

**Målinger i sjøen ved
Kårstø, 2008-2009
DATARAPPORT**



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Midt-Norge

Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Målinger i sjøen ved Kårstø, 2008-2009 Datarapport	Løpenr. (for bestilling) 5838-2009	Dato September 2009
	Prosjektnr. Undernr. 29066	Sider Pris 38
Forfatter(e) Lars G. Golmen Kjersti L. Daae	Fagområde oseanografi	Distribusjon åpen
	Geografisk område Rogaland	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) GASSNOVA SF, Porsgrunn	Oppdragsreferanse Laila Helgesen/Bjørn Bergesen, 10112936-LO-0035
--	---

Sammendrag
Rapporten oppsummerer målinger av strøm og temperatur/hydrografi i sjøen ved Kårstø i perioden juni 2008 – juni 2009. Feltprogrammet bestod av strømmåling på Falkeidflæet, logging av temperatur (og salinitet) i 70 m og 100 m dyp ved kjølevannsinntaket ved Haugsneset, samt supplerende vertikalprofiler for hydrografi ved Haugsneset og på Falkeidflæet. Rapporten presenterer måleresultatene, uten noen dyptgående diskusjon. Materialet er tilgjengelig i digital form for evt. seinere anvendelser.

Fire norske emneord 1. Kårstø 2. Kjølevann 3. Strømmåling 4. Hydrografi	Fire engelske emneord 1. Kårstø 2. Cooling water 3. Current measurements 4. Hydrography
---	---



Lars G. Golmen
Prosjektleder



Dominique Durand
Forskningsleder



Bjørn Faafeng
Seniorrådgiver

Målinger i sjøen ved Kårstø

2008-2009

Datarapport

Forord

I samband med gasskraftverket på Kårstø og det planlagte fangstanlegget for CO₂ ble det utarbeidet en konsenkvensutredning for miljø, samfunn m.m. Studien var ferdig ved årsskiftet 2008-09, og vurderingene som berørte utslipp til sjø, baserte seg dels på eldre målinger og dels nye målinger fra sommeren 2008 og framover høsten. Det ble så avtalt å fortsette disse målingene inn i 2009 gjennom et tilleggsprosjekt for å få en hel årssyklus. Foreliggende rapport oppsummerer hele måleprogrammet.

Saksbehandlere og kontaktpersoner hos Gassnova SF var Laila I. Helgesen og Bjørn Bergesen.

Hos NIVA har Kjersti L. Daae og Lars G. Golmen utført det meste av arbeidet i felt, og rapporteringen. Theodor Norendal på NIVAs instrumentsentral bistod med klargjøring av instrumenter m.m. Magnus Odland i Tysvær stilte velvillig opp med båten sin når vi hadde ærend på sjøen ved Kårstø.

Takk til alle involverte.

Bergen/Oslo, september 2009

Lars G Golmen

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	7
2. Temperaturmålinger og profiler	9
2.1 Temperaturlogging ved kjølevannsinntaket	9
2.1.1 Måleutstyr og plassering	9
2.1.2 Måleresultat	9
2.2 Nye hydrografiske profiler	11
3. Strømmålinger	15
3.1 Måleopplegget	15
3.2 Resultater for måleperioden juni-juli 2008	17
3.3 Resultater for måleperioden august-september 2008	19
3.4 Resultater for måleperiode desember 2008 – januar 2009	21
3.5 Resultater for måleperioden mai – juni 2009	23
3.6 Oppsummerende tabell for strømmålingene	25
4. Kommentarer til målingene	26
4.1 Strøm	26
4.2 Sjøtemperaturer	28
5. Dataformater og lagring	30
5.1 Liste over lagrede og oversendte dataserier	30
5.2 Strømmålinger	30
5.3 Hydrografiske profiler	33
5.4 Temperaturlogging ved Haugsneset	35
6. Litteraturreferanser	37

Sammendrag

I samband med planene for etablering av et renseanlegg for CO₂ på Kårstø i Rogaland gjennomførte NIVA, Norsk institutt for vannforskning, på oppdrag fra Gassnova et måleprogram i sjøen ved Kårstø i 2008-2009. Bakgrunnen var behovet for å få utredet nytt kjølevannsutslipp, og også inntak. Programmet bestod av strømmåling ved planlagt nytt utslippspunkt for kjølevann, kontinuerlige temperaturmålinger i sjøen ved dagens inntakspunkt ved Haugsneset, samt vertikalprofiler av salinitet og temperatur til ulike tider av året. Målingene starta i juni 2008, og blei sluttført i juni 2009.

Strømmålingene blei utført i samme posisjon i fire perioder hver av ca 1 måneds varighet, fordelt over måletidsrommet, for å dekke årstidsvariasjonene. Posisjonen var sør-sørøst for terminalområdet, i retning Gåsholmen, der bunn dypt er ca 45 m. Et profilerende Doppler måleinstrument plassert nær bunn på ca 45 m dyp ga strømverdier i 2 meters intervaller oppover i vannsøyla. Gjennomsnittlig strømstyrke økte fra rundt 2-4 cm/s ved bunnen til opp mot 17 cm/s i 10 m dyp. Denne tendensen gjaldt alle måleperiodene med unntak av siste periode, da det var litt svakere verdi i 10 m enn dypere nede. Strømstyrken var til tider oppe i 1 m/s, men bare kortvarig; strøm midlet over 3 timer var maksimalt 46 cm/s. Strømretning mellom nord og øst dominerte ellers i 10 m dyp, mens retning mer mot nord evt. NV dominerte nær bunnen.

Temperaturmålingene ved inntakspunktet var fra h.h.v. 70 m og 100 m dyp. De representerer en tilnærmet kontinuerlig måleserie i hvert dyp over 12 måneder. Verdiene i 70 m lå generelt sett noe høyere enn i 100 m dyp. Sensommeren og høsten 2008 representerte de høyeste verdiene med over 15°C målt i 70 m dyp. Fra juli 2008 og utover høsten var det en klart økende differanse mellom de to måledypene og i september var forskjellen 3°C i korte perioder. Utover vinteren og våren 2009 falt temperaturen i begge måledyp, og konvergente mot om lag samme verdi på rundt 8°C. Korttidsvariasjonene avtok også med økende dyp, men var fortsatt tydelige i 100 m dyp utover høsten 2008, med svingninger på 3-4 grader eller mer over perioder på noen dager.

Det øvrige temperaturmålingene representert ved vertikalprofilene fra de øvre 40 m viser en tydelig oppvarming av sjøen, med opp til 2-3 grader i øvre lag om sommeren/tidlig høst i forhold til perioden 1980-1981 som danner sammenlikningsgrunnlag. Minimums-temperaturene om vinteren rundt 40 m dyp lå ca 4 grader høyere i 2008-2009 enn i 1980-1981.

Summary

Report: Measurements in the sea area near the Kårstø terminal in Norway 2008-2009. Data report.
Authors: Lars G. Golmen and Kjersti L. Daae.
NIVA report No: 5838-2009, ISBN No 978-82-577-5573-7.

Plans exist to build a CO₂ capture plant at the Kårstø terminal in Rogaland, Norway. The plant will require significant amounts of cooling water and the existing cooling water system may not be adequate to cover the demand. On this background NIVA, the Norwegian Institute for Water Research, was contracted by GASSNOVA to assess the conditions regarding currents and water temperatures in a likely position for a new cooling water discharge, and at the existing location for the intake at Haugsneset. Some additional vertical CTD profiles were also collected in the area. The measurements commenced in June, 2008, and ended in June, 2009.

Current measurements were made in four separate periods, each of ca 4 weeks duration, at 45 m depth in a position south-southeast of the terminal area. A Doppler current profiling instrument was used. It rendered current values at 2 m depth intervals from near bottom to near surface. The average current speed was around 2-4 cm/c near the bottom, increasing to 17 cm/s at 10 m depth. Maximum current speed was above 1 m/s during short periods. 3-hour averaged currents never exceeded 46 cm/s. The dominating current direction was towards north-to-east in the shallower layers, while closer to the bottom current towards north or north-west dominated.

The temperature recordings were from 70 m and 100 m depth, respectively, near the existing intake. Nearly 12 months of continuous series of temperature were recorded at each depth. Values at 70 m generally were higher than those at 100 m depth. From July 2008 and onwards to November temperatures of up to 15°C were recorded at 15 m depth and ca 12°C at 100 m depth. Throughout the following winter the temperatures decreased gradually and values at both depths merged to a value near 8°C. Characteristic temperature fluctuations of 3-4 days period occurred at times in both series, with amplitudes of up to 3-4°C.

A comparison with temperature data from 1980-81 shows that there has been a significant warming of the sea, with the winter temperatures now being 3-4°C higher than 30 years ago.

1. Innledning

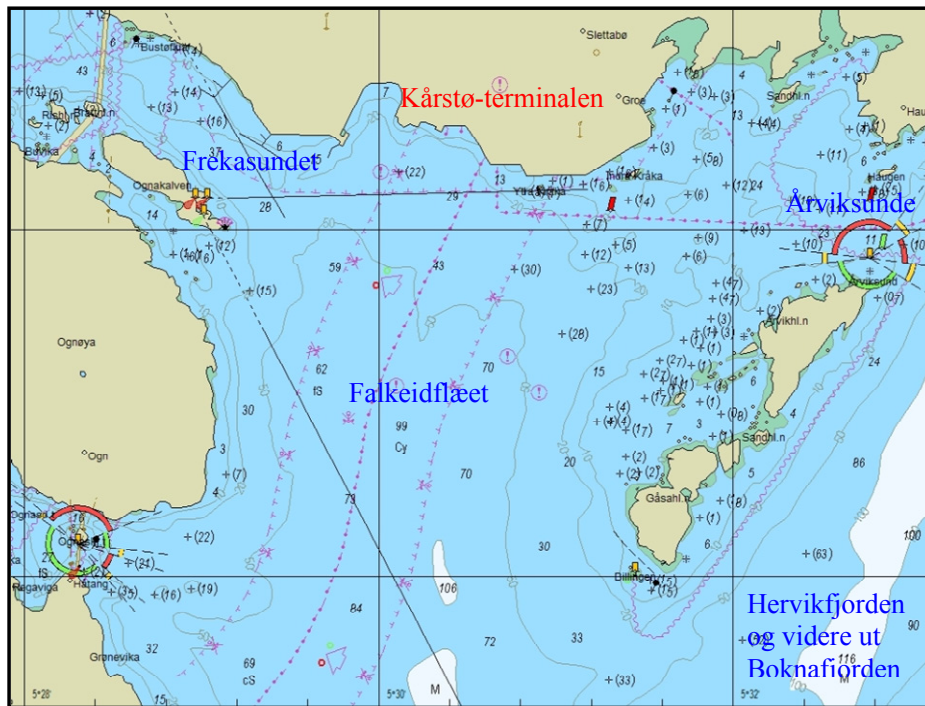
Gasskraftverket på Kårstø med det planlagte fangstanlegget for CO₂ medfører behov for større mengder kjølevann. Det har vært utredet å føre kjølevannet gjennom eksisterende inntak-og utslipp, eller evt. etablere nytt. Sistnevnte alternativ medfører inntak på dyp inntil 90 m på austsida av Haugsneset 2 km aust for Kårstø-terminalen. Nytt utslipp er tenkt plassert sørøst for terminalen, på 40-50 m dyp.

I løpet av høsten 2008 ble det utarbeidet en konsekvensutredning (KU) for fangstanlegget (Kjerschow et al. 2009), der utslipp til sjø på forhånd var vurdert av NIVA i egne rapporter (Sundfjord et al. 2008, Pedersen et al. 2009). I forbindelse med den siste studien, og med henvisning til manglene i eksisterende datamateriale for resipienten ved Kårstø, ble det utført nye målinger i andre halvdel av 2008 så langt tiden for KU-arbeidet tillot det.

Feltprogrammet startet i juni 2008. Det bestod av strømmåling på Falkeidflæet (**Figur 1**), logging av temperatur (og salinitet) i 70 m og 100 m dyp ved kjølevannsinntaket ved Haugsneset (**Figur 5**), samt supplerende vertikalprofiler for hydrografi ved Haugsneset og på Falkeidflæet. Pedersen et al. (2009) tok med noen resultater fra første delen av måleprogrammet. Eldre data fra området var tidligere gjennomgått av NIVA i en egen rapport, (Sundfjord et al. 2008).

Da arbeidet med KUen nærmet seg slutten, ble det gjort avtale om å fortsette målingene i sjøen for å få dekket en hel årssyklus, m.a.o. fortsette fram til sommeren 2009. Dette ga en tilnærmet kontinuerlig årsserie for inntakstemperatur, og strømmålinger fordelt over alle årstidene.

Foreliggende rapport gir en kortfattet oppsummering av måleprogrammet, og presenterer utdrag av dataseriene i figurer.



Figur 1. Kart over sjøområdet sør for Kårstø.

Til feltarbeid med utsetting og opptak av måleutstyr m.m. benytta vi Magnus Odland fra Susort og hans båt ”Joker” (**Figur 3**).

Strømmålingene foregikk i sjøområdet sør-sørøst for terminalen (**Figur 2** og **Figur 11** s. 13), mens temperaturloggingen foregikk øst for Haugsneset (**Figur 5**). **Tabell 1** gir en samlet oversikt over måleperioder og måletidspunkt.



Figur 2. Sentrale og østre deler av Kårstøterminalen. Nytt kjølevannsutslipp kan komme i sjøområdet i forgrunnen.



Figur 3. ”JOKER”, med skipper Magnus Odland.

Tabell 1. Oversikt over måleperioder og tidspunkt for vertikalprofilering (hydrografisk profil).

År:	2008							2009					
Måned:	jun	jul	aug	sep	okt	nov	des	jan	feb	mar	apr	mai	jun
Strømmåling													
Temperaturlogging													
Hydr. profil (dato)	13.		7.	25.			12.		13.	20.	7.	19.	11.

2. Temperaturmålinger og profiler

2.1 Temperaturlogging ved kjølevannsinntaket

Eksisterende sjøvannsinntak er ved Haugsneset øst for terminalområdet (**Figur 5**), på ca 70 m dyp. Nytt inntak av kjølevann kan også bli lokalisert der, på minst 70 m dyp, evt. enda dypere dersom dette kan innebære en fordel temperaturmessig. Det var derfor hensiktsmessig å måle i 70 m dyp som referanse, samt i 100 m som et mulig dypere alternativ.

2.1.1 Måleutstyr og plassering

Det ble benyttet små lette (1-2 kg) batteridrevne loggere (**Figur 4**) av merke RBR med internt dataminne, opphengt i tau. Målerne registrerte sjøens temperatur og konduktivitet (som kan omregnes til salinitet). Plassering av målerne ved Haugsneset er vist i **Figur 5**.

