

Oseanografiske variasjoner i testområde for KNM Fridtjof Nansens akseptansetester, mars 2007

Petter Østenstad

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI)

11. mai 2007

FFI-rapport 2007/01313

1062-METOC II

ISBN 978-82-464-1214-6

Emneord

Oseanografi

Saltholdighet

Temperatur

Lyd – Forplantning i sjøvann

Godkjent av

Atle Ommundsen

Prosjektleder

Elling Tveit

Forskningssjef

John-Mikal Størdal

Avdelingssjef

FFI-rapport 2007/01313

1062-METOC II

ISBN 978-82-464-1214-6

Emneord

Oseanografi

Saltholdighet

Temperatur

Lyd – Forplantning i sjøvann

Godkjent av

Atle Ommundsen

Prosjektleder

Elling Tveit

Forskningsjef

John-Mikal Størdal

Avdelingssjef

Sammendrag

Forsvaret skal anskaffe fem nye fregatter med avansert sonarsystem. Systemet består av både skrogmontert sonar og tauet antenne. I denne forbindelse skal det gjennomføres en Sea Acceptance Test 2 (SAT2) for begge sonarene. Testene skal gjennomføres i Nordsjøen vest av Bergen, og testområdet er valgt på bakgrunn av topografien i området.

Under SAT2 er det viktig å ha kontroll på de ulike miljøparametrene, blant annet lyd hastigheten. Det er viktig at lyd hastigheten varierer så lite som mulig både i tid og rom når testene gjennomføres. Derfor er det viktig å gjøre grundige lyd hastighetsmålinger i området både i forkant og under selve testene.

Det ble gjennomført en målekampanje i det aktuelle testområdet vest av Bergen 2-4 mars 2007. Planen var at SAT2 skulle gjennomføres de påfølgende dagene, men testene ble utsatt. Målet for målekampanjen var å kartlegge oseanografien i området og på bakgrunn av det gi råd om hvor i området testene burde gjennomføres og om hvilke oseanografiske variasjoner en kunne forvente.

Resultatet fra målingene viste at variasjonene i området er betydelige og at endringer skjer raskt, og at det kan bli en utfordring å finne stabile oseanografiske områder. Samtidig viste måle metodene en brukte at man er i stand til å dekke et stort område på relativ kort tid og samtidig beholde en høy oppløsning på dataene.

Til slutt i rapporten er det også sett kort på hvordan slike variasjoner påvirker lyd utbredelsen ved bruk av Lybin.

English summary

The Norwegian Defense is procuring five new frigates with an advanced sonar system. The frigates are equipped with a hull mounted sonar and a towed array. In connection with the procurement a Sea Acceptance Test 2 (SAT2) will take place. The test area is located in the North Sea west of Bergen, and is chosen because of the topography in that area.

During SAT2 it is important to know the different environmental parameters, such as sound speed. The sound speed should vary as little as possible in time and space when the tests are in progress. Therefore it is necessary to measure the sound speed in the test area previous to and during SAT2.

A survey was carried out in the test area outside Bergen 2-4 March 2007. SAT2 was going to take place the following days, but the tests were postponed. The aim of the survey was to map the oceanography in the area and based on that information give advice where the tests should take place and what kind of oceanographic variations could be expected.

We observed that the oceanographic variations are considerable and it changes relatively rapidly, and it could be a challenge to locate stable oceanographic areas. The measuring methods made us cover a large area in a relatively short time period, but at the same time keep a high data resolution.

We also had a quick look on how such variations affect the transmission of sound by using Lybin.

Innhold

1	Innledning	7
2	Området	7
3	Data	8
4	Resultat	9
4.1	Tverrsnitt med temperatur og saltholdighet	9
4.2	Temperatur i 4,5 meters dyp	12
4.3	Strøm	13
5	Modellering av akustisk transmisjonstap med avstandsavhengig lydshastighet	17
6	Diskusjon og oppsummering	19
7	Videre arbeid	20
	Litteratur	21

1 Innledning

I forbindelse med gjennomføring av Sea Acceptance Test 2 (SAT2) av sonarene på KNM Fridtjof Nansen ble det gjort en målekampanje i testområdet i forkant av testen. Testområdet er lokalisert vest av Austevoll mellom 59N 40' – 60N 10' og 4E – 4E 30' og beskrevet nærmere i kapittel 2.

Formålet med målekampanjen var å få en oversikt over de oseanografiske variasjonene i området, slik at man kunne finne et egnet sted med mest mulig stabil oseanografi for å utføre testene. Planen var å måle salt, temperatur, trykk og strøm langs seksten linjer øst-vest på tvers av området i forkant av testen, og deretter ligge sør for området og forsøke å måle strukturer som bevegede seg nordover mens SAT 2 pågikk. Nærmere beskrivelse av datasettene er gjort i kapittel 3.

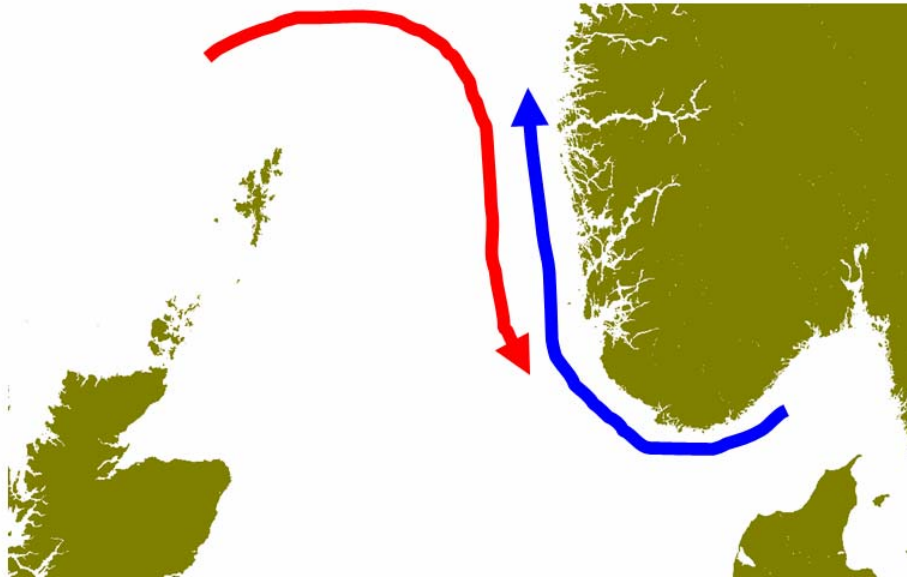
I kapittel 4 presenteres resultatene fra målekampanjen og de oseanografiske variasjonene en fant i området. I kapittel 5 er det vist resultater fra modellering av akustisk transmisjonstap med avstandsavhengig lydshastighet sammenlignet med transmisjonstap med uavhengig lydshastighet. Diskusjon og oppsummering følger i kapittel 6.

