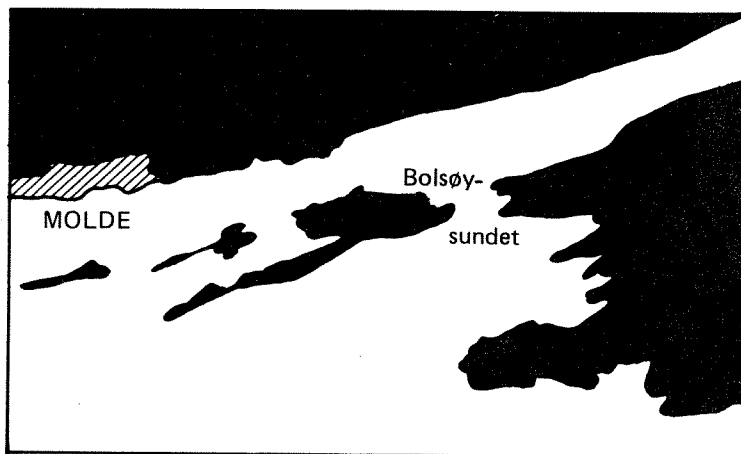


O-  
86107


1976

**O-86107**

Vurderinger av miljømessige  
konsekvenser av brufyllinger  
i Bolsøysund



# NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

**Hovedkontor**

Postboks 333  
0314 Oslo 3  
Telefon (02) 23 52 80

**Sørlandsavdelingen**

Grooseveien 36  
4890 Grimstad  
Telefon (041) 43 03 3

**Østlandsavdelingen**

Rute 866  
2312 Ottestad  
Telefon (065) 76 75 2

**Vestlandsavdelingen**

Breiviken 2  
5035 Bergen - Sandviken  
Telefon (05) 25 97 00

Prosjektnr.:

0-86107

Undernummer:

Løpnummer:

1976

Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel:  Vurderinger av miljømessige konsekvenser av bruffyllinger i Bolsøysund	Dato:  1987-04-08
	Prosjektnummer:  0-86107
Forfatter (e):  Jan Nilsen	Faggruppe:  Marinøkologisk
	Geografisk område:  Møre og Romsdal
	Antall sider (inkl. bilag):  80

Oppdragsgiver:  Molde kommune, Molde	Oppdragsg. ref. (evt. NTFN-nr.):
--	----------------------------------

Ekstrakt: Analyse av miljømålinger og hydrofysiske beregninger utført i Bolsøysund og Fannefjorden viste at ingen av de alternative bruffyllingene totalt sett ville medføre noen endringer i den tidevannsgenererte utskiftningen i Fannefjorden. Det forventes en økning i strømfarten i Bolsøysund på 10-30%. Denne økningen vil ikke medføre noen vansker for skipstrafikken i sundet. Midlere saltholdighet i brakkevannslaget i Fannefjorden vil bli redusert med mindre enn 1‰. Oppholdstiden på ferskvannet i Fannefjorden vil øke med maksimalt 22 %. Faren for islegging innerst i fjorden vil øke. Det forventes små marinbiologiske konsekvenser av alle fyllingsalternativene.

4 emneord, norske:

1. Fannefjorden
2. Bolsøysund
3. Bro
4. Strømforhold

4 emneord, engelske:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

Prosjektleder:

*Jan Nilsen*

Jan Nilsen

For administrasjonen:

*Tor Bokn*

Tor Bokn

ISBN 82-577-1215-9

**NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING**

**OSLO**

**O-86107**

**VURDERING AV MILJØMESSIGE KONSEKVENSER  
AV BRUFYLLINGER I BOLSØYSUND**

Oslo, 8. april 1987

Prosjektleder: Jan Nilsen

## F O R O R D

I april 1986 ble NIVA forespurt av Molde kommune om å utarbeide et undersøkelsesprogram for vurdering av mulige miljømessige konsekvenser av brufyllinger i Bolsøysund. Bolsøysundet er det dypeste innløpet til Fannefjorden og det var ønskelig å få vurdert om innsnevringer i dette sundet ville medføre endringer i de miljømessige forhold inne i Fannefjorden.