Målingene foregikk samtidig i 70 m og 100 m dyp. Måleintervallet var satt til 30 minutter. Selve måleriggen bestod av forankring på litt over 100 m dyp, tau og en bøye på overflata. Loggerne var festet inn på tauet i respektive dyp. Små oppdriftskuler sørget for å løfte loggerne opp og klar av bunnen.

Målingene startet i juni 2008, og pågikk til juni 2009 med et opphold i november-desember (**Tabell 1**) i forbindelse med etablering av nytt prosjekt, samt noen korte opphold innimellom i forbindelse med ettersyn, avlesing av data og batteriskifte.



Figur 4. Temperaturloggere av merke RBR ble benyttet til målingene ved Haugsneset.

2.1.2 Måleresultat

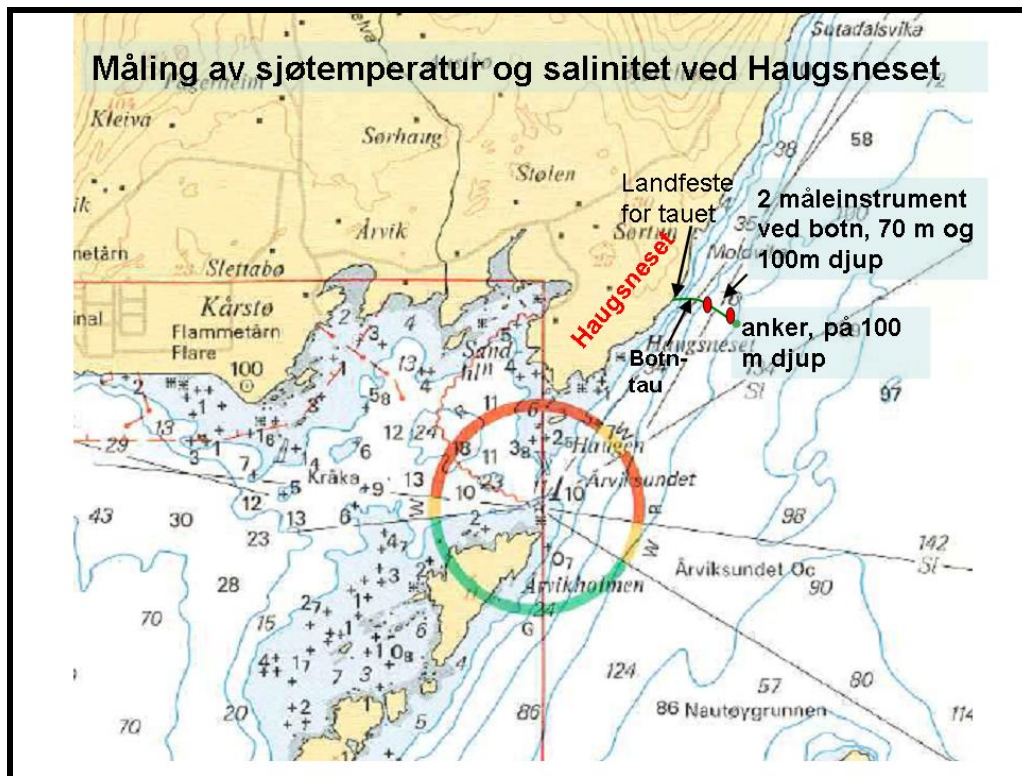
Målingene foregikk i perioder på 1-2 måneders varighet, avbrutt av opptak for avlesing, batteriskifte og kontroll. Målerne fungerte bra for temperaturesensoren. Logging av saliniteten (konduktivitet) i 70 m dyp svikta etter ei stund, og denne loggeren hadde også problemer de siste to månedene av måleperioden slik at data fra dette dypet mangler da. Den perioden er sannsynligvis av mindre interesse enn høstperioden, i og med at det da er forventet fortsatt liten forskjell mellom 70 m og 100 m (der vi har data), og det generelt sett fortsatt er lave sjøtemperaturer i etterkant av vinteren; oppvarminga når ikke så dypt før noe senere på sommeren. Dette bekreftes også av temperaturprofiler for noen tidspunkter (**Figur 9**).

Figur 6 viser måleresultatene for temperatur i 70 m og 100 m dyp. Verdiene i 70 m dyp ligger, som forventet, generelt sett noe høyere enn i 100 m dyp. I begynnelsen er det knapt noen forskjell, men fra juli 2008 og utover er det en klart økende differanse mellom de to måledypene. I september er denne forskjellen inntil 3 °C i korte perioder. Dette indikerer nivået på den temperatursenkingen på

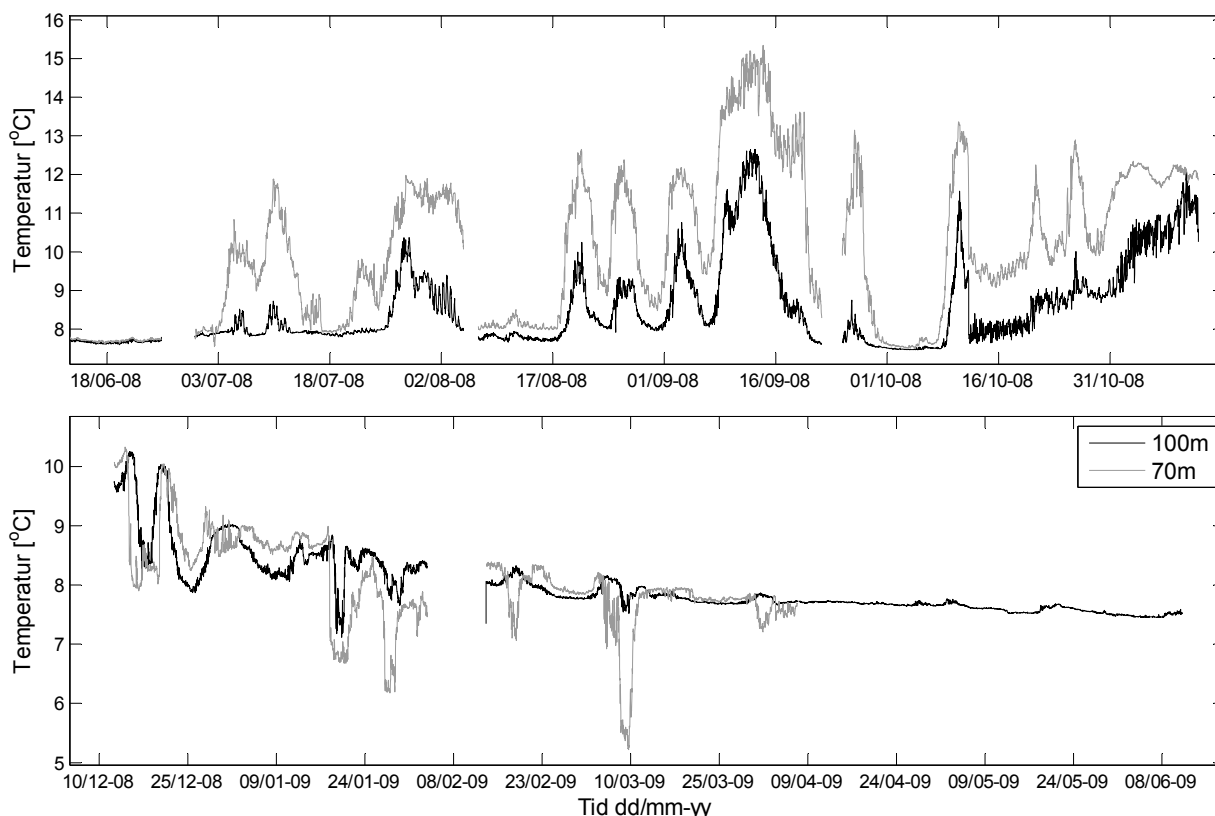
kjølevannet som en tidvis kan oppnå ved å øke inntaksdypet fra 70 til 100 m. Utover vinteren og våren 2009 falt temperaturen i begge måledyp, og konvergente mot om lag samme verdi på rundt 8 °C.

Korttidsvariasjonene avtok også med økende dyp, men var fortsatt tydelige i 100 m dyp utover høsten 2008, med svingninger på 3-4 grader eller mer over perioder på noen dager. Dette gjelder begge måledyp, men er mest markert i 70 m.

Perioden på disse svingningene synes å være på 6-7 dager; sannsynligvis er de drevet av langperiodiske komponenter i tidevannet, men kan også skyldes bølgefenomener ute i Nordsjøen (f.eks. Kelvinbølger).



Figur 5. Plassering av de to temperaturloggerne ved Haugsneset. Vertikalprofiler ble tatt både ved Haugsneset og inne på Falkeidflæet, vest for Årvikholmen.



Figur 6. Målt temperatur i 70 m og 100 m dyp for alle måleperiodene ved Haugsneset juni 2008-juni 2009. Manglende data i perioden 25. juni – 3. juli 2008 og noen andre perioder skyldes at loggerne da ble tatt på land. De to figurene viser data h.h.v. før og etter et lengre måleopphold mellom 13. november og 12. desember 2008. Merk ulik skala på temperaturaksene for øvre og nedre figur.

2.2 Nye hydrografiske profiler

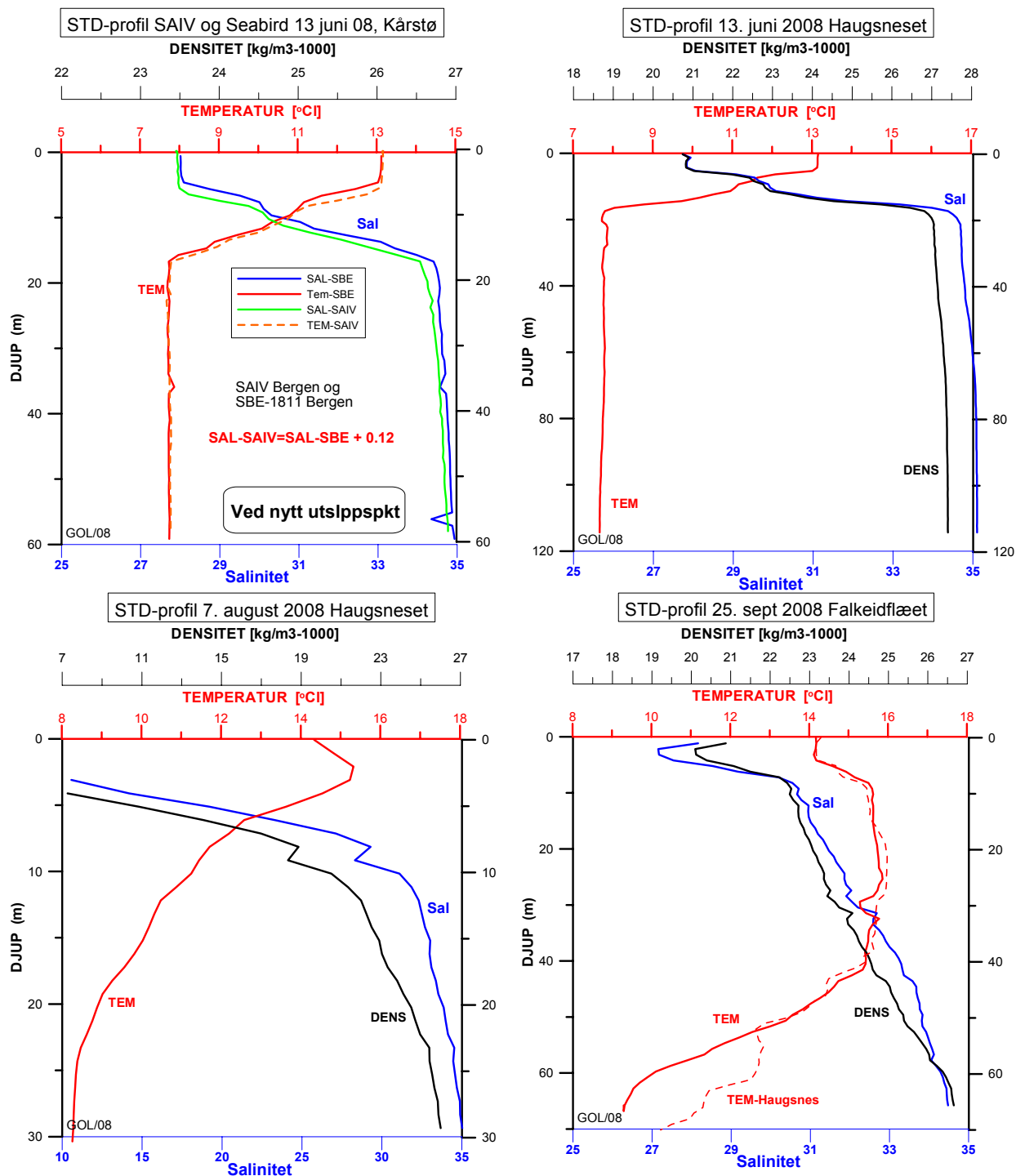
Til vertikalprofileringen benyttet vi nedsenkbare målesonder av type Seabird SBE-19 og SAIV SD204, begge med internt dataminne og sensorer for temperatur, salinitet (konduktivitet) og dyp (trykk). Slike målinger ble kun utført på dager med feltarbeid i forbindelse med utsetting av strømmåler etc. **Tabell 1** viser datoene for disse målingene, som oftest med profiler både ved Haugsneset og på Falkeidflæet.

Figur 7 viser vertikalprofiler på Falkeidflæet (nær tiltenkt nytt utslippspunkt) og ved Haugsneset målt den 13. juni, 7. august og 25. september 2008. Første figur med data fra 13. juni har med målinger fra begge sondene fra Falkeidflæet, og det framgår at det er god ovenstemmelse mellom disse. Et tydelig hydrografisk skille lå rundt 18 m dyp, mellom et sjiktet lag over, og homogent vann nedover mot bunn.