Pga av endrede planer fra Marinens side, ble SAT 2 utsatt. Men målekampanjen ble gjennomført allikevel, men noe redusert på grunn av dårlig vær. Kampanjen var et samarbeid mellom FFI-prosjektene 1062 METOC, 1027 POSEIDON og 899 Nansen-klasse fregatt, evaluering.

2 Området

Oseanografien i området domineres av den norske kyststrømmen (heretter kalt kyststrømmen), som går nordover langs norskekysten, og atlantisk vann som kommer inn i Nordsjøen og strømmer sørover utenfor kyststrømmen (Figur 2.1).

Atlantisk vann har en saltholdighet på 35 ‰ eller mer og temperatur på over 7 grader (Iversen et al. 2006). Kystvann har saltholdighet på opptil 33-34 ‰ og temperatur mellom 2 og 14 grader (R.Sætre, J.Aure, & R.Ljøen 1988). Om vinteren er kyststrømmen kaldere enn det atlantiske vannet, mens det om sommeren er motsatt. På grunn av strømskjæret mellom de to strømmene, vil det hele tiden være buktninger og virveldannelser som fører til miksing i overgangssonen mellom de to vannmassene. Dette fører til store lokale oseanografiske variasjoner.



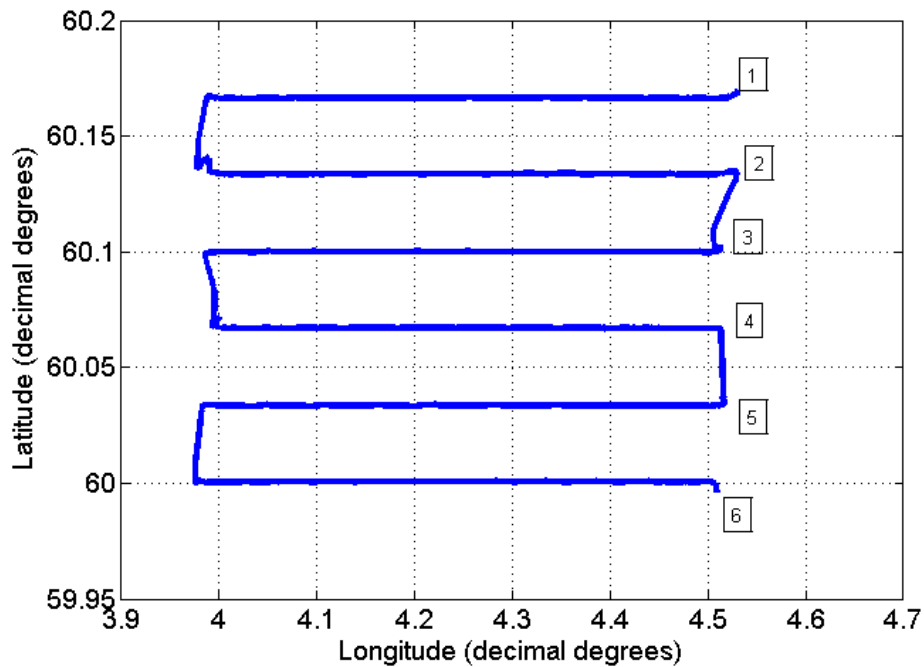
Figur 2.1 Enkel skisse av strømningsmønsteret utenfor Vestlandskysten. Rød: Atlanterhavsvann. Blå: Den norske kyststrømmen

3 Data

Det ble målt salt, temperatur og trykk langs seks linjer med en CTD-sensor (Conductivity Temperature Depth) som ble tauet bak M/S HU Sverdrup II. Utstyret var festet til en depressor som gikk opp og ned i vannvolumet mens båten kjørte framover. Lengden på linjene var ca 30 lengdeminutter, som tilsvarer rundt 28 kilometer ved 60 grader nord. Avstanden mellom linjene var 2 nautiske mil. Loggefrekvensen på CTDen er 1 Hertz. Dataene fra den tauete CTDen er i etterkant interpolert til et regulært gitter med 1 meter oppløsning vertikalt og 10 meter horisontalt (Figur 4.1 og Figur 4.2). I starten av hver linje ble det tatt CTD-målinger hvor båten lå i ro.

I tillegg ble det samlet inn temperatur og lydshastighet fra to skrogmonterte prober under båten på 4,5 meters dyp, samt strøm fra ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler). Det finnes ikke data fra ADCPen fra de fire første linjene. Strømdataene er logget hvert femte sekund og deretter midlet over 5 minutter.

På grunn av batteriproblemer med den tauete CTDen, ble det ikke logget data første gangen linje 6 ble gått. Dermed ble linja kjørt på ny, denne gang fra øst mot vest, noe som resulterte i at det finnes to datasett fra de skrogmonterte sensorene (temperatur, lydshastighet og strøm) for linje 6. For mer detaljer om dataene, se (Morten Torsås 2007).