Som en del av undersøkelsen ble det utført feltnålinger i Bolsøysundet i juni, juli, august og første halvdel av september 1986. Molde kommune har vært behjelpelig med å skaffe båt og arbeidshjelp til feltarbeidet.

Vi vil få takke Molde kommune for et hyggelig samarbeide i prosjektet.

Oslo, 8. april 1987

Jan Nilsen

## I N N H O L D S F O R T E G N E L S E

	Side:
FORORD .....	I
INNHALDSFORTEGNELSE.....	II
1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER .....	1
2. INNLEDNING .....	5
3. BESKRIVELSE AV OMRÅDET .....	6
4. OVERSIKT OVER DET INNSAMLEDE DATAMATERIALET .....	11
5. INSTRUMENTER OG BEHANDLING AV DATA.....	13
6. RESULTATER.....	16
6.1 Resultater av strømmålinger med selvregistrerende instrumenter. ....	16
6.2 Resultater av strømkorsmålingene. ....	43
6.3 Resultater av de hydrografiske målingene. ....	46
7. DISKUSJON.....	57
7.1 Endringer i strømforholdene i Bolsøysundet som følge av de ulike fyllingsalternativene .....	57
7.2 Endringer i den tidevannsgenererte vannutskiftningen i Fannefjorden som følge av brufyllinger i Bolsøysund	58
7.3 Endringer i de hydrografiske forholdene i Fannefjorden som følge av brufyllinger i Bolsøysund .....	60
7.4 Marinbiologiske endringer i Fannefjorden som følge brufyllinger i Bolsøysund .....	65
REFERANSER .....	66
VEDLEGG 1. INSTRUMENTER	67
VEDLEGG 2. BEHANDLING AV AANDERAA STRØMDATA	69
VEDLEGG 3. STRØMFART I 2M MÅLT FRA RIGG I DRIFT	74

## 1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

### Formål med undersøkelsen

Formålene med undersøkelsen i Bolsøysund var følgende:

1. Beskrive nåværende strøm- og hydrografiske forhold i Bolsøysund og vurdere endringer i disse forholdene som følge av ulike fyllingsalternativer i sundet.
2. Vurdere Bolsøysundets betydning for de hydrografiske forholdene og for vannutskiftningen i Fannefjorden.
3. Vurdere mulige konsekvenser av redusert gjennomstrømning i Bolsøysund for bunndyr, fisk, plankton og islegging i Fannefjorden.

### Konklusjoner

Strømmen i Bolsøysund var tydelig tidevannsdominert. Strømmen i overflatelaget var rettet inn i Fannefjorden på stigende sjø og ut på fallende sjø. Strømmen i overflatelaget og i dyplaget var ofte motsatt rettet. Spesielt i dyplaget var strømretningen styrt av bunntopografien i sundet. Både strømfart og retning varierte på tvers av sundet. Maksimalt målt strømfart i 2m og 25m dyp var henholdsvis 55 og 27cm/s.

Ingen av de foreslåtte fyllingsalternativene forventes å gi noen merkbare endringer av tidevannsamplituden inne i Fannefjorden og dermed den tidevanngenererte vannutskiftningen i fjordsystemet.

Det forventes en økning i strømfarten i Bolsøysund på ca 10-30%. Dette vil ikke medføre noen store vansker for båttrafikken i sundet.

Brakkvannets oppholdstid i fjordsystemet er forventet å øke med 10-20%. Den midlere saltholdigheten i overflatelaget vil bli redusert med mindre enn 1<sup>o</sup>/oo.

Faren for økt islegging innerst i Fannefjorden vil bli forsterket.

Dypvannsutskiftningen i fjordsystemet forventes ikke å bli merkbart redusert som følge av noen av fyllingsalternativene.

Oksygenforholdene i dypvannet vil ikke bli merkbart redusert som følge av noen av fyllingsalternativene.

Produksjonen av planktonalger i fjordsystemet vil kunne øke som følge av økt oppholdstid på brakkvannet.