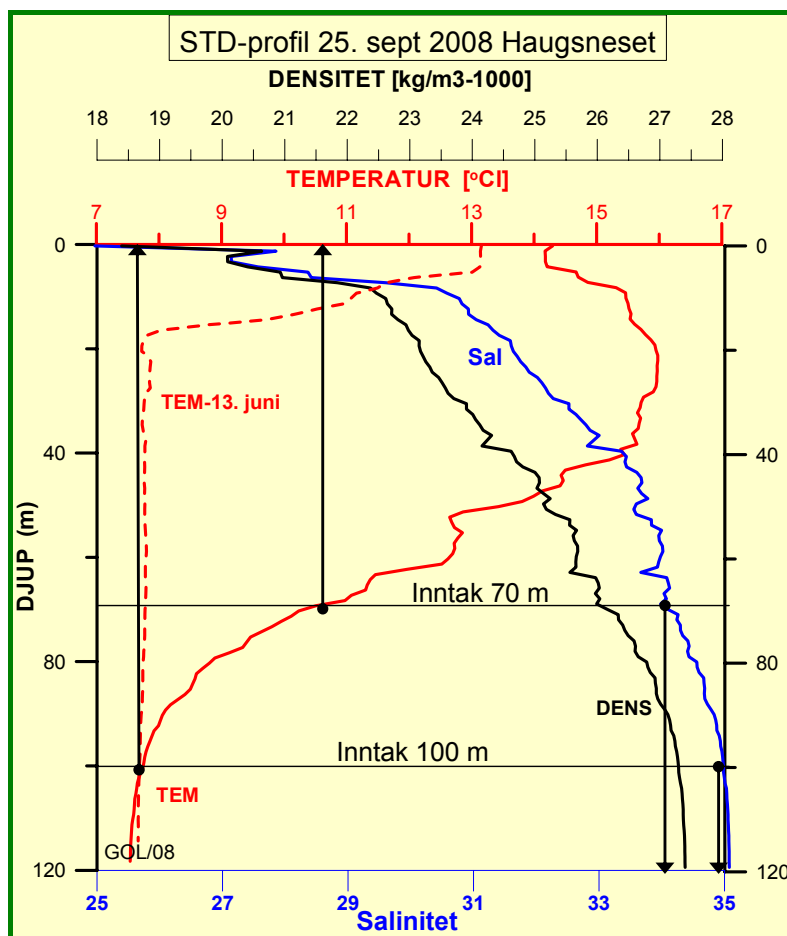
Målingene 7. august som gikk til kun 30 m dyp viser tydelig brakkvannspåvirkning i det øvre laget (10 m), med salinitet under 10.

Profilen tatt ved Haugsneset 13. juni som også er framstilt i **Figur 7** viser de samme trekkene som på Falkeidflæet for sammenlignbare dyp. Den homogene vannmassen strakte seg helt til bunn på ca 120 m. Temperaturen der lå på knapt 8°C, og saliniteten litt i overkant av 35. Ved dette tidspunktet i juni var det m.a.o. liten forskjell mellom temperaturen i 70 m og 100 m dyp, noe som også harmonerer godt med målingene fra loggerne i disse dypene i samme periode.

Målingene 25. september 2008 på Falkeidflæet viser at det da var inntrådt tydelig oppvarming i sjøen ned til ca 40 m. Derfra avtok verdiene til ca 9°C nær bunn på 65 m. Temperaturen målt samtidig ved Haugsneset er tatt med i samme figur til 65 m dyp. Den viser samsvar med Falkeidflæet ned til 55 m dyp og litt varmere vann ved Haugsneset på større dyp.



Figur 7. Målte vertikallprofiler av sjøens temperatur, salinitet og densitet (beregna) den 13. juni, 7. august og 25. september 2008. Merk ulik skala i de fire figurene både for dyp og målevariable.

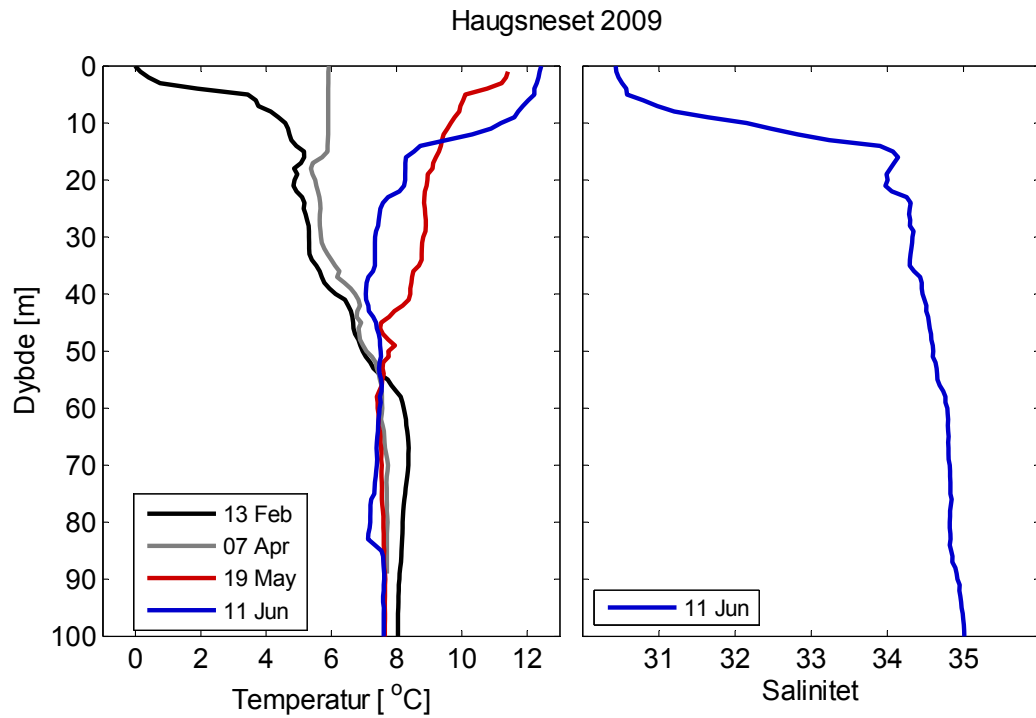


Figur 8. Målt vertikalprofil av sjøens temperatur, salinitet og densitet (beregna) ved Haugsneset 25. september 2008. For sammenlikning har vi også plottet temperaturkurven fra 13. juni samme år.

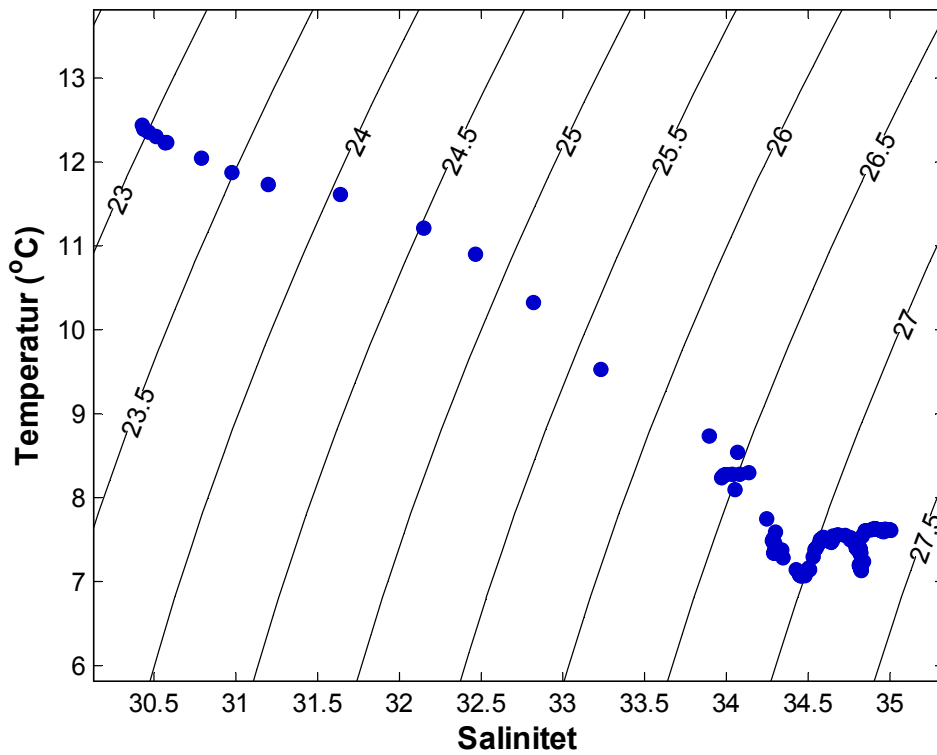
De fullstendige målingene ved Haugsneset 25. september er tatt med i **Figur 8**. Det framtrer en tydelig oppvarming i vannsøylen helt ned til 70-80 m. Det framgår tydelig ved sammenlikning med temperaturene målt 13. juni samme sted som er tatt med i figuren. Vi har også markert 70 m og 100 m dypene (alternative inntaksdyp for kjølevann) i figuren. Temperaturforskjellen er på ca 3 °C ved dette tidspunktet (7.7 versus 10.7 °C).

Figur 9 viser vertikalprofiler ved Haugsneset målt i 1. halvdel av 2009. Temperaturen i februar var høyest under ca 50 m dyp, og lavest over 50m. Under ca 50 m dyp lå temperaturene mellom 7 og 8.5 °C for alle måletidspunktene.

Også i denne perioden er det m.a.o. liten forskjell på temperaturen målt i 70 m og 100 m dyp. Et såkalt T/S-diagram av profilmålingene 11. juni 2009 er framstilt i **Figur 10**. Det har med isolinjer for beregnet densitet og illustrerer sjiktningen og vannmasser/typer som er til stede. Vi ser at målepunktene ligger omtrent langs ei rett linje normalt på densitetskurvene for salinitet mellom 32 og ca 34.0 (sigma ca 26.5). Som **Figur 9** viser, tilsvarende dette det meste av vannet i det markerte sprangsjiktet mellom 10 og 15 m dyp. Det rettlinjete forløpet tyder på at sprangsjiktet er et overgangslag, dannet ved blanding mellom nedre del av overflatelaget og laget fra 15 til 20 m. Et lokalt temperaturminimum omkring salinitet 34.5 finnes i dypvannet, og det framgår av **Figur 9** at det ligger omkring 80 m dyp.



Figur 9. Vertikalprofiler av temperatur ved Haugneset ved fire tidspunkter i 2009. Salinitet for profilen 11. juni 2009 er vist t.h., de øvrige tre måleprofilene hadde et mulig avvik på konduktivitetssensoren og er derfor utelatt.



Figur 10. T/S-diagram for hydrografiprofilen ved Haugneset 11. juni 2009. De tynne svarte linjene er isolinjer for lik densitet (enhet: $\text{kg/m}^3 - 1000$).

3. Strømmålinger

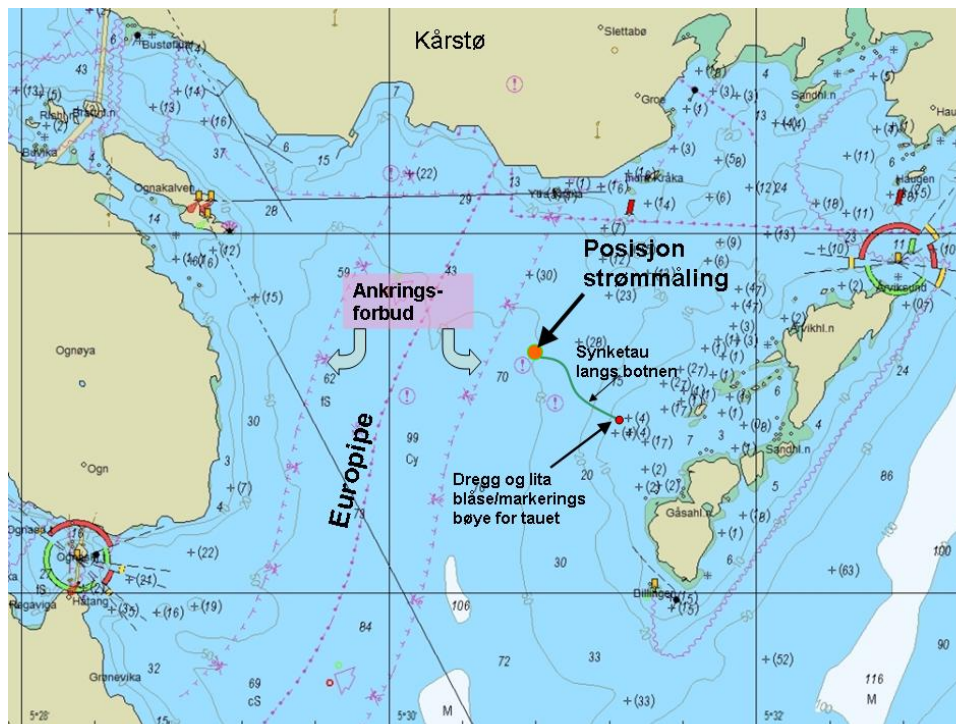
Et eventuelt nytt kjølevannsutslipp kan bli lokalisert i sjøområdet S-SØ for terminalen, på minimum 40 m dyp. Det var ikke på forhånd oppgitt noen eksakt posisjon for planlagt utslipp. Strømmåleren ble derfor satt ut på 50 m dyp, så langt nordøst som mulig, slik at de mest aktuelle dybdesjiktene for vurderinger av spredning av kjølevannet m.m. ble dekket.

3.1 Måleopplegget

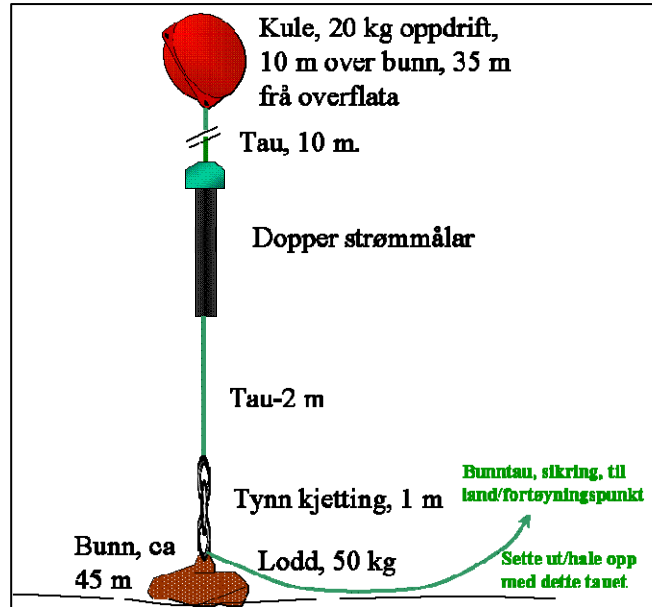
Kartet i **Figur 11** viser plasseringen av måleren. Bunntauet gikk innover mot grunna vest for Gåsholmen, der tauet var sikret med dregg og ei blåse (for å lette innhenting/opptak).

Måleriggen bestod av en Nortek Aquadopp 600 kHz profilerende Doppler strømmåler, samt oppdriftskule, tau/kjetting og et bunnlodd på 50 kg. Måleutstyret var lett (< 5 kg), og nær nøytralt i sjøen. Med oppdrift på 20 kg fikk riggen en vekt på ca 30 kg i sjøen. **Figur 12** illustrerer rigginga.

Måleren var satt til å logge strømmen i flere måleceller fordelt jevnt fra like over instrumentet til nær overflaten. I første måleperiode var det satt opp 10 måleceller med logging hvert 15. minutt. I andre periode og utover ble oppløsningen satt til 20 celler, og 10 minutters måleintervall.



Figur 11: Posisjon for plassering av strømmåleren samt markering av synketauet som ble strakt fra måleren og inn mot grunna vest for Gåsholmen. Der ble det lagt ut en dregg og et tau opp til ei lita blåse/bøye i overflata.