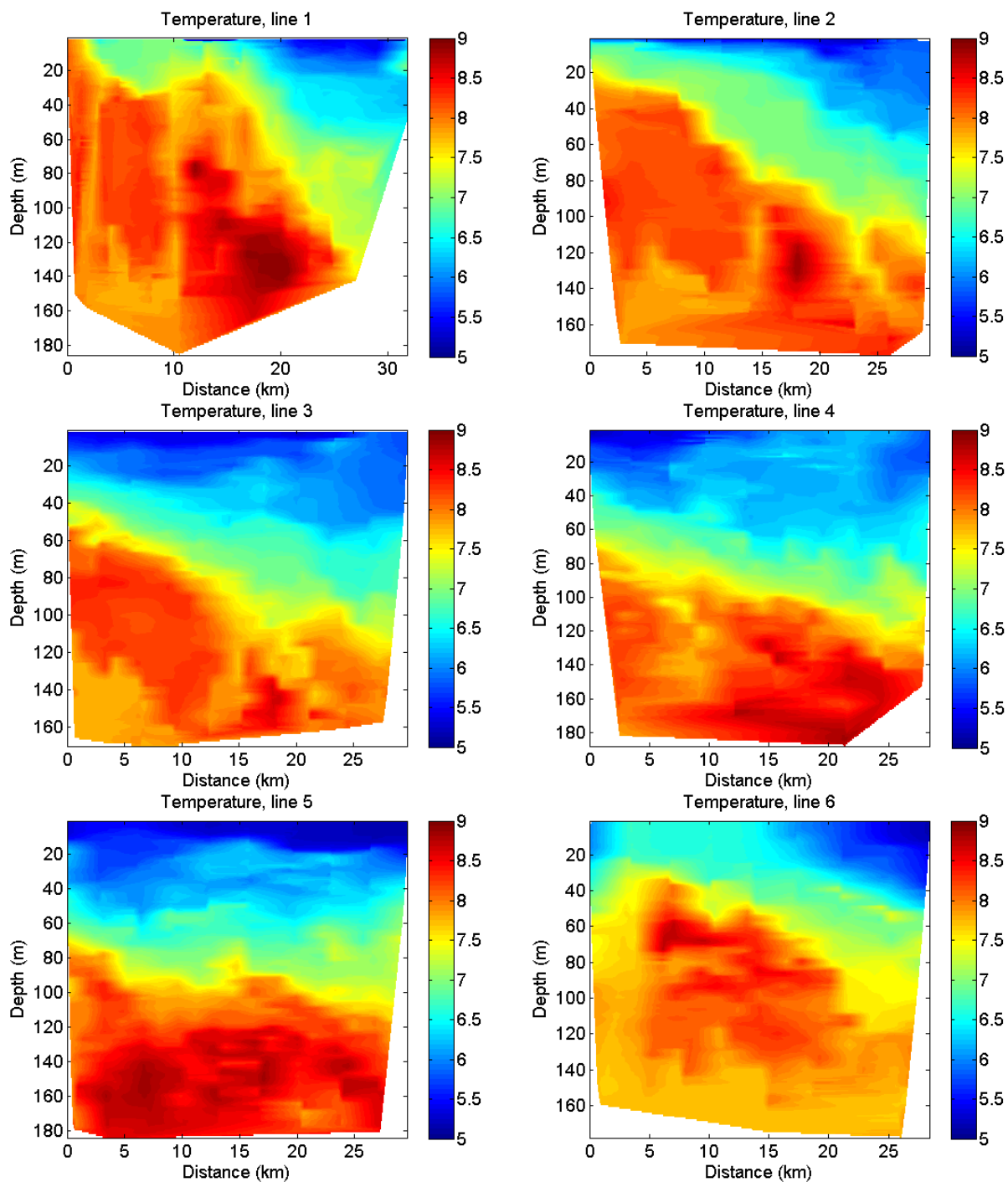
Figur 3.1 Snittene som ble kjørt med tauet CTD

4 Resultat

4.1 Tverrsnitt med temperatur og saltholdighet

Figur 4.1 viser temperatur langs linjene. Variasjonene er store, både langs hver linje og fra linje til linje. Langs alle linjene bortsett fra linje 5, stikker det kaldeste vannet dypest i østlig del av snittene. På vestsiden av snittene finner vi relativt varmt vann høyere oppe i vannsøylen. I snitt 6 er det et område vest for midten hvor varmere vann har kommet opp til overflaten.

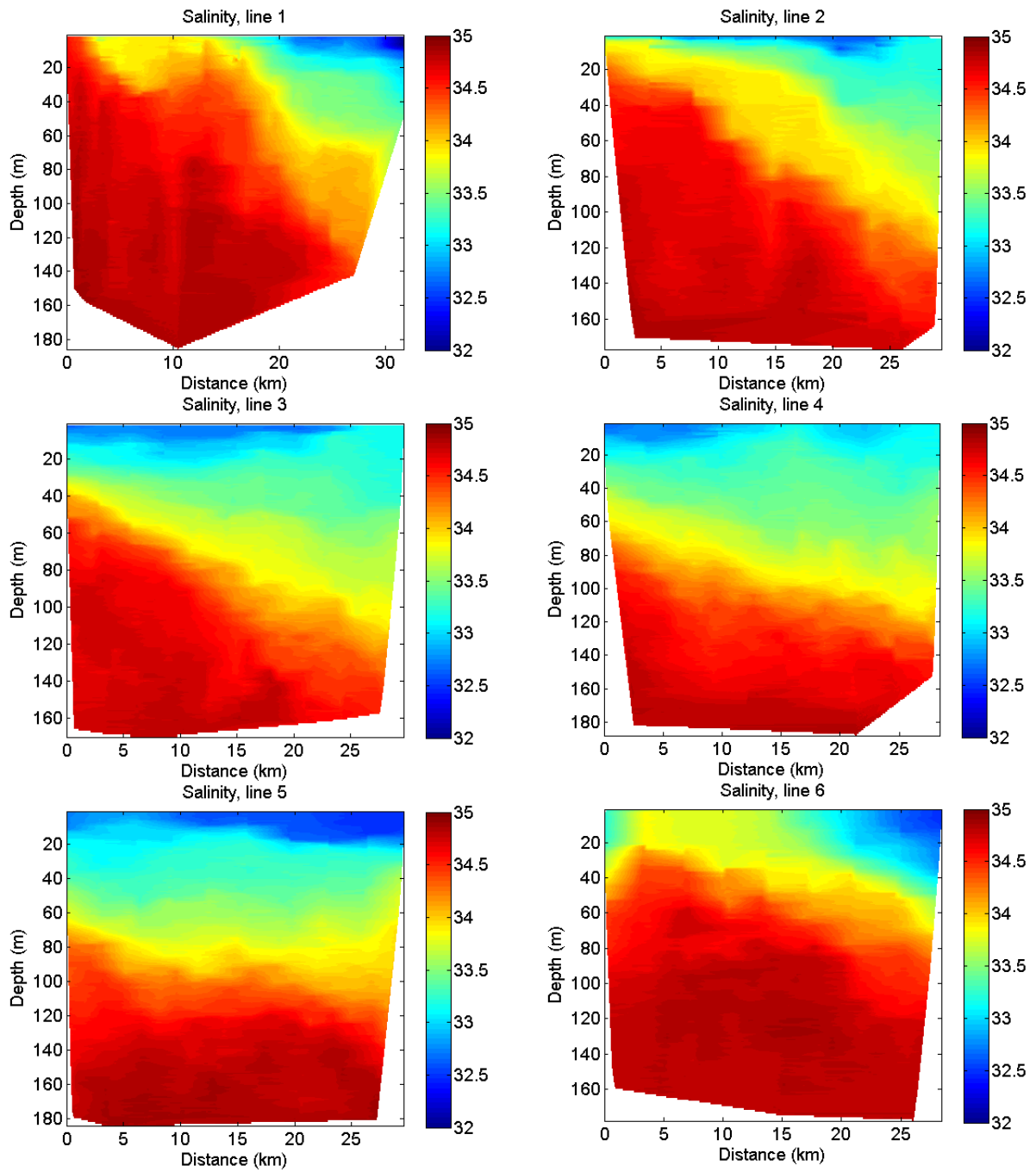
For saltholdighet (Figur 4.2) har en mye det samme mønsteret som for temperatur. Tar en i betraktning definisjonene av kystvann og atlantisk vann i kapittel 2, er det tydelig at kystvann dominerer de øvre og østlige delene av linjene. Atlantisk vann finner en i hovedsak i de dype og vestlige delene av vannvolumet langs linjene.