#### Utførte undersøkelser og analyser.

For å undersøke mulige miljømessige konsekvenser av brufyllinger i Bolsøysund, er det utført strømmålinger og hydrografiske målinger i sundet. Noe av det datamaterialet som ble samlet inn i forbindelse med resipientundersøkelsen i Fannefjorden 1984-85, samt resultater fra tidligere undersøkelser, er også benyttet i vurderingene.

Til å vurdere mulige endringer i brakkvannslagets tykkelse ved fjordmunningen, endringer i midlere saltholdighet i overflatelaget og endringer i ferskvannets oppholdstid i Fannefjorden er det anvendt teorier for to-lagsstrømning i fjorder.

#### Resultater av hydrografi- og strømmålinger.

Resultatene av strømmålingene i Bolsøysundet viste at strømfarten i måleperioden var relativt stor. Maksimal målt fart på to stasjoner i brutraseen ble i 2m dyp målt til henholdsvis 40 og 55cm/s på øst og vestsiden av sundet. I 25m dyp var maksimal målt fart 27cm/s. Det må nevnes at målingene på de to stasjonene ikke ble utført samtidig. Maksimumsverdiene kan derfor ikke si noe om endringer i strømfarten langs fyllingstraseen. Drift av strømkors satt ut samtidig på tre stasjoner i fyllingstraseen, viste imidlertid variasjoner i strømhastigheten langs brutverrsnittet.

Strømhastigheten spesielt i dypere lag i Bolsøysund var styrt av bunntopografien. På målestasjonen øst i fyllingstraseen var dominerende transportretning i 2m dyp mot nordvest, mens den i 25m dyp var rettet mot vest. Denne dreiningen av transportretningen med dypet på målestasjonen, skyldes den undersjøiske ryggen som går ut fra Teinskaget på østsiden av Bolsøysund.

Målingene viste at strømmen var tydelig tidevannsdominert, med amplituder i strømfarten i 2m dyp, fra 15-30cm/s, i 25m dyp varierte tilsvarende amplituder mellom 2-10cm/s. Strømretningen var inn i Fannefjorden på stigende sjø og ut av fjorden på fallende sjø.

Ved å dekomponere den målte strømhastigheten i sundets retning, beregne tilsvarende dekomponert tidevannsstrøm og subtrahere disse fra hverandre, er nettotransporten forbi målestasjonen bestemt. Differansen mellom totalstrøm og tidevannsstrøm kalles ofte reststrøm. Resultatene av strømanalysene viste at reststrømmen i perioder var så stor at tidevannsstrømmen over flere døgn ikke klarte å snu strømrretningen.

Resultatene av temperatur og saltholdighetsmålingene viste i måleperioden fluktasjoner både i 2m og 25m dyp som skyldtes tidevannsstrømmene og mer langperiodiske inn-utstrømninger gjennom Bolsøysundet.

Midlere saltholdighet i 25m dyp var ca  $32^0/00$ . Midlere saltholdighet i 2m dyp var ca  $26^0/00$  i første måleperiode i juni-juli og ca  $29^0/00$  i august. Middelttemperaturen i 2m dyp både i juni-juli og august var  $13-14^0C$ . Vertikalprofilmålingene utført i juni 1986, viste at tykkelsen på brakkvannslaget var 3-5m.

#### Konsekvenser av brufyllingene i Bolsøysund.

De foreslåtte fyllingsalternativene vil medføre følgende reduksjoner i gjennomstrømningstverrsnittet i Bolsøysund: 17, 23 og 36%. Dette tilsvarer ca 5, 7 og 11% reduksjon av det totale tverrsnittet inn til Fannefjorden.

Spesielt for vindretninger fra sydvest, vest og nordvest som medfører vindoppstuing av brakkvannslaget i Fannefjorden, vil Bolsøysundet være en viktig transportveg for brakkvannet ut av Fannefjorden. Brufyllingene i Bolsøysundet vil mest sannsynlig redusere overflatetransporten noe, selv om farten i sundet vil øke. Spesielt nedstrøms fyllingene, vil det kunne danne seg virvler inne ved land som vil bremse transporten gjennom sundet.