Figur 12. Måleriggen for strøm. Riggen ble klargjort i båten, og firt ned med ekstra tau festet i loddet.

Første måleperiode varte fra 13. juni til 17. juli 2008. Andre måleperiode varte fra 7. august til 10. september 2008. Tredje måleperiode begynte med utsetting 12. desember 2008. Ved kontroll av bøya tidlig i januar 2009 var denne borte. Det ble gjennomført noen søk, men uten å finne måleren. Først i mars ble den funnet, intakt og i opprinnelig posisjon, under et søk med NIVAs ROV. Av taurestene til bøya så det ut som om en skipspropell hadde kuttet dette. Fjerde måleperiode for strøm var fra 19. mai til 11. juni 2009.

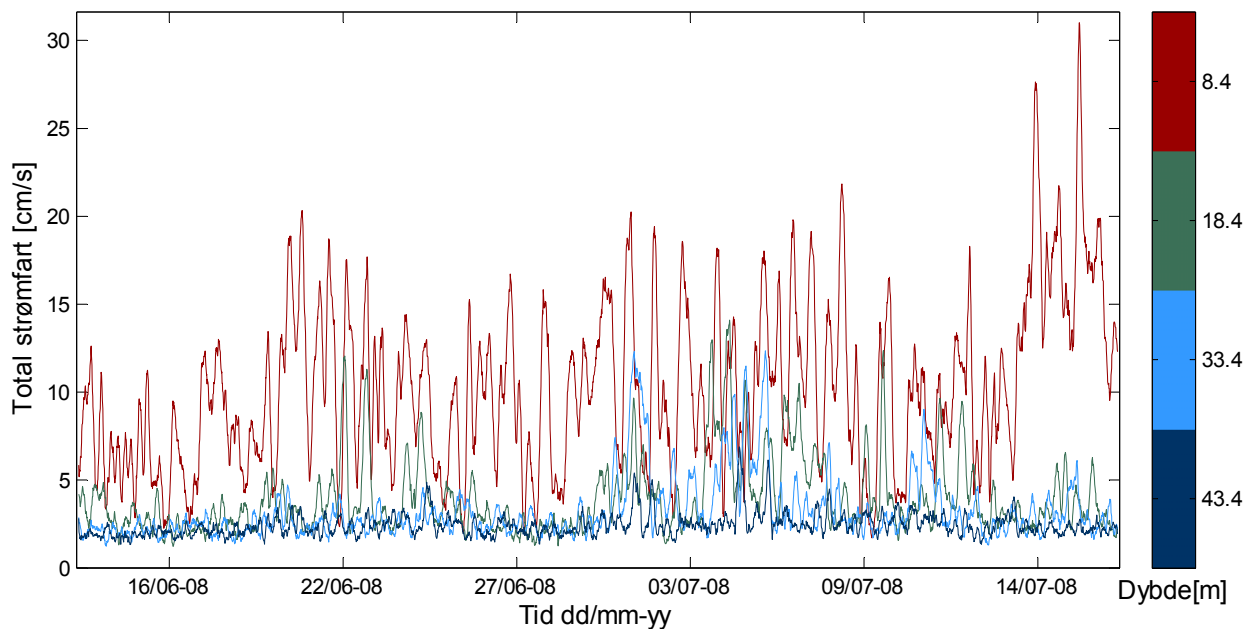
Måleren fungerte problemfritt ved alle målingene. Ved den 3. måleperioden gikk batteriet tomt etter ca 6 uker i sjøen, d.v.s. før måleren ble funnet og tatt opp.

Vi presenterer i det følgende kortfatta resultatene fra de fire måleperiodene ved utvalgte måleceller. Pga ulik instrumentkonfigurasjon og små variasjoner i instrumentdybde vil de utvalgte dypene variere litt mellom de ulike måleseriene. Vi har valgt ut måledyp som stemmer mest mulig overens mellom de fire periodene.

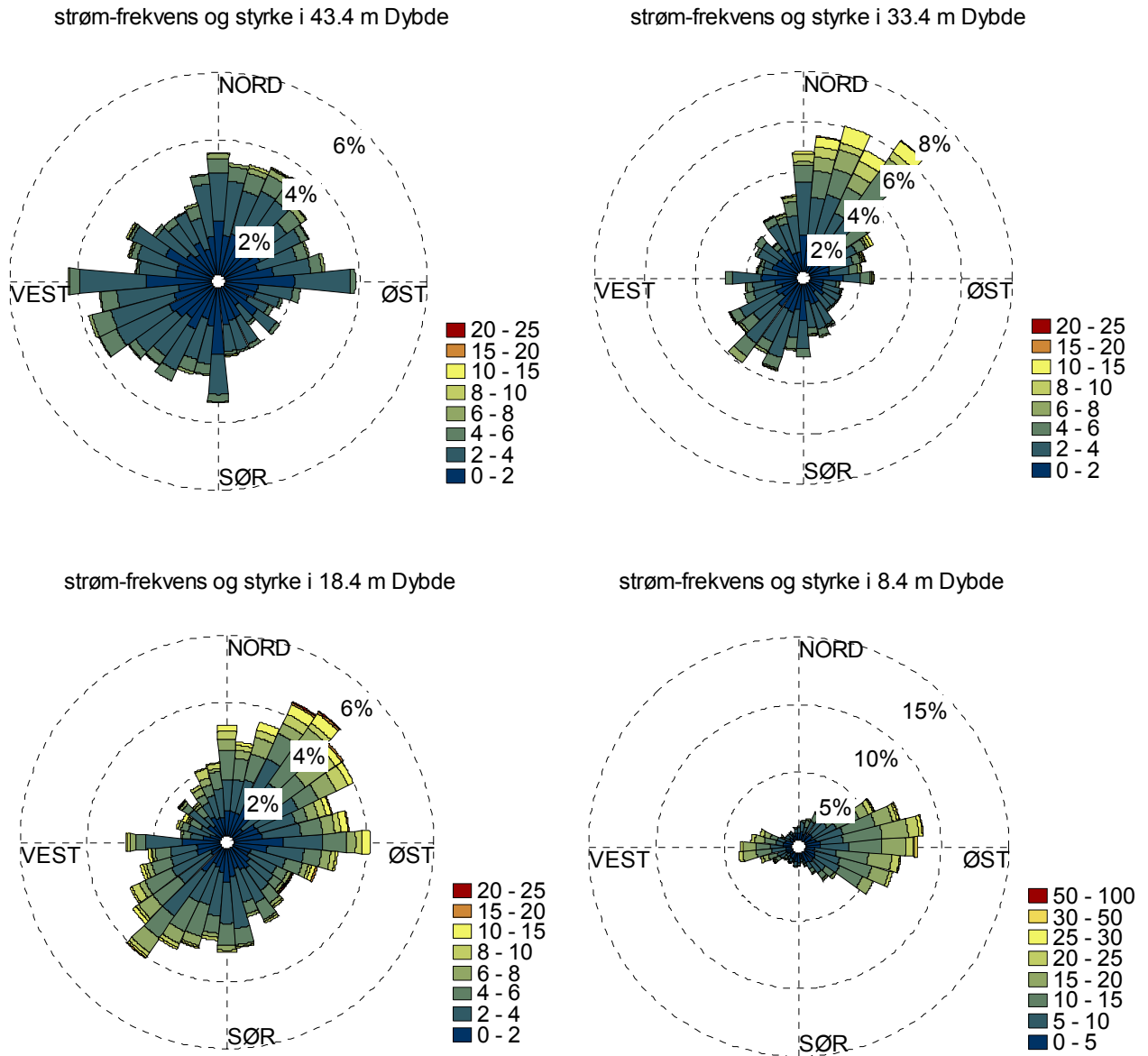
3.2 Resultater for måleperioden juni-juli 2008

Figur 13 viser målt strømhastighet i fire utvalgte dyp for 1. måleperiode. I figuren er dataene glattet med 3 timers glidende middel for å unngå høyfrekvente variasjoner og støy. Maksimal strømfart var 11.3cm/s i 43.4 m dyp, 17.7cm/s i 33.4 m dyp, 23.4cm/s i 18.4 m dyp og 37.8cm/s i 8.4 m dyp. Middelerverdiene lå rundt h.h.v. 2.4, 3.2, 3.9 og 10.2 cm/s.

Strømretningen var i hovedsak rettet mot nordøst, med en sekundær retning mot sørvest (**Figur 14**). Dette gjaldt dyp fra ca 10 m og nedover; i øvre lag var retningsfordelingen mer øst-vest, sannsynligvis i større grad påvirket av vindforholdene enn av bunntopografien som bestemmer retningen dypere nede.



Figur 13: Målt strømfart (cm/s) i 1. måleperiode for fire utvalgte dyp - 8.4 m (rød), 18.4 m (grønn), 33.4 m (lyseblå) og 43.4 m (mørkeblå).

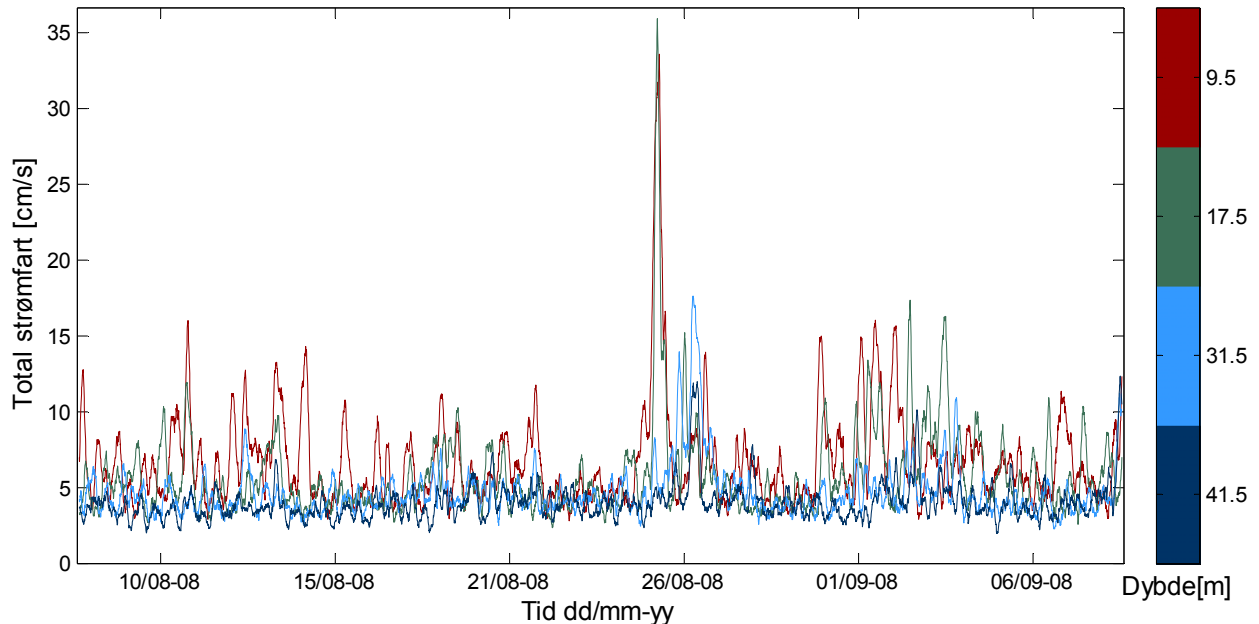


Figur 14: Strømroser for fire utvalgte dyp i 1. måleperiode. Lengden på stolpene angir hvor stor del av målingene som er innenfor den gitte retningen. Fargene angir strømfartfordelingen (cm/s) innenfor den gitte retningen. Vær oppmerksom på at figuren nede til høyre har en annen fargeskala p.g.a. høyere strømfart.

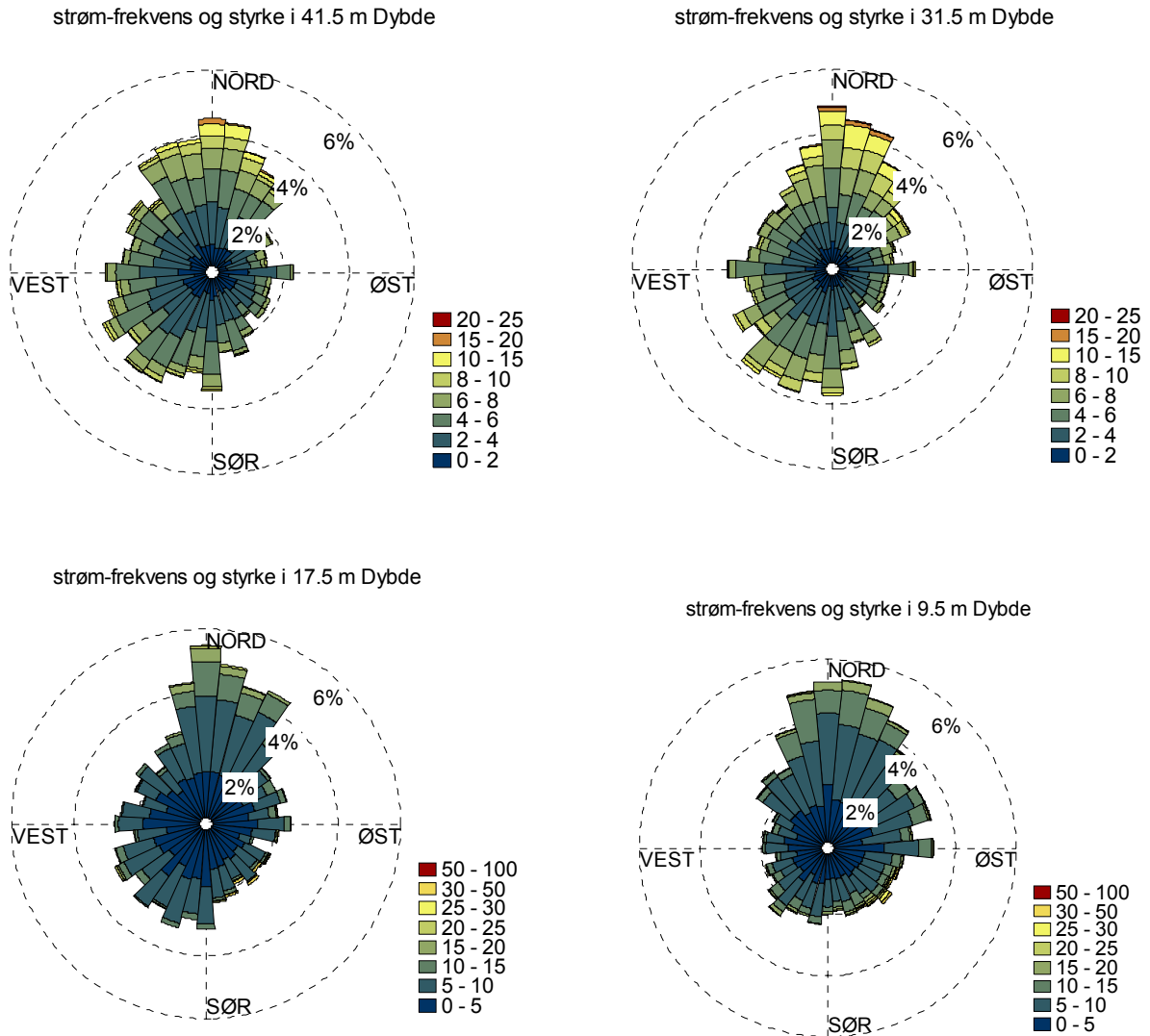
3.3 Resultater for måleperioden august-september 2008

Utvalgte data fra 2. måleperiode er vist i **Figur 15** (strømfart med 3 timers glidende middel) og i **Figur 16** (strømroser). Tidsseriene for strømfart viser ganske konstante og moderate/lave verdier (< 10 cm/s) det meste av tiden. Rundt 26. august var det en episode med kraftig strøm i hele vannsøylen, med en liten forsinkelse i de to dypere lagene. Maksimal strømfart var på henholdsvis 19.9, 23.6, 44.3 og 50.1 cm/s i 41.5, 31.5, 17.5 og 9.5 m dyp. Gjennomsnittlig strøm var på henholdsvis 4.0, 4.7, 5.8 og 6.7 cm/s.