Figur 4.1 Temperatur i tverrsnitt langs linje 1-6. Alle snittene er sett mot nord.

En stor del av vannvolumet er en blanding av de to vannmassene, med saltholdighet mellom 33 og 35 ‰. Langs de to første linjene finner en atlantisk vann helt opp i overflaten på vestsiden av linjene. Etter hvert som en beveger seg sørover, finner en kystvann i hele overflatelaget, bortsett fra linje 6 hvor en har mikset inn varmere og saltare vann fra 3 til 15 kilometer. Alle tverrsnittene

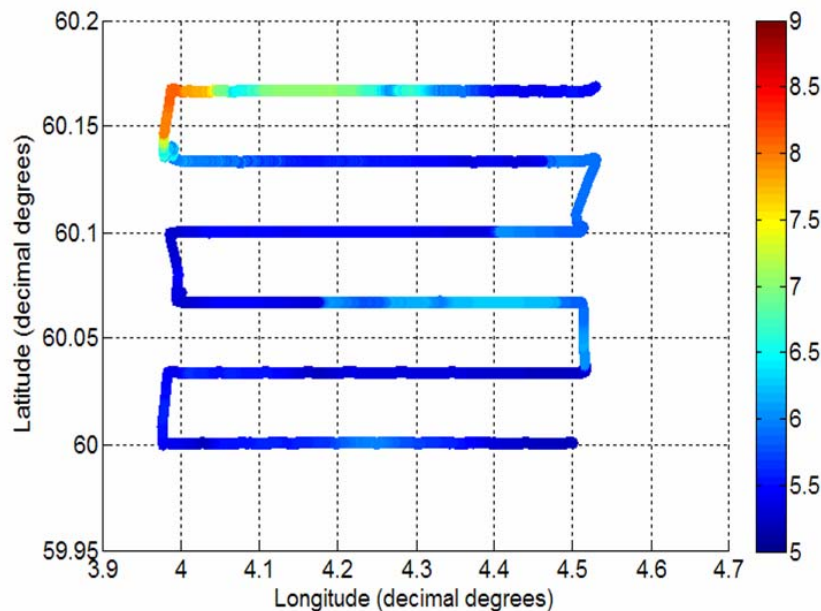
ble målt i løpet av en tidsperiode på 29 timer.



Figur 4.2 Saltholdighet i tverrsnitt langs linje 1-6. Alle snittene er sett mot nord

4.2 Temperatur i 4,5 meters dyp

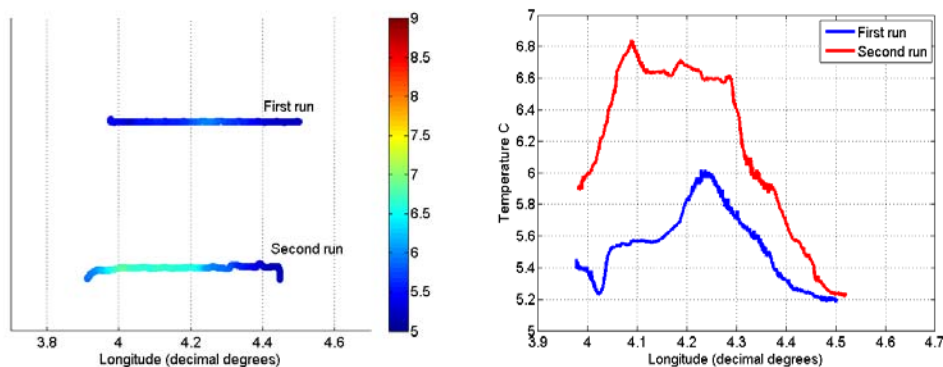
Figur 4.3 viser temperatur på 4,5 meters dyp langs linjene. Her ser en også, som nevnt over, et område med varmere vann i den nordvestlige delen av området, mens temperaturen er lavere, fra 5 til 6 grader, i resten av området. Det tok 25 timer å gå linjene som er vist under.



Figur 4.3 Temperatur i 4,5 meters dyp langs båtens rute

Linje 6

Linje 6 ble, som nevnt i kapittel 3, gått to ganger. Figur 4.4 viser temperaturen på 4,5 meters dyp for begge gangene båten gikk linja (Først vest-øst-retning). Tiden det tok å gå fram og tilbake var åtte timer. En ser at temperaturen på tilbakeveien (run 2) i vestlig del av linja er opptil 1,2 grader høyere enn under run 1 rundt 6 timer tidligere.

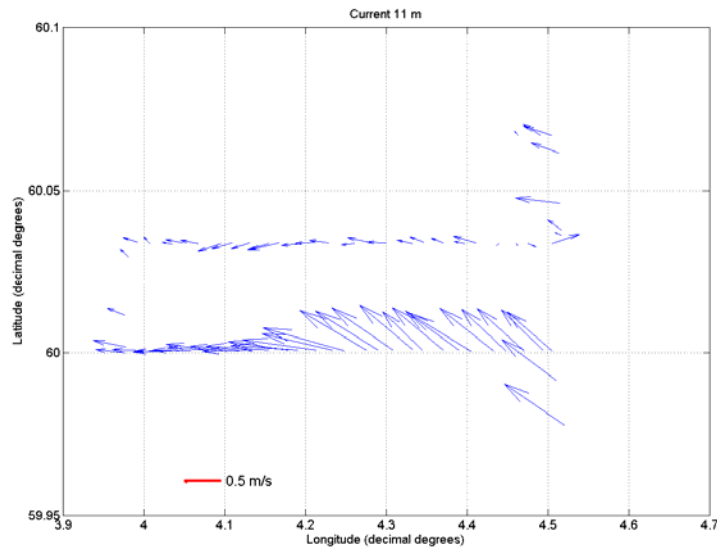


Figur 4.4 Temperatur langs linje 6 første (run 1) og andre gang (run 2) linja ble gått

