne og sjøkam. Det ble også observert mye stor og liten fisk, og enkelte torskestimer.



Figur 12: Øverst til venstre; sandbunn ved 64 m dybde og torskestim. Øverst til høyre fastsittende pigghud på berg ved 65 m dybde. Nederst til venstre, sandbunn og antakelig sjøkam. Nederst til høyre, sandig og steinete sjøbunn. Mosdyr fastsittende på stein til venstre på bildet.



## 5 Oppsummering av registrerte naturverdier

Rov-filmer fra Storkvitingen og Flatskjæran indikerer at sjøbunnen i de undersøkte områder i stor grad består av sand eller naturtypen skjellsand ispedd enkelte partier med berg/steinbunn. Det ble ikke observert andre naturtyper definert i DNs håndbok nr-19, men registreringer i Naturbase viser at det ved begge de to aktuelle sjødeponilokalitetene finnes større tareskogforekomster og skjellsandforekomster. Ved Flatskjæran er både skjellsandforekomsten og tareskogforekomsten definert som A-lokaliteter, dvs. at de er svært viktige på nasjonalt nivå, mens forekomstene ved Storkvitingen var definert som B-lokaliteter, dvs. regionalt viktige områder. Det er ikke registrert gyteområder eller oppvekstområder for fisk ved noen av lokalitetene, men både større tareskogforekomster og skjellsand utgjør viktige oppvekstområder for fisk og andre, og har et rikt mangfold av arter.

Registreringer i Naturbase indikerte at sjøbunnen i de mulige tildekkingsområdet i Bodø Havn besto av skjellsand, men dette ble i svært liten grad identifisert under ROV-filmingen. Det ble observert en rekke antatt forurensningstolerante arter på sjøbunnen.

I alle de tre undersøkte lokalitetene foreligger det registreringer av flere rødlistede sjøfugl i naturbase. Innenfor influensområdet ved Flatskjæran er det i tillegg registrert hekkeområde for Svartbak, og ved Kvitingen er det registrert hekkeområder for ærfugl, begge artene er rødlistet.

## 6 Mulige effekter av de planlagte arbeidene

De største effektene på marin fauna vil være knyttet til anleggsfase, og da spesielt støy og anleggstrafikk, og deponering.

Anleggsfasen med støy og trafikk vil kunne virke forstyrrende på dyreliv, og da spesielt på eventuelt hekkende sjøfugl og gytende fiskeslag. Det er også muligheter for at det kan forekomme havpattedyr og oter i området med som kan bli påvirket av anleggsvirksomhet.

Mudring og deponering vil gi økt risiko for spredning av finstoff og eventuelle miljøgifter, som igjen kan virke irriterende på slimhinner og gjeller hos vannlevende dyr, medføre fordøyelsesproblematikk (får slam i maten), samt forårsake nedslamming av leveområder og substrat/skjellsand. Det foreligger lite kunnskap om effekten av partikkelforurensning på gytende torsk og torskeyngel.

Nedslamming vil også kunne påvirke makroalger og plankton negativt ved blant annet redusert lysgjennomstrømning og feste.

Fragmentering av habitater ved endring av bunns substrat vil også være en direkte konsekvens av deponering på sjøbunnen. Jo større område en naturtype dekker, i dette tilfellet skjellsand, jo mer verdifull blir naturtypen da det gir større, sammenhengende leveområder for aktuelle faunaen som har sitt leveområder i slike habitater. Det er ikke kjent hvor lang tid det vil ta før et eventuelt deponiområde igjen er dekket til med skjellsand.

### 6.1 Vurdering av deponialternativer

Sjøbunndeponialternativet ved Flatskjæran ligger svært tett inntil svært viktige naturtyper av nasjonal verdi som antas å kunne bli påvirket ved deponering av rene muddermasser. Påvirkningen vil både være knyttet til selve anleggsfasen, med støy, økt trafikk og nedslamming vannsøylen, men også i etterkant ved at man får en mulig tildekking av deler av sjøbunnen og endring av substrat. Dette deponialternativet ansees derfor som det minst egnede alternativet vurdert opp mot hensyn til nasjonale naturverdier og naturmangfold.

Også alternativet tilknyttet Storkvitingen ligger i nærhet av de disse naturtypene, men i dette området har forekomstene en noe mindre utstrekning enn ved Flatskjæran, og er dermed definert som viktige på regionalt nivå. Deponialternativet har også en noe større avstand til området som er registrert i naturbase enn hva som er tilfellet ved Flatskjæran. Risikoen for negativ påvirkning av naturverdier ansees derfor for noe mindre ved Storkvitingen enn ved Flatskjæran.

Det er ikke registrert viktige naturtyper i det aktuelle tildekkingsområdet inne i Bodø havn, og registreringer under ROV-filmingen tyder på at sjøbunnen består av en rekke forurensingstolerante opportunistiske arter. Det er registrert en rekke rødlistede sjøfuglarter inne havnebassenget, men de vil antakelig være lite sensitive for anleggsstøy og oppvirvling, da de allerede befolker et allerede travelt havneområde med bråk og støy. Etter vår vurdering vil derfor deponering av de rene muddermassene inne i Bodø havns havnebasseng være det best egnede alternativet mht. negative effekter på naturverdier.

For å redusere risikoen for eventuelle negative effekter knyttet til støy og partikkelspredning, anbefales det at tiltakene gjennomføres etter gyteperiode og hekkesesong er avsluttet. Det anbefales også at det gjennomføres tiltak for å minimere partikkelspredning, som for eksempel ved bruk av siltskjørt, boblegardin og/eller lukket grabb om mulig.

## 7 Referanser

- Akvaplan-niva. (22.01.2014). *Strømmålinger i Bodø havn i Nordland, 2014*.
- Artsdatabanken. (2017, april 5). *Artskart*. Hentet fra Artskart 1.6: <https://artskart.artsdatabanken.no>
- Direktoratet for naturforvaltning. (2007). Kartlegging av marint biologisk mangfold. DN-håndbok nr. 19 2001, revidert 2007.
- Fiskeridirektoratet. (2017). *Yggradsil*. Hentet fra <https://kart.fiskeridir.no/fiskeri>
- Havforskningsinstituttet. (2015). Vurdering av norske korallrev. *Havforskningen*.
- Mareano. (2017, april 5). *Mareano*. Hentet fra Mareano: [http://www.mareano.no/en/maps/mareano\\_en.html](http://www.mareano.no/en/maps/mareano_en.html)
- Miljødirektoratet. (2017, april 5). *Lakseregisteret*. Hentet fra <http://lakseregister.fylkesmannen.no/lakseregister/public/default.aspx>
- Miljødirektoratet. (2017, april 6). *Naturbase*. Hentet fra <http://kart.naturbase.no/>
- Multiconsult. (02.12.2016). *Miljøundersøkelser. Strømanalyse, Innseiling Bodø. 713330-RIM-RAP001*.
- Multiconsult. (18. august 2011). *Breivikbotn- Kystverket. Forlengelse av molo. Miljøgeologiske undersøkelser*.
- Multiconsult. (4. januar 2017). *Breivikbotn Lillehavet-Partikkelspredning*.
- Multiconsult. (5. april 2017). *Miljøundersøkelser av sjøbunnen*.
- Vann-nett. (2017, april 5). *Vann-nett*. Hentet fra <http://vann-nett.no/portal/map>