Strømretningen var, som i første måleperiode, rettet nordøst/sørvest, med mest innslag av strøm med retning mot nordøst.



Figur 15: Målt strømfart (cm/s) i 2. måleperiode for fire utvalgte dyp – 9.5 m (rød), 17.5 m (grønn), 31.5 m (lyseblå) og 41.5 m (mørkeblå).

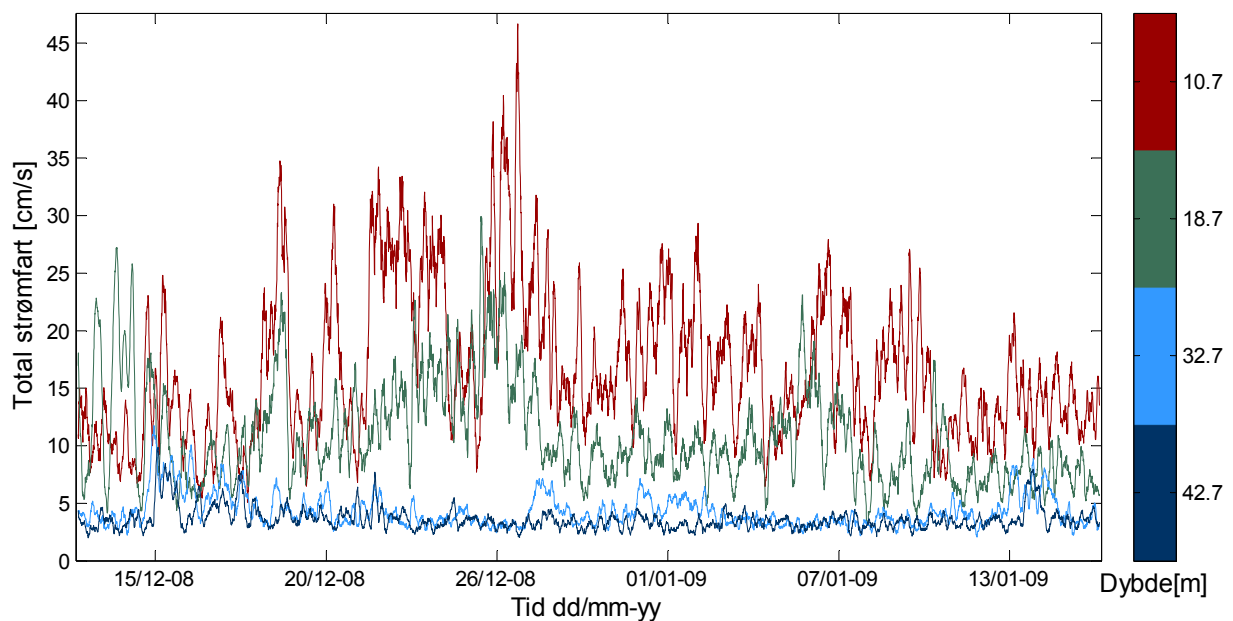


Figur 16: Strømroser for fire utvalgte dyp i 2. måleperiode. Lengden på stolpene angir hvor stor del av målingene som er innenfor den gitte retningen. Fargene angir strømfartfordelingen (cm/s) innenfor den gitte retningen. Vær oppmerksom på at de to nederste figurene har en annen fargeskala p.g.a. høyere strømfart.

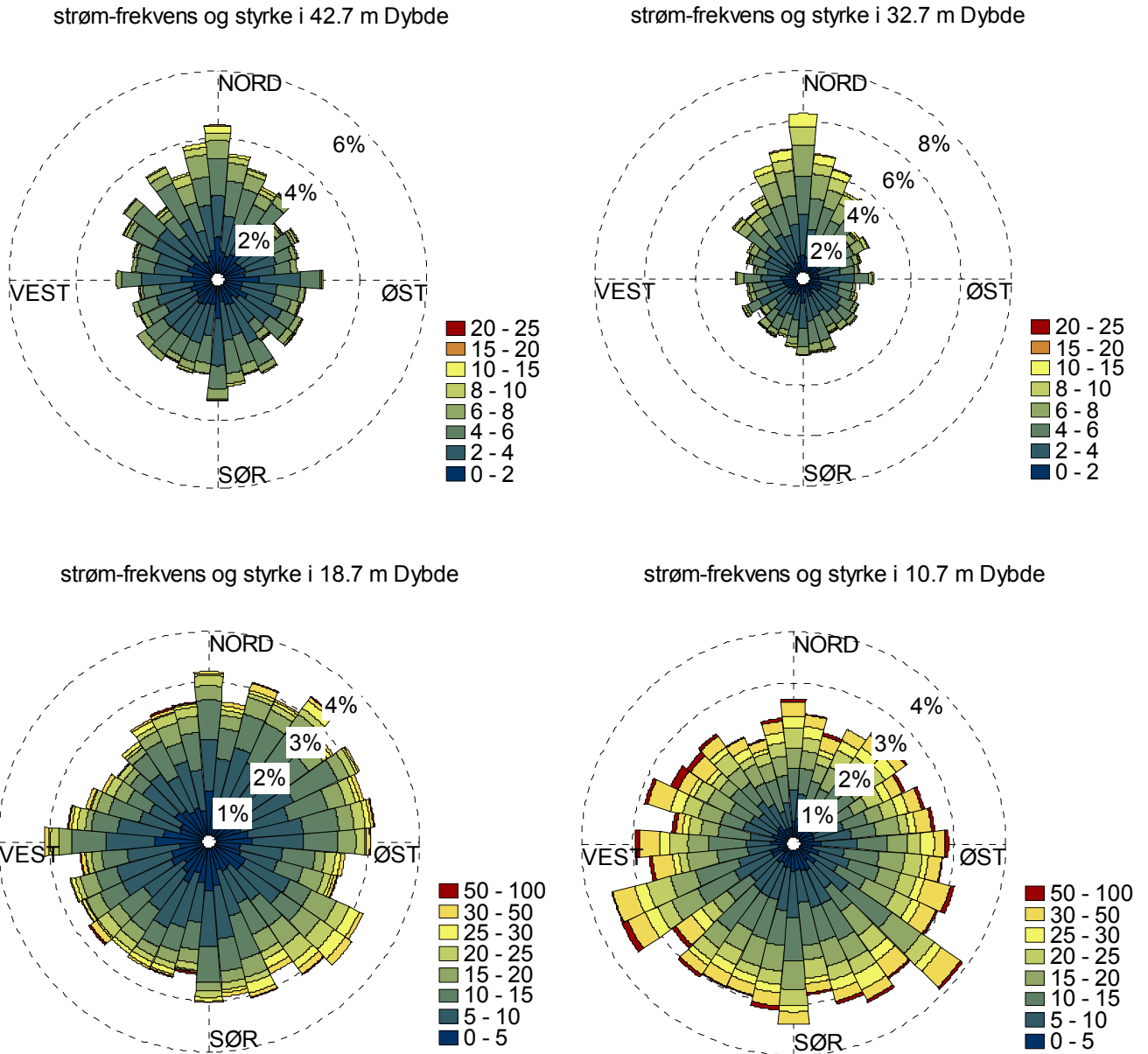
3.4 Resultater for måleperiode desember 2008 – januar 2009

Utvalgte data fra 3. måleperiode er vist i **Figur 17** (strømfart med 3 timer glidende middel) og i **Figur 18** (strømroser). Vi registrerte betydelig høyere strømfart i de to øverste dypene i forhold til måleperiode 1 og 2. I de to dypere lagene er forholdene omtrent som før. Maksimale hastigheter lå på henholdsvis 16.3, 17.8, 77.6 og 101.5 cm/s i henholdsvis 42.7, 32.7, 18.7 og 10.7 m dyp. Tilsvarende middelværdier var 3.6, 4.3, 10.8 og 16.7 cm/s. Vi legger også merke til at i starten av måleperioden var strømfarten sterkere i 18.7m enn i 10.7 m dyp.

Strømretningen var mer kaotisk enn for de to foregående periodene, med en overvekt av sørlig retning i de øvre dypene og mer nordlig retning i de dypere lagene.



Figur 17: Målt strømfart (cm/s) i 3. måleperiode for fire utvalgte dyp – 10.7 m (rød), 18.7 m (grønn), 32.7 m (lyseblå) og 42.7 m (mørkeblå).

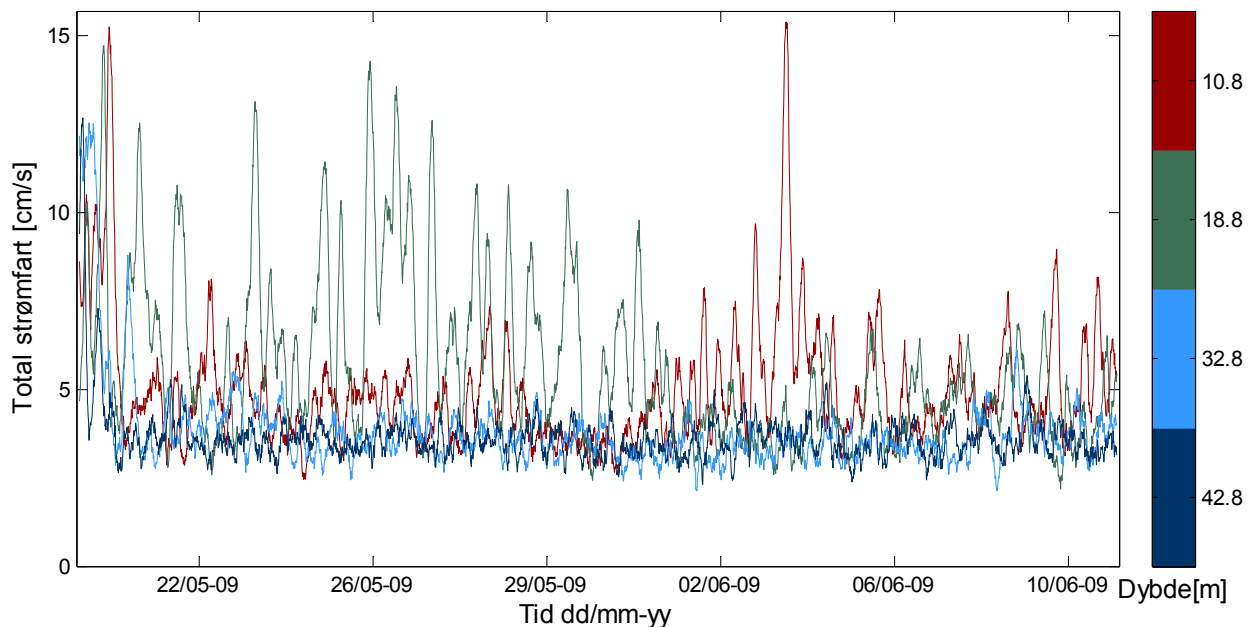


Figur 18: Strømroser for fire utvalgte dyp i 4. måleperiode. Lengden på stolpene angir hvor stor del av målingene som er innenfor den gitte retningen. Fargene angir strømfartfordelingen (cm/s) innenfor den gitte retningen. Vær oppmerksom på at de to nederste figurene har en annen fargeskala p.g.a. høyere strømfart.

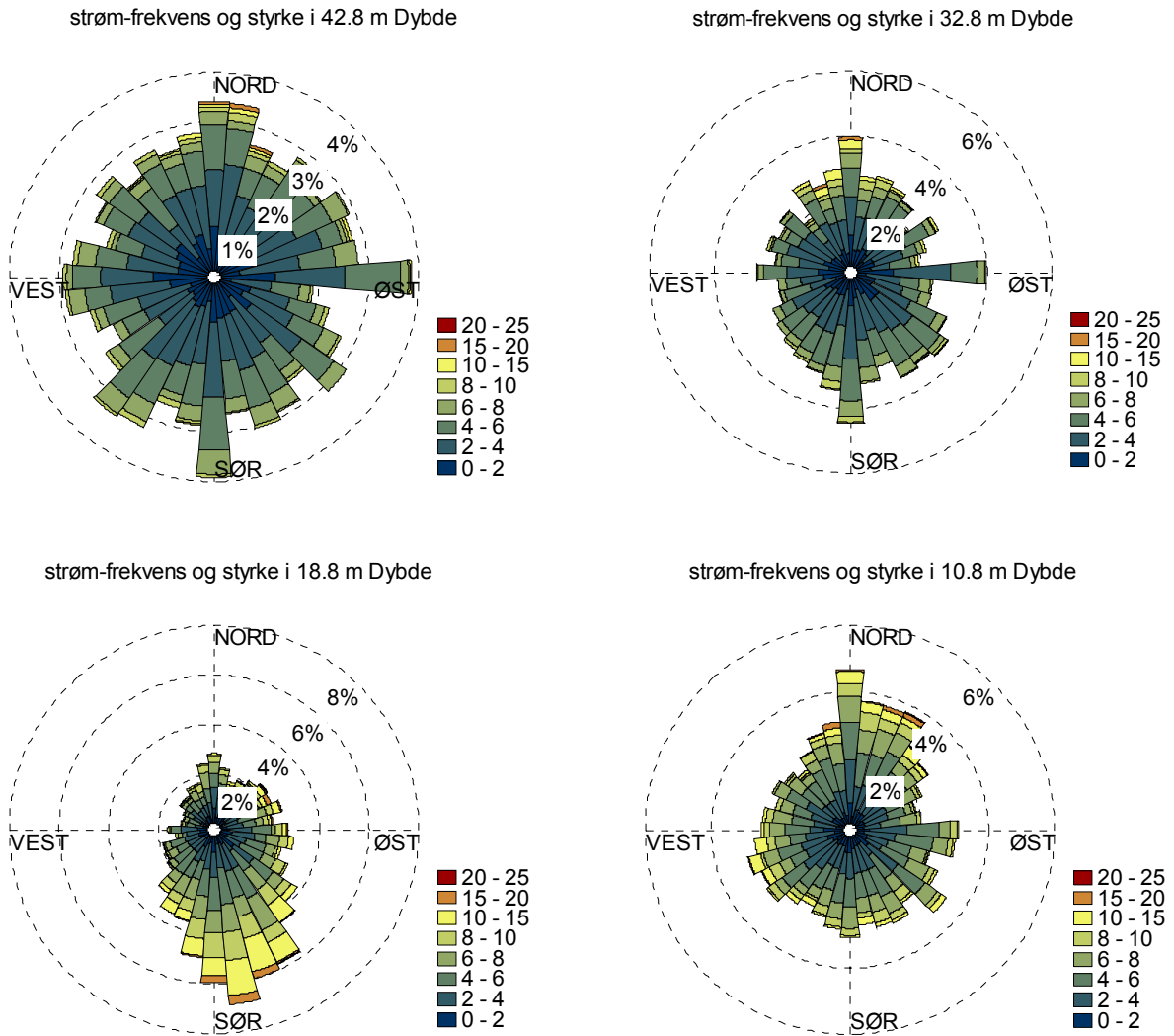
3.5 Resultater for måleperioden mai – juni 2009