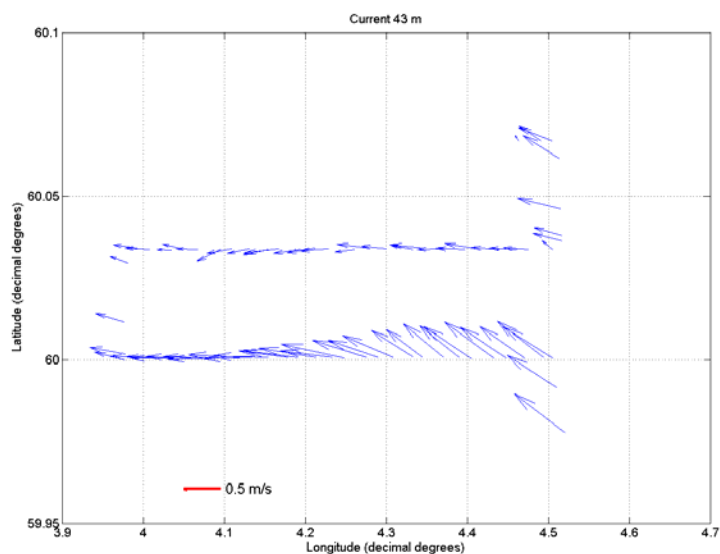
Dette illustrerer hvor raskt forholdene kan skifte i området. I Figur 4.1 ser en også denne temperaturøkningen langs linje 6, som viser data fra den tauete CTDen på run 2 (Under run 1 ble det ikke logget data med tauet CTD).

4.3 Strøm

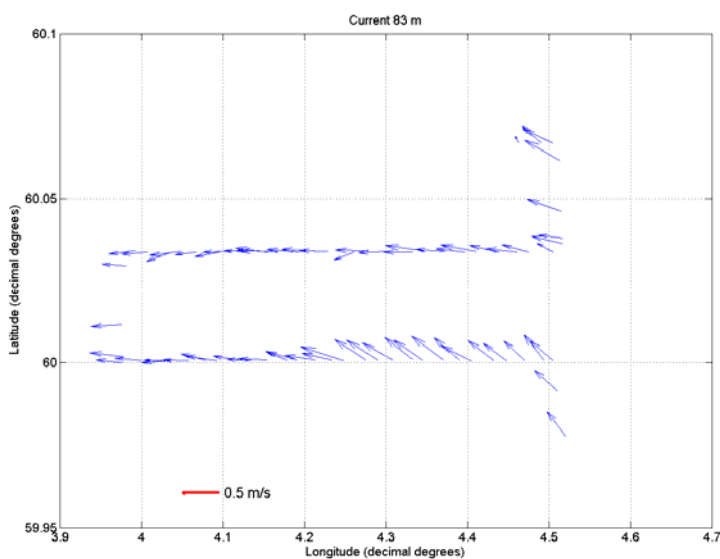
Strøm for tre ulike dyp i måleområdet er vist i under (Figur 4.5, Figur 4.6 og Figur 4.7). Som ventet er strømmen sterkest nærmest overflaten og avtar nedover i vannvolumet. Strømmen går i hovedsak vestover langs linje 5 og starten av linje 6, før den øker og dreier til nordvestlig retning siste halvdel av linje 6.



Figur 4.5 Strømhastighet i 11 meters dyp langs linje 5 og 6



Figur 4.6 Strøm i 43 meters dyp langs linje 5 og 6



Figur 4.7 Strøm i 83 meters dyp langs linje 5 og 6

Linje 6

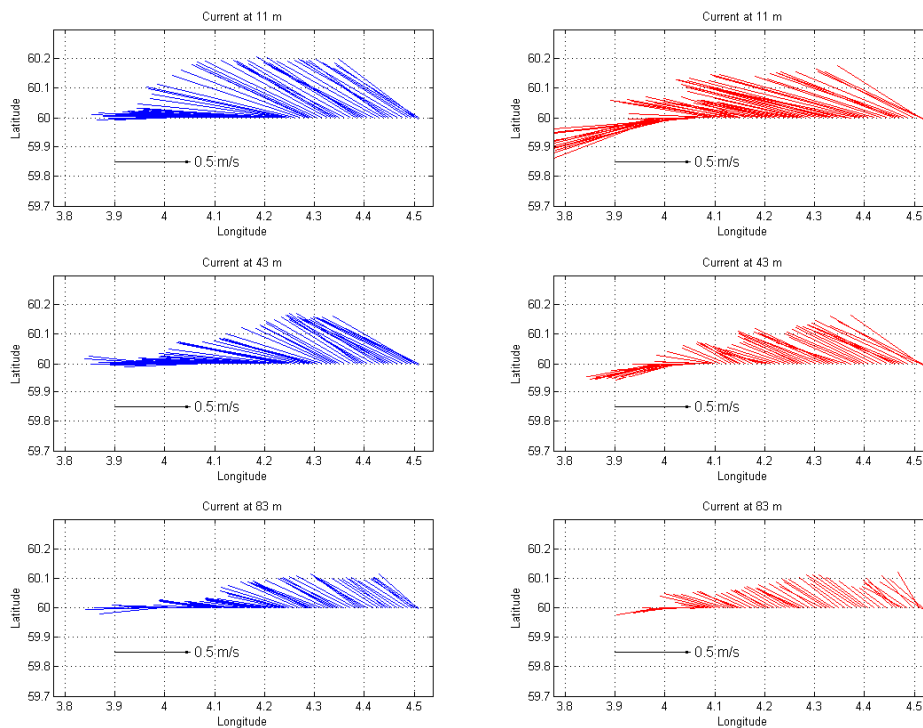
Siden det var relativ stor variasjon i temperatur mellom første og andre gang linje 6 ble kjørt, er det interessant å se om det også er forskjeller i strømfeltet langs linja. Figur 4.8 viser strømmen langs linje 6 på tur østover (blå) og da båten gikk tilbake vestover (rød).

I 11 meters dyp har strømmen fått en litt mer vestlig retning i run 2 enn run 1, og lengst vest i run 2 dreier strømmen mot sørvest. En har det samme mønsteret på 43 meter, mens det ikke er så framtreddende i 83 meter.