Utvalgte data fra 4. måleperiode er vist i **Figur 19** (strømfart med 3 timers glidende middel) og i **Figur 20** (strømroser). Vi ser at strømmen oftest var relativt svak (< 5 cm/s). I første halvdel av perioden er strømmen sterkere i 18.8 m enn i 10.8 m. Vi ser også at strømmen ved bunn og øverst oppe er omtrent av samme styrke. Maksimal strømfart lå på 19.4, 19.4, 21.7 og 21.7 cm/s for 42.8, 32.8, 18.8 og 10.8 m dyp, mens tilsvarende midlere strømfart lå på 3.6, 3.8, 5.7 og 5.0 cm/s.

Resultatene viser at i denne perioden var det stor variasjon i strømstyrke for de fire dypene. I det dypeste laget (42.8 m) er det nokså kaotisk, mens det i 32.8 m dyp er en viss tendens til nord-sør retning. I 18.8 m dyp ser vi en klar dominans av sørlig strøm, mens det nærmere overflaten er mer nord nordøstlig retning.



Figur 19: Målt strømfart (cm/s) i 4. måleperiode for fire utvalgte dyp – 10.8 m (rød), 18.8 m (grønn), 32.8 m (lyseblå) og 42.8 m (mørkeblå).



Figur 20: Strømroser for fire utvalgte dyp i 4. måleperiode. Lengden på stolpene angir hvor stor del av målingene som er innfor den gitte retningen. Fargene angir strømfartfordelingen (cm/s) innfor den gitte retningen.

3.6 Oppsummerende tabell for strømmålingene

Dominerende strømretning, strømstyrke med mer for fire utvalgte måledyp og alle periodene er oppsummert i **Tabell 2**.

Det framgår at gjennomsnittlig strømstyrke økte fra verdier rundt 2-4 cm/s ved bunnen til opp mot 17 cm/s i 10 m dyp. Denne tendensen gjaldt alle måleperiodene med unntak av siste periode, da det var litt svakere verdi i 10 m enn i 18.8 m dyp.

Det framgår at strømstyrken til tider var oppe i 1 m/s, men det var bare kortvarig; strøm midlet over 3 timer var maksimalt 46 cm/s (**Figur 17**). De kraftigste strømepisodene var oftest assosiert med østlig - sørøstlig rettet strøm. Strømretning mellom nord og øst dominerte ellers i 10 m dyp, mens retning mer mot nord evt. NV dominerte nær bunnen.

Siste måleperiode hadde noe forskjellige resultater i forhold til de tre andre periodene; både svakere strøm generelt, og en mer jevn fordeling av strømretninger i dypere sjikt, med større innslag av strøm mot sør/øst.

Tabell 2. Oppsummering og statistikk for strømmålingene i de ulike periodene for fire utvalgte dyp.

Måleperiode	Dyp (m)	Dominerende Strømretning (retning mot)	Strømstyrke (cm/s)			Standard-avvik (cm/s)
			Gjennomsnitt	90% persentil	Maksimal (m/retning)	
1 13.06.2008- 17.07.2008	43.4	V - VSV	2.4	4.2	11.3 (166°)	1.4
	33.4	NNØ	3.2	6.0	17.7 (74°)	2.3
	18.4	NØ	3.9	7.5	23.4 (131°)	2.7
	8.4	Ø	10.2	18.0	37.8 (90°)	5.8
2 07.08.2008- 09.09.2008	41.5	N-NNV	4.0	7.1	19.9 (3°)	2.4
	31.5	N-NNØ	4.7	8.2	23.6 (22°)	2.8
	17.5	N-NNØ	5.8	10.2	44.3 (132°)	4.0
	9.5	N	6.7	11.9	50.1 (108°)	4.5
3 12.12.2008- 16.01.2009	42.7	N	3.6	6.4	16.3 (0°)	2.1
	32.7	N	4.3	7.7	17.8 (23°)	2.4
	18.7	NØ-SØ	10.8	20.9	77.6 (284°)	7.9
	10.7	VSV og SØ	16.7	32.1	101.5 (151°)	11.8
4 19.05.2009- 11.06.2009	42.8	N (mer jevnt)	3.6	6.3	19.4 (9°)	2.1
	32.8	S, Ø og N	3.8	6.5	19.4 (343°)	2.3
	18.8	SSØ	5.7	10.3	21.7 (49°)	3.4
	10.8	N-NNØ	5.0	8.7	21.7 (25°)	2.9

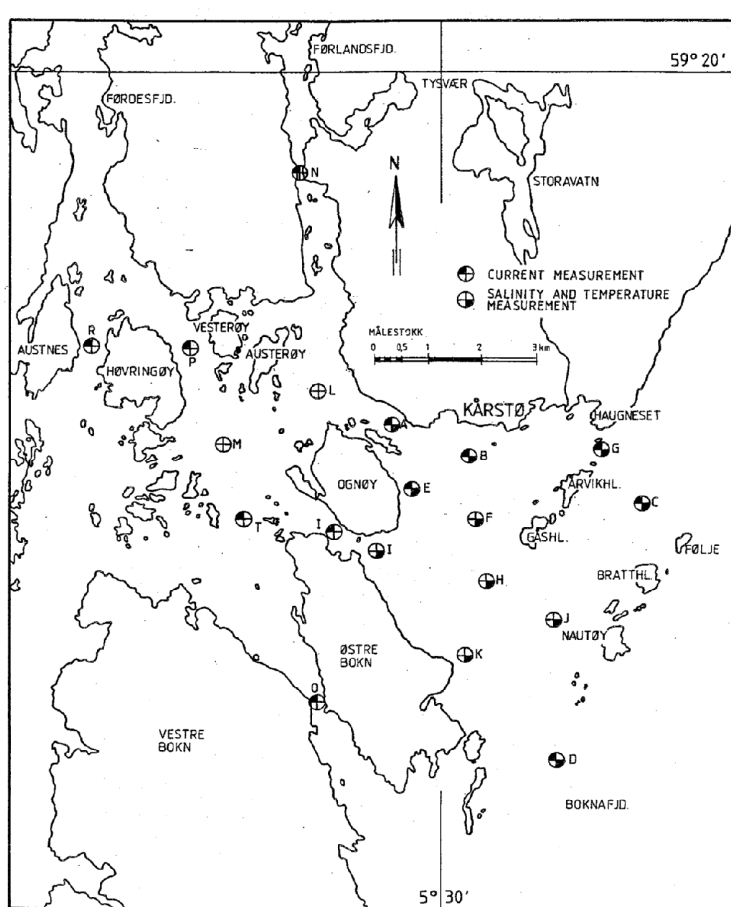
4. Kommentarer til målingene

4.1 Strøm

Strømforholdene ved Kårstø antas å være dominert av prosesser/endringer i tilstøtende fjorder, særlig Boknafjorden. Strømbildet i Boknafjorden antas å være godt korrelert med strømmen ved Kårstø, selv om en slik sammenheng ikke er direkte undersøkt. NHL (Tryggestad et al. 1982) fant i sin tid en kobling mellom strømforholdene ved Kårstø og vindgenerert oppstuvning i fjordene nord for Kårstø.

Undersøkelsene i Boknafjorden/Ryfylkefjordene utført av Universitetet i Bergen (Lie et al. 1992, Svendsen et al. 1992) har vist at perioder med sterk vind, evt. kombinert med lufttrykkssendringer, har en dramatisk effekt på strømsystemet i Boknafjorden og innover mot Sandsfjorden. Ofte kan disse episodene medføre en reversering av strømmen i alle dyp i forhold til det typiske mønsteret.

NHL sine strøm-undersøkelser ved Kårstø i 1980-81 (Tryggestad et al. 1982, **Figur 21**) avdekket markerte korttidsvariasjoner i strømforholdene, særlig i 5 m dyp, gjerne knyttet til passerende lavtrykk og nedbørsområder, som har en typisk periodisitet på 3 til 5 døgn.



Figur 21. Posisjoner for NHL (nå del av SINTEF) sine hydrografi- og strømmålinger ved Kårstø i 1980- 81 (fra Tryggestad et al. 1982). Stasjon ”B” nær land er den stasjonen som ligger nærmest vår måleposisjon fra 2008-09, ca 500 m lenger mot nordvest.

Målingene i posisjon "B" viste at dominerende strømretning i "øvre lag" (fra 5 til 20 m dyp) var vestover langs land ved Kårstø (**Tabell 3**). Med de angitte strømhastighetene må det antas at vannmassene ned til 60-70 meters dyp skiftes ut hyppig. Oppholdstiden anslås til fra 1/2 til 2 døgn, økende med dypet. I perioder med strøm rettet mot sørøst var det antydning til en virvel i området utenfor Kårstø.

Tabell 3. Noen resultater fra NHL sine strømmålinger ved Kårstø i 1980-1981. Retningene er de som strømmen gikk mot, i kompassgrader. Strøm mot nord vil si retning på 360 grader. Retning 300 grader vil si strøm mot vest/nordvest etc.

Måledyp	Max. strøm, m. tilhørende retn.	Dominerende strømretning og fart
1 m	85 cm/s, 125°	300°, 35 cm/s
5 m	63 cm/s, 100°	300°, 19 cm/s
15 m	45 cm/s, 120°	300°, 11 cm/s
40 m	31 cm/s, 60°	60°, 10 cm/s

Målingene nær overflata den gang indikerte et markert vertikalt strømskjær, med 60% sterkere middelstrøm i 1 m i forhold til i 5 m dyp. På tidsskala uker var det ingen framherskende strømretning (nettostrøm). Strømmen vekslet retning mellom nordvest og sørøst. Over perioder på 1-3 dager kunne strømmen være vedvarende ensrettet (enten øst- eller vestgående), med døgnmiddelstyrke på opptil 50 km/døgn tilsv. ca 55 cm/s. Maksimal strømstyrke var 84 cm/s (80 cm/s i følge NHLs oppsummeringsrapport), med retning mot sørøst.

En MetOcean-rapport for Kårstø (TR2080, StatoilHydro, 2006) refererte til verdier for middelstrøm i 5, 15 og 40 m dyp ved Kårstø på henholdsvis 15.7, 9.1 og 4.0 cm/s. Rapporten er basert på samme datamateriale som nevnt ovenfor (NHL 1980-81).

Sammenlikning med eldre data

Våre strømmålinger i 2008-2009 viser tydelig variasjon både i strømstyrke og retning i hele vannsøylen, og over tid. Det var både korttidsvariasjoner (innen hver måleserie) og sesongbaserte variasjoner (mellom ulike måleserier).

Størst stabilitet så vi i de dypere lagene hvor strømmen var svakest og påvirkningen fra atmosfæren sannsynligvis er minst. I fjerde måleperiode (mai 2009) var strømmen rundt 10 m og 18 m dyp betydelig svakere enn i de andre måleperiodene. Dette var en periode med stabilt godt vær og lite vind.

Strømmen i denne siste måleperioden var sterkere i 18 m enn i 10 m dyp. Dette tyder på at også andre faktorer enn vind og lufttrykk bidrar til sterkere strøm i den øverste halvdel av vannsøylen.

En sammenlikning med tidligere måledata blir noe usikker p.g.a. ulike måledyp, måleprinsipper og også måleposisjoner. Vi ser at våre nye data har betydelig høyere maksimal målt strømstyrke i intervallet 10 m – 20 m, men noe lavere maksimalverdier ved bunn. Middelverdiene i 15-18 m dyp lå til dels ned mot 50% i forhold til tidligere gjennomsnitt.

Retningen i 18 m dyp hadde nå sist en tydelig østlig komponent, mens det tidligere var dominerende strøm mot nordvest rundt det dypet (15 m). Dominerende retning ved bunn var noe mer dreiet nordlig evt. vestlig i målingene fra 2008-2009 i forhold til tidligere data. Nær bunn vil midlertid retningen vil

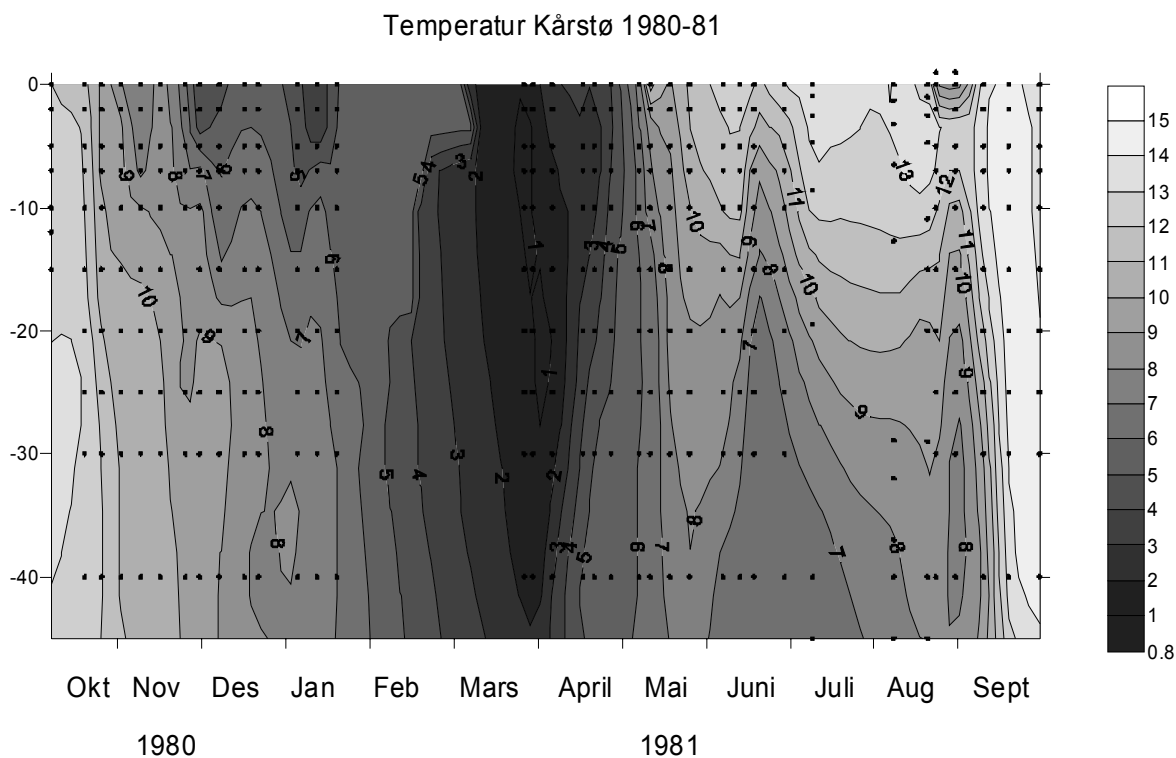
være mer topografisk betinget, m.a.o. avhengig av måleposisjon, slik at sammenlikning ikke blir helt relevant.

4.2 Sjøtemperaturer

Hovedtrekk i temperaturutviklinga i sjøen ved Kårstø 1980-81 er illustrert i **Figur 22**, i form av et isopletdiagram for dyp ned til 40 m. I sjøoverflata varierte temperaturen mellom 1 og 18 °C, i 30 m mellom 1 og 13 °C og i 40 m mellom 1.5 og 15 °C. Amplituden for årsvariasjonen avtok med andre ord med dypet.

Forholdene høsten 1980 og vinteren 1981 var forskjellig fra den etterfølgende perioden, både når det gjelder variabilitet og verdiene; høsten 1981 var innledningsvis varmere enn foregående høst. I mars 1981 var det temperaturer under 1 °C ned til 20 m dyp. Dette representerte det ekstreme temperaturminimumet i resipienten, trolig forekommer så lave temperaturer ikke lenger p.g.a. klimautviklingen.

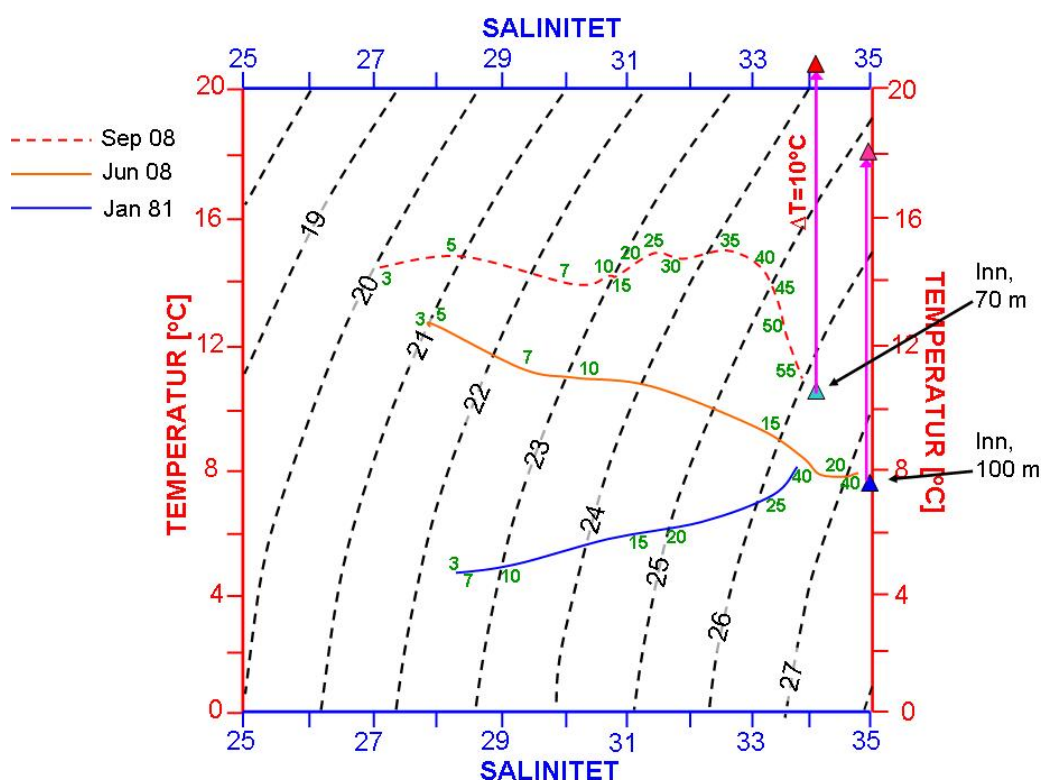
Våre nye måleresultater fra de øvre 40 m (som er sammenliknbare med tidligere data), viser en tydelig oppvarming av sjøen, med opp til 2-3 grader i øvre lag om sommeren/tidlig høst. Minimums-temperaturene om vinteren i rundt 40 m dyp lå ca 4 grader høyere i 2008-2009 enn i 1980-1981.



Figur 22. Temperatur i ulike dyp ved Kårstø, 1980-1981. Måletidspunkt og –dyp (vertikal akse, vist med negative verdier) er markert med svarte punkter. Temperaturskalaen til høyre er i °C.

Figur 23 viser eksempelvis et T/S-diagram med profiler både fra 1981 og 2008, men for ulike årstider. I figuren er det også tegnet inn hvordan tettheten ville endre seg pga. oppvarming av kjølevann hvis det var tatt fra hhv. 70 og 100 m dyp i profilen 25. september 2008 (stiplet kurve i **Figur 23**).

Illustrasjonen viser at et oppvarma kjølevann vil få en sigma-verdi (tetthet) på litt under 24 dersom det tas inn i 70 m dyp og oppvarmes med ca. 10°C, eller på i overkant av sigma = 25 om det hentes fra 100 m dyp (Utgangsverdier hentet fra **Figur 8**). Disse sigma-verdiene tilsvarer dyp hhv. 30-35 m og rundt 50 m i dypprofilen i resipienten. For dette eksemplet ville altså inntak på 70 m dyp gi innlagring et sted mellom 40 og 30 m ved utslipp på 40 m dyp, mens inntak fra 100 m dyp ville gi innlagring mellom 40 og 50 m dyp. Inntak på 100 m vil i dette tilfelle altså gi vesentlig tyngre utslippsvann med samme oppvarming enn ved inntak på 70 m, og dermed dypere innlagring for et gitt kjølevannsutslipp.



Figur 23. T/S-diagram for vertikale profiler fra Falkeidfløet ulike tider i 1981 og 2008. De små tallene langs målekurvene viser aktuelt måledyp for T/S verdiene. I figuren er også illustrert en tenkt oppvarming av kjølevannet på 10 grader i forhold til gitt (målt) inntakstemperatur- og salinitet i september 2008 i h.h.v. 70 m og 100 m dyp. Utgangsverdier (triangler) er hentet fra **Figur 8**.

5. Dataformater og lagring

5.1 Liste over lagrede og oversendte dataserier

Nedenfor ser vi en liste over mappestrukturen i de lagrede dataene. Måledataene er gruppert i h.h.v. strømmålinger (*Strom_ADP*), hydrografiske profiler (*Hydrografi*) og temperaturlogging (*Temperaturlogg*), d.v.s. tidsseriene ved Haugsneset.



Figur 24: Mappestruktur i de oversendte dataene fra Kårstø-målingene

5.2 Strømmålinger

Strømmålingsfilene er lagret i h.h.t. følgende liste/tabell:

Mappe	Filer	Filtype/filetternavn (.xxx)	Antall filer
periode1	Karsto_jun_aug_2008	.a1 .a1 .a3 .v1 .v2 .v3 .sen .hdr	8
periode2	Karsto_aug_sept_2008	.a1 .a1 .a3 .v1 .v2 .v3 .sen .hdr	8
periode3	Karsto_des2008_jan2009	.a1 .a1 .a3 .v1 .v2 .v3 .sen .hdr	8
periode4	Karsto_mai_juni_2009	.a1 .a1 .a3 .v1 .v2 .v3 .sen .hdr	8

Dataformat for strømmålingene

Nedenfor ser vi utdrag fra Aquadopp strømmåleren sine råfiler. For hver måleperiode eksisterer det 8 filer med data. Én fil inneholder informasjon om utsetting og oppsett av instrumentet (.hdr). Det er også denne filen som har informasjon om hva selve datafilene inneholder, hva som er i hvilken kolonne, hva slags enhet som er oppgitt og andre instrumentinnstillinger. Informasjon som er verdt å merke seg er merket med grått.

I fila med filetternavn ".v1" finner vi for eksempel strømdata i østlig retning, med én kolonne for hver målecelle. Tilsvarende finner vi nordlig retning i fila ".v2" og vertikal retning i file ".v3" (ikke vist her). I fila med filetternavn ".sen" finner vi data fra punktsensorene til instrumentet. Vi ser at de 6 første kolonnene inneholder dato og klokkeslett, mens instrumentets orientering (heading) finnes i

kolonne 11 og sjøvannstemperaturen finnes i kolonne 15. I tillegg finnes det 3 filer for amplitudene (.a1, .a2, .a3) til de tre akustiske strålene (beams) på instrumentet, som er de signalene som brukes til å måle strøm ved refleksjon fra partikler i vannet.

For å beregne i hvilke dyp de forskjellige cellene måler strøm trenger vi informasjon om antall celler og cellestørrelsen. Vi trenger også å vite hvor langt fra instrumentet den første målecella befinner seg. Dette kalles *blanking distance*. Til slutt trenger vi å vite hvor dypt instrumentet står. Det kan vi regne ut fra trykkmålingene som vi finner i kolonne 14 av .sen-fila. Trykkmålingene er også nyttige for å filtrere ut målingene i starten og slutten av måleperioden hvor instrumentet er oppe av vannet.

Karsto-07aug2008-Aquadopp0201.hdr

[H:\Kaarsto-2008\MAALEDATA-2008\Karsto-07aug2008-Aquadopp0201.prf]

```
-----
Number of measurements          5315
Number of checksum errors       0
Time of first measurement       07.08.2008 12:00:00
Time of last measurement        13.09.2008 20:33:04
```

User setup

```
-----
Profile interval                600 sec
Number of cells                 20
Cell size                       200 cm
Average interval               60 sec
Measurement load                50 %
Transmit pulse length          2.22 m
Blanking distance              0.50 m
Compass update rate            600 sec
Distance measurements          DISABLED
Wave measurements              DISABLED
Wave - Powerlevel              LOW
Wave - Interval                3600 sec
Wave - Number of samples       1024
Wave - Sampling rate           1 Hz
Wave - Cell size               4.00 m
Analog input 1                 NONE
Analog input 2                 NONE
Powerlevel                     HIGH
Coordinate system              ENU
Sound speed                    MEASURED
Salinity                       35.0 ppt
Distance between pings         60.01 m
Number of beams                3
Number of pings per burst      2
Software version               1.25
Deployment name                 Kar02
Wrap mode                      OFF
Deployment time                 07.08.2008 12:00:00
Comments                       Kaasto 7 august, periode 2
```

...
Data file format

[H:\Kaarsto-2008\MAALEDATA-2008\Karsto-07aug2008-Aquadopp0201.v1]

```
1 Velocity Cell 1 (Beam1|X|East) (m/s)
```


2	Velocity Cell 2 (Beam1 X East)	(m/s)
.		
.		
n	Velocity Cell n (Beam1 X East)	(m/s)
...		
[H:\Kaarsto-2008\MAALEDATA-2008\Karsto-07aug2008-Aquadopp0201.sen]		
1	Month	(1-12)
2	Day	(1-31)
3	Year	
4	Hour	(0-23)
5	Minute	(0-59)
6	Second	(0-59)
7	Error code	
8	Status code	
9	Battery voltage	(V)
10	Soundspeed	(m/s)
11	Heading	(degrees)
12	Pitch	(degrees)
13	Roll	(degrees)
14	Pressure	(dbar)
15	Temperature	(degrees C)
16	Analog input 1	
17	Analog input 2	

Karsto-07aug2008-Aquadopp0201.v1

2.071	0.032	0.041	1.045	-0.411	-0.657	-0.739	0.222	0.953	-0.360	-0.701	-0.405	-1.003	-0.332	0.834	0.447	-0.381	-0.331	-0.331	0.348
1.528	0.479	1.060	-0.698	0.306	0.283	-0.797	-0.007	-1.940	-0.973	-0.790	0.580	-0.398	0.518	0.590	-1.034	0.404	0.251	-0.333	-0.146
-0.131	-0.021	-0.325	0.506	0.200	0.760	-0.913	-0.501	-0.213	-0.242	-0.086	0.607	-0.006	0.558	-0.613	-0.162	0.377	-0.253	-1.018	0.237
1.156	0.328	0.022	-0.838	0.235	0.186	-0.719	0.498	0.749	-0.466	0.185	-0.485	0.299	-0.021	0.438	-1.025	0.453	0.228	0.193	-0.266
-0.603	-0.296	-0.389	0.749	-0.736	0.046	0.863	0.895	-0.462	-0.915	-0.334	-0.732	-0.476	0.681	-1.123	-0.269	-0.010	-0.287	0.100	0.302
0.655	0.643	-0.215	0.041	-0.491	0.010	-0.029	0.271	0.384	0.189	0.233	-0.211	0.696	0.080	-0.354	0.719	0.018	-0.424	0.077	0.302
-0.060	0.014	0.008	0.005	-0.001	0.010	-0.033	0.023	0.012	-0.036	-0.083	-0.026	0.036	0.063	-0.018	0.048	0.093	0.091	0.039	-0.018
-0.060	-0.007	-0.044	-0.029	0.000	-0.051	-0.017	0.032	0.061	0.029	-0.043	-0.031	0.017	0.043	0.032	0.006	0.045	0.011	-0.012	-0.067
0.054	-0.027	-0.012	-0.024	0.018	0.026	0.063	0.025	0.080	0.045	-0.009	-0.011	0.015	0.049	0.001	0.030	0.060	0.040	-0.015	-0.114
0.013	-0.022	-0.003	-0.027	0.011	0.015	0.007	-0.037	0.075	0.023	0.009	-0.045	0.016	-0.019	-0.020	-0.010	0.023	0.004	0.009	-0.062
0.000	0.038	0.039	-0.050	-0.058	-0.048	0.034	0.009	0.039	0.039	0.000	-0.040	0.037	-0.008	0.003	0.072	0.087	0.043	0.056	-0.026
0.003	0.019	-0.037	-0.015	-0.025	-0.026	-0.005	-0.002	0.080	0.067	0.053	-0.052	0.002	0.008	-0.012	0.039	0.042	0.030	0.011	-0.079
0.049	0.004	-0.029	-0.032	-0.038	-0.026	-0.012	-0.004	0.007	0.030	-0.035	0.013	0.052	-0.010	0.032	-0.014	0.047	-0.026	0.024	-0.090
-0.015	0.038	0.024	-0.011	0.067	0.014	0.005	0.021	0.031	0.053	-0.002	-0.003	0.003	0.026	0.028	0.048	0.052	0.040	0.020	-0.118
-0.031	0.011	-0.029	-0.004	-0.010	-0.009	-0.045	0.007	0.000	0.017	-0.033	0.000	-0.005	0.027	-0.011	0.000	0.032	0.037	-0.004	-0.075