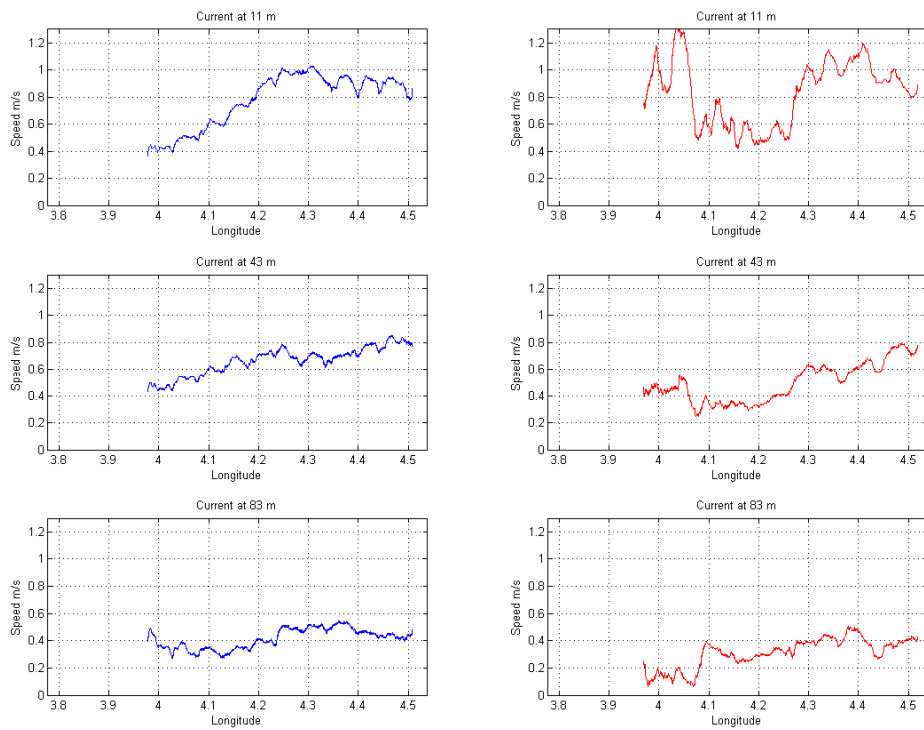
I run 1 øker strømmen jevnt fra vest mot øst, mens den i run 2 er mer variabel (Figur 4.9), særlig i 11 meters dyp.

Sammenligner en Figur 4.4 og Figur 4.8 kan det i run 2 tyde på at båten har gått over en buktning på fronten mellom kystvann og atlantisk vann. En slik buktning vil fange en lomme med varmere atlantisk vann inne i det kaldere kystvannet, se Figur 4.10. Strømmen vil gå nordover på østsiden av buktningen og sørover på vestsiden, noe det gjør i run 2. Absoluttverdien av strømmen er også lavere i det varmere vannet (Figur 4.4 og Figur 4.9). Langs norskekysten flytter slike fenomener seg nordover med kyststrømmen. De siste timene med data på vei inn mot kysten fra punktet run 2 ble avsluttet viser at buktningen har flyttet seg nordover og at båten nå passerer nedre del av buktningene (Figur 4.11).

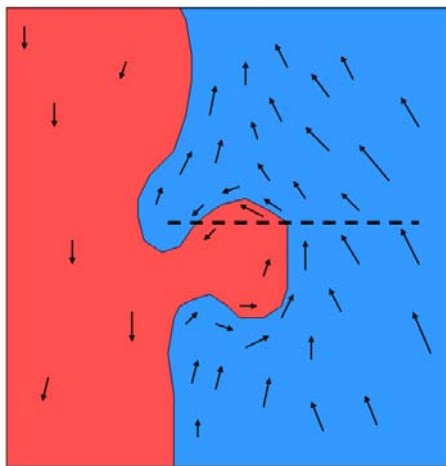
I en del tilfeller kan også slike buktninger bli til virvler. Det er vanskelig å si om det i dette tilfellet er snakk om buktning eller virvel på grunn av lite data. For å avgjøre det, burde man gått flere linjer videre sørover, eventuelt linje 6 flere ganger.



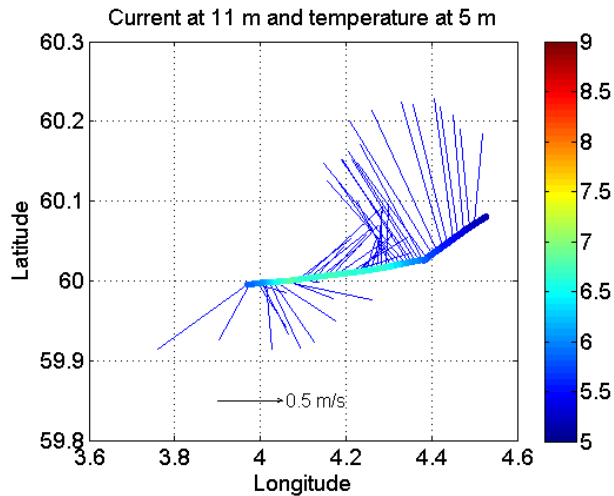
Figur 4.8 Strøm langs linje 6 i 11, 43 og 83 meters dyp første (run 1) og andre gang (run 2) linje 6 ble gått. Run 1 merket blå og run 2 merket rød



Figur 4.9 Absoluttverdi av strøm langs linje 6 i 11, 43 og 83 meters dyp første (run 1) og andre gang (run 2) linje 6 ble gått.. Blå=run 1, rød=run 2



Figur 4.10 Enkel skisse av buktning på fronten mellom kystvann (blå) og atlantisk vann (rød). Stiplet linje symboliserer linje 6, run 2.



Figur 4.11 Strøm i 11 meters dyp og temperatur i 4,5 meters dyp fra slutt punktet til run 2 og innover mot kysten

5 Modellering av akustisk transmisjonstap med avstandsavhengig lyd hastighet

Forsvarets beregningsprogram for lyd utbredelse i vann, Lybin, bruker en eller flere lyd hastighetsprofiler i beregningene. En kan enten kjøre med en profil som gjelder for hele vannvolumet en studerer lyd utbredelsen i, eller en kan sette at en profil gjelder for et visst intervall (eks 0-1 km) og at en ny profil ”overtar” etter det osv. Det siste omtales ofte som avstandsavhengig lyd hastighet.