Karsto-07aug2008-Aquadopp0201.sen

08	07	2008	12	00	00	00000000	00111001	14.0	1516.4	224.5	24.5	35.2	0.242	19.23	0	15164
08	07	2008	12	10	00	00000000	00111001	14.0	1516.5	226.1	24.5	34.9	0.246	19.28	0	15165
08	07	2008	12	20	00	00000000	00111001	14.0	1516.6	218.3	24.4	34.0	0.240	19.30	0	15166
08	07	2008	12	30	00	00000000	00111001	14.0	1516.6	183.7	24.4	33.8	0.242	19.31	0	15166
08	07	2008	12	40	00	00000000	00110000	14.0	1516.8	193.4	29.2	27.9	0.243	19.36	0	15168
08	07	2008	12	50	00	00000000	00110000	14.0	1516.4	135.9	29.1	-27.5	1.321	19.23	0	15164
08	07	2008	13	00	00	00000000	00110000	13.9	1505.3	19.7	0.3	0.4	45.370	15.61	0	15053
08	07	2008	13	10	00	00000000	00110000	13.9	1496.2	19.1	0.4	0.5	45.351	12.84	0	14962
08	07	2008	13	20	00	00000000	00110000	13.9	1491.4	21.6	0.2	0.6	45.372	11.46	0	14914
08	07	2008	13	30	00	00000000	00110000	13.9	1488.4	20.0	0.1	0.6	45.381	10.60	0	14884
08	07	2008	13	40	00	00000000	00110000	13.9	1486.7	19.0	0.0	0.6	45.398	10.16	0	14867
08	07	2008	13	50	00	00000000	00110000	13.9	1486.2	19.2	0.0	0.7	45.425	10.01	0	14862
08	07	2008	14	00	00	00000000	00110000	13.9	1485.8	18.8	0.0	0.7	45.443	9.91	0	14858
08	07	2008	14	10	00	00000000	00110000	13.9	1485.6	18.3	0.0	0.7	45.462	9.85	0	14856

5.3 Hydrografiske profiler

De hydrografiske datafilene med ASCII data er lagret i h.h.t. følgende liste:

Mappe	Filer	Filtype/filetternavn (.xxx)	Antall filer
Falkeidflaet	Falkeid-Seabird13Jun2008	.CNV	7
	Falkeid-Seabird25Sept2008	.CNV	
	Falkeid-Seabird12des2008	.CNV	
	Falkeid-Seabird20mars2009	.CNV	
	Falkeid-Seabird7april2009	.CNV	
	Falkeid-Seabird19mai2009	.CNV	
	Falkeid-Seabird11Jun2009	.CNV	
Haugneset	Haugnes-Seabird13jun2008	.CNV	7
	Haugnes-Seabird07aug2008	.CNV	
	Haugnes-Seabird25Sep2008	.CNV	
	Haugnes-Seabird13Febr2009	.CNV	
	Haugnes-Seabird7april2009	.CNV	
	Haugnes-Seabird19mai2009	.CNV	
	Haugnes-Seabird11Jun2009	.CNV	

Dataformat for Hydrografimålingene

Hydrografidataene er asciifiler med filetternavn .CNV. Nedenfor ser vi utdrag fra fila Haugnesd.seabird13jun2008. I den første delen av fila finner vi metadata og informasjon om instrumentet. Informasjon som er verdt å merke seg er merket med grått. Informasjon om Cruise og stasjon er lagt inn manuelt ved lesing av dataene. Informasjon om hva de forskjellige kolonnene med data angir finner vi i linjene som begynner med *# name 0 - # name 9*. Tidspunktet for målingen finner vi lengre nede hvor det står *# start_time*.

```
* Sea-Bird SBE 19 Data File:
* FileName = \GOL\HORNinda\seabird\hexfiler\Karsto02.HEX
* Software Version 4.229a
* Temperature SN = 1811
* Conductivity SN = 1811
* System UpLoad Time = Jun 14 2008 14:17:57
** NIVA SEABIRD Sonde 1411
** Cruise:  GOL 13/6 2008 - Kaarsto, Haugneset
** Station: Haugneset
** Latitude:
** Longitude:
* ds
* SEACAT PROFILER V3.1b SN 1811 06/14/08 12:17:41.968
* strain gauge pressure sensor: S/N = 170849, range = 1000 psia, tc = 113
* clk = 32768.172 iop = 154 vmain = 7.3 vlith = 5.2
* mode = PROFILE ncasts = 4
* sample rate = 1 scan every 0.5 seconds
* minimum raw conductivity frequency for pump turn on = 2895 hertz
* pump delay = 20 seconds
* samples = 2271 free = 11869 lwait = 0 msec
* SW1 = 00 battery cutoff = 5.8 volts
* number of voltages sampled = 2
* logdata = NO
```

```

* S>
* cast 2 06/13 12:01:55 samples 858 to 1791 sample rate = 1 scan every 0.5 seconds stop = switch off
# nquan = 10
# nvalues = 114
# units = metric
# name 0 = depS: depth, salt water [m]
# name 1 = pr: pressure [db]
# name 2 = t090: temperature, ITS-90 [deg C]
# name 3 = sal00: salinity, PSS-78 [PSU]
# name 4 = c0mS/cm: conductivity [mS/cm]
# name 5 = sigma-t00: density, sigma-t [kg/m^3]
# name 6 = oxML/L: oxygen [ml/l]
# name 7 = oxPS: oxygen, percent saturation
# name 8 = flag: 0.000e+00
# name 9 = nbin: number of scans per bin
# span 0 = -1.363e-17, 113.000
# span 1 = -0.000, 114.107
# span 2 = 7.6659, 13.1553
# span 3 = 27.7346, 35.1067
# span 4 = 33.352657, 36.099597
# span 5 = 20.7430, 27.4074
# span 6 = -1.32952, 9.04190
# span 7 = -21.53059, 136.15631
# span 8 = 0.000e+00, 0.000e+00
# span 9 = 2.0000, 90.0000
# interval = meters: 1
# start time = Jun 13 2008 12:01:55
# bad_flag = -9.990e-29
# sensor 0 = Frequency 0 temperature, 1811, 28-Dec-06
# sensor 1 = Frequency 1 conductivity, 1811, 28-Dec-06, cpcor = -9.5700e-08
# sensor 2 = Extrl Volt 0 oxygen, current, 230593, 07-Dec-06
# sensor 3 = Extrl Volt 1 oxygen, temperature, 230593, 07-Dec-06
# sensor 4 = Pressure Voltage, 1811, 08-Dec-06
# datcnv_date = Jun 14 2008 14:21:11, 4.230a
# datcnv_in = KARSTO02.HEX 18112007.CON
# datcnv_skipover = 0
# binavg_date = Jun 14 2008 14:33:15, 4.230a
# binavg_in = KARSTO~1.CNV
# binavg_bintype = Depth Bins
# binavg_binsize = 1.00
# binavg_excl_bad_scans = yes
# binavg_downcast_only = no
# binavg_skipover = 0
# binavg_surface_bin = yes, min = 0.000, max = 0.250, value = 0.000
# file_type = ascii
*END*
    0.000  -0.000  13.1553  27.7346  33.352657  20.7430  -1.32952  -21.53059  0.000e+00  6.0000
    1.000   1.010  13.1411  27.9341  33.558431  20.8997   7.82913  126.79016  0.000e+00  90.0000
    2.000   2.019  13.1448  27.8422  33.461958  20.8281   6.15820  99.71236  0.000e+00  10.0000
    3.000   3.029  13.1410  27.8335  33.449807  20.8221   6.34845  102.77869  0.000e+00  5.0000
    4.000   4.038  13.1349  27.8377  33.450030  20.8265   6.58355  106.57414  0.000e+00  5.0000
    5.000   5.048  13.0137  28.0626  33.596739  21.0229   6.87528  111.16480  0.000e+00  5.0000
    6.000   6.057  12.0810  29.0682  33.911754  21.9717   7.00764  111.77673  0.000e+00  5.0000
    7.000   7.067  11.6324  29.5378  34.038363  22.4163   7.08508  112.25767  0.000e+00  4.0000
    8.000   8.077  11.4956  29.6429  34.034958  22.5219   7.20686  113.92566  0.000e+00  5.0000
    9.000   9.086  11.1593  29.8786  33.999094  22.7633   7.33584  115.29213  0.000e+00  5.0000
   10.000  10.096  11.0655  29.9265  33.970517  22.8168   7.63111  119.72460  0.000e+00  4.0000
   11.000  11.105  10.9520  30.0641  34.016670  22.9431   7.79627  122.11763  0.000e+00  5.0000

```

12.000	12.114	10.5307	30.6218	34.228370	23.4481	8.03848	125.19698	0.000e+00	3.0000
--------	--------	---------	---------	-----------	---------	---------	-----------	-----------	--------

5.4 Temperaturlogging ved Haugsneset

Temperaturloggefilene, ASCII data, er lagret i h.h.t. følgende liste:

Mappe	Filer	Filtype/filetternavn (.xxx)	Antall filer
70m	Haugsnnes-13juni_7august2008_70m_010542	.dat	5
	Haugsnnes7august_25sept2008_70m_010542	.dat	
	Haugsnnes25sept_12des2008_70m_010542	.dat	
	Haugsnnes12des2008_13februar2009_70m_010542	.dat	
	Haugsnnes13feb_7april2009_70m_010542	.dat	
100m	Haugsnnes_13juni_7august2008_010541	.dat	6
	Haugsnnes_7august_25sept2008_010541	.dat	
	Haugsnnes_25sept_7des2008_010541	.dat	
	Haugsnnes_7des2008_13feb2009_010541	.dat	
	Haugsnnes_13Feb_7april2009_010541	.dat	
	Haugsnnes_7april_18juni2009_010541	.dat	

Dataformat for temperaturmålingene

Nedenfor ser vi utdrag fra file *Haugsnnes-13juni_7august2008_70m_010542.dat*. Den øverste delen av fila inneholder metadata. Vi ser bl.a start- og stopp-tidspunkt for loggingen, og kommentarer lagt inn ved innlesing av data. De fire første konduktivitetsverdiene (i kolonnen Cond) er negative. Dette betyr at instrumentet ikke var i sjøvann på disse tidspunktene, og slike data bør dermed filtreres bort ved bruk.

Begge temperaturloggerne logger også konduktivitet som kan omregnes til salinitet. Dessverre ble konduktivitetssensoren defekt i løpet av måleprogrammet, så disse dataene bør ikke brukes.

```
RBR XR-420 5.21 010542 (Windows: 6.01 - Minimum required: 5.08)
Host time 08/08/07 10:27:02
Logger time 08/08/07 10:26:55
Logging start 08/06/13 12:00:00
Logging end 08/09/13 15:54:01
Sample period 00:30:00
Number of channels = 2, number of samples = 2637, mode: Logging Stopped
by User
E02%9.4f
Calibration 1: 0.211523805000000
125.821723700000010
0.097631188000000
-0.110066911000000 mS/cm
Calibration 2: 0.003510674111960
-0.000249568696040
0.000002436333200
-0.000000068474090 Degrees_C
COMMENT: Haugsnnes 70 m 13jun - m70 m
Memory type: 3 AT45DB642
Averaging: 30 seconds
Logger start:Start of logging
```

		Cond	Temp	Salinity
2008/06/13	12:00:00	-0.0052	16.3903	-1000.0000
2008/06/13	12:30:00	-0.0057	16.8923	-1000.0000
2008/06/13	13:00:00	-0.0032	17.6839	-1000.0000
2008/06/13	13:30:00	-0.0033	16.3003	-1000.0000
2008/06/13	14:00:00	36.4584	7.8011	35.4674
2008/06/13	14:30:00	36.4672	7.7679	35.5108
2008/06/13	15:00:00	36.4663	7.7596	35.5183
2008/06/13	15:30:00	36.4619	7.7505	35.5228
2008/06/13	16:00:00	36.4651	7.7470	35.5298
2008/06/13	16:30:00	36.4683	7.7495	35.5307
2008/06/13	17:00:00	36.4691	7.7469	35.5343
2008/06/13	17:30:00	36.4648	7.7382	35.5385
2008/06/13	18:00:00	36.4689	7.7425	35.5385
2008/06/13	18:30:00	36.4738	7.7530	35.5332
2008/06/13	19:00:00	36.4761	7.7555	35.5331
2008/06/13	19:30:00	36.4615	7.7319	35.5414
2008/06/13	20:00:00	36.4613	7.7275	35.5456
2008/06/13	20:30:00	36.4613	7.7271	35.5460

6. Litteraturreferanser

Kjerschow, E. m fl. 2009: CO₂ fangstanlegg på Kårstø. Konsekvensutredning. Rapp. 28480, Rev 01-E06, Norsk Energi, januar 2009, 101 s.

Lie, I., H. Svendsen, S. Kaartvedt, S. Mikki, T. M. Johnsen, D. Aksnes, R. P. Asvall og L.G. Golmen 1992: Vannkraft og fjorder. Fysiske og biologiske konsekvenser av Ulla-Førre utbygginga. Rap. UiB, SMR, nr 4/92, 89s.

Pedersen A., L. Golmen, A. Sundfjord og T. Kroglund 2009: Kjølevannsutslipp ved Kårstø. Konsekvenser av økt utslipp fra CO₂-fangstanlegg på Kårstø. Rapp. Nr 5759-2009, NIVA, 85s.

Sundfjord A., Golmen L.G. & Johnsen T.M., 2008. CO₂ fangstanlegg på Kårstø. Utslipp av kjølevann – innledende resipientmessige vurderinger. NIVA-Rapport L- 5570. 53s. (Sperra).

Tryggestad, S., A. Thendrup, P.E. Sørås og M. Mathiesen 1982: Gas Terminal at Kårstø. A study of environmental conditions, cooling water intake and discharge. Rapp. STF60 F82014 NHL, Trondheim.

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no