I et område hvor oseanografien varierer, vil det være interessant å se på effektene variasjonen i oseanografi har på lyd utbredelse, både i SAT2 øyemed (Hjelmervik 2006; Knudsen & Dombestein 2004) og generelt for Marinens fartøyer som bruker sonarer. Per i dag brukes det som regel bare en lyd hastighetsprofil når en kjører Lybin, og en vet lite om hvilken effekt avstandsavhengig lyd hastighet har.

Det er her tatt med to situasjoner for å vise forskjellene en får ved å benytte avstandsavhengig lyd hastighet kontra det å bruke én lyd hastighetsprofil for hele vannvolumet.

Her er det valgt å se på transmisjonstapet når lyden sendes gjennom linje 2, både fra øst mot vest og motsatt. (se Figur 5.1 og Figur 5.2)

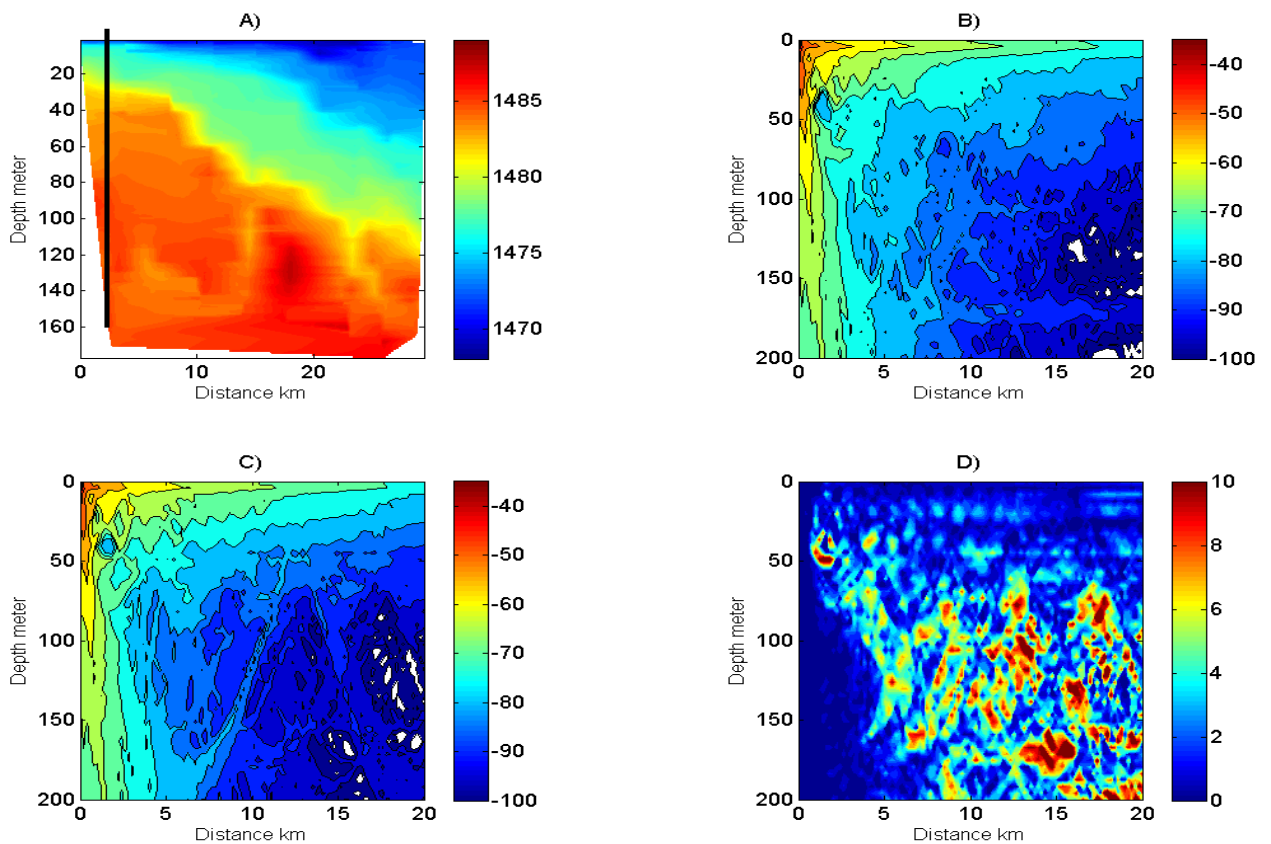
Parametrene som Lybin er kjørt med, er oppgitt i Tabell 5.1. Lyd hastighetsprofilene har intervall på 10 meter, og starter fra de svarte linjene i Figur 5.1 A) og Figur 5.2 A). For sammenligning er Lybin også kjørt med en lyd hastighetsprofil, den som gjelder fra 0-10 meter i kjøringen med mange profiler.

Figur 5.1 D) og viser forskjell i transmisjonstap når Lybin er kjørt med én kontra mange

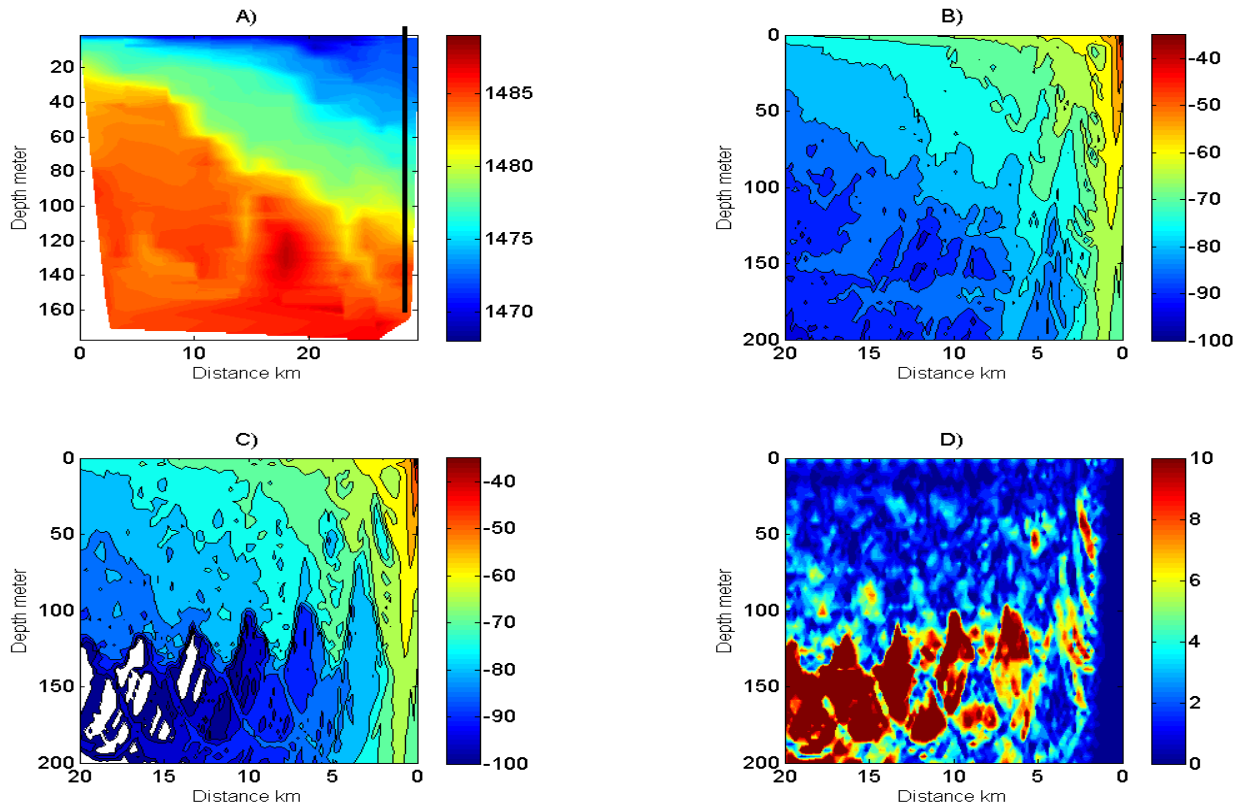
lydhastighetsprofiler og lyden er sendt fra vest mot øst gjennom linje 2. En ser at forskjellen i transmisjonstapet ligger mellom 0 og 4 dB i de øverste 30-40 meterne og at forskjellen er liten på korte avstander i dypet. Relativt små forskjeller i øvre deler av vannvolumet er forventet, siden lydhastighetsprofilene vil bøye lyden mot overflaten.

Parameter	Verdi	Parameter	Verdi
Frekvens	7 kHz	Bunntype	3
Tilt	4°	pH	8
Puls lengde	1000 ms	Sonardyp	5 m
Åpningsvinkel	15°	Kildenivå	230 dB
Sidelobe	13°		

Tabell 5.1 Parametere brukt i Lybinkjøringene



Figur 5.1 Lyd sendt fra vest mot øst gjennom linje 2. A) viser lydhastighet langs linje 2. Svart linje viser hvor første profil starter. B) viser transmisjonstap beregnet med mange profiler, C) viser transmisjonstap beregnet med en profil (markert med svart linje). D) viser forskjellen mellom B) og C). Tverrsnittet er sett mot nord



Figur 5.2 Lyd sendt fra øst mot vest gjennom linje 2. A) viser lydshastighet langs linje 2. Svart linje viser hvor første profil starter. B) viser transmisjonstap beregnet med mange profiler, C) viser transmisjonstap beregnet med en profil (markert med svart linje). D) viser forskjellen mellom B) og C). Tverrsnittet er sett mot nord

Figur 5.2 D) viser transmisjonstapet når lyden er sendt motsatt vei, fra øst mot vest, gjennom datasettet. Her er forskjellene større sammenlignet med resultatet i Figur 5.1, spesielt dypere enn 100 meter fra 7 kilometer og utover.

6 Diskusjon og oppsummering

Ut fra dataene som er vist, kan en si at det var relativt store oseanografiske variasjoner både i tid og rom i området mens målekampanjen fant sted.

Fra Figur 4.1 og Figur 4.2 ser en at fordeling av vannmasser varierer mye fra linje til linje, tatt i betraktning at målingene er gjort innenfor et relativt lite geografisk område. Kystvannet ligger i overflaten gjennom hele linje 3, 4 og 5, mens atlantisk vann er å finne i overflaten på vestsiden av linje 1 og 2.

Hvor raskt ting kan skifte i tid ser vi tydelig langs linje 6 som ble gått to ganger. Her forandres strømbildet og temperaturen betydelig over en periode på ca åtte timer.

Å finne et stabilt oseanografisk område i Nordsjøen vil by på problemer, siden det i dette havområdet foregår mye miksing og interaksjon mellom vann i den norske kyststrømmen og vann fra Atlanterhavet.

Når det gjelder avstandsavhengig Lybin ser en at det er forskjeller i transmisjonstap når mange lydshastighetsprofiler i motsetning til å bare bruke profilen nærmest kilden. Nært kilden og i de øverste 30-40 meterne er forskjellene minst. Liten forskjell i de øverste 30-40 meterne skyldes at alle profilene er oppoverrefrakterende, slik at meste parten av energien vil holde seg i øvre del av vannsøylen. Det er viktig å merke seg at Lybin ikke er fullt ut testet på hvor godt programmet klarer å modellere riktig når det kjøres med avstandsavhengig lydshastighet.

Måten en valgte å gjennomføre datainnsamlingen på var vellykket, ved at en fikk samlet mye data på kort tid. Samtidig viste det seg at ved å gå samme linje flere ganger vil en fange opp oseanografiske strukturer som beveger seg nordover. Under en eventuell ny SAT 2 anbefales det å følge samme opplegget som beskrevet i introduksjonen.

7 Videre arbeid

Datasettet som er samlet inn vil være av stor verdi i videre arbeid. Blant annet pågår det arbeid med å bruke Lybin til å sammenligne målte lydshastighetsprofiler med modellerte profiler. Det vil gi en bedre kunnskap om hvor god en havmodell er til å beskrive akustikken i havet sammenlignet med virkeligheten. En god havmodell vil kunne gi varsler med stor nøyaktighet, noe som er svært viktig for planlegging av Marinens sonaroperasjoner.

Litteratur

Hjelmervik, K. T. 2006, *Sensitivity of Lybins transmission loss due to variations in sound speed* 2006/01356.

Iversen, S., Fossum, P., Gjørseter, H., & Skogen, M. o. T. R. 2006, *Havets ressurser og miljø 2006*.

Knudsen, T. & Dombestein, E. M. 2004, *SAT2 test object, required target strengths and source levels* 2004/00250.

Morten Torsås 2007, *METOC datafangst til SAT2, uke 9-10 2007, FFI notat 07/0853*.

R.Sætre, J.Aure, & R.Ljøen 1988, *Wind effects on the lateral extension of the Norwegian Coastal Water* Continental Shelf Research Vol 8, No. 3.