Det forventes en økning i strømfarten i Bolsøysund på 10-30% avhengig av hvilket fyllingsalternativ som velges. Denne økningen vil ikke få noen betydning for skipsfarten i sundet.

Hydrofysiske beregninger har gitt følgende resultater når det gjelder endringer som følge av det lengste fyllingsalternativet i Bolsøysund.

Det blir ingen endringer i tidevannshøyden som følge av innsnevringene



i Bolsøysund. Som følge av fyllingene kan den tidevannsgenererte vannutskiftningen i overflatelaget bli noe redusert, men vannutskiftningen i dyplaget vil til gjengjeld øke tilsvarende.

Beregningene viser at tykkelsen på brakkvannslaget i fjordmunningen vil øke helt ubetydelig som følge av fyllingene.

Reduksjonen i midlere saltholdighet i overflatelaget i Fannefjorden, vil ifølge beregningene bli mindre enn  $1^0/00$ , som følge av bruffyllingene.

Beregnet oppholdstid for ferskvannet i Fannefjorden vil øke med  $10-20^0/o$ .

Faren for islegging innerst i Fannefjorden vil øke som følge av økt oppholdstid på ferskvannet og noe redusert saltholdighet.

Dersom produksjonsforholdene for alger er bedre i Fannefjorden enn utenfor fjorden, vil økt oppholdstid av overflatevannet kunne medføre økt algeproduksjon i Fannefjorden.

Dypvannsutskiftningen i Fannefjorden forventes ikke å bli redusert, som følge av fyllingene i Bolsøysund. Oksygenforholdene vil derfor ikke bli dårligere i dypvannet, dersom ikke tilførsel av organisk materiale fra overflatelaget øker oksygenforbruket i dypvannet.

Undersøkelser av bunnfaunaen i Fannefjorden synes å vise at den kan akseptere en noe økt sedimentering av organisk materiale.

## 2. INNLEDNING

I forbindelse med planlegging av bru over Bolsøysundet ble NIVA forespurt om å vurdere mulige miljømessige konsekvenser av reduksjoner i gjennomstrømningsarealet, for vannmassene som passerer gjennom Bolsøysundet. Disse reduksjonene er en følge av fyllinger på hver side fra land og ut i sundet.

Det var ønske om å vurdere følgende forhold:

1. Beskrive nåværende strøm- og hydrografiske forhold i Bolsøysund og vurdere endringer i strømforholdene i sundet som følge av de ulike fyllingsalternativer i sundet.
2. Vurdere Bolsøysundets betydning for de hydrografiske forholdene og for vannutskiftningen i Fannefjorden.
3. Vurdere mulige konsekvenser av redusert gjennomstrømning i Bolsøysundet for bunndyr, fisk, plankton og islegging.

I forbindelse med undersøkelsen i Bolsøysund er utført feltmålinger i området, det er innhentet data og benyttet resultater fra tidligere undersøkelser og det er utført hydrofysiske beregninger for å vurdere mulige miljømessige endringer som følge av de planlagte fyllingsalternativene.

Rapporten er ordnet på følgende måte. I kap.3 er det gitt en beskrivelse av Bolsøysund og Fannefjorden. Det er tatt med en oversikt over det innsamlede datamaterialet i kap. 4. Måleinstrumenter og behandlingen av data vist til i kap. 5. I kap. 6 er resultatene av presentert. Måleresultatene og de hydrofysiske beregningene er diskutert i kap. 7. Sammendrag og konklusjoner av undersøkelsen er gitt i kap. 1. I Vedlegg 1 er det gitt noen tekniske spesifikasjoner av de måleinstrumentene som ble benyttet i undersøkelsen. Vedlegg 2 gir en forklaring til figurene benyttet til presentasjon av resultatene av målingene utført med de selvregistrerende strømmålerene. I Vedlegg 3 er det presentert strømfart målt fra en rigg satt ut på St 1. Denne riggen ble kappet i måleperioden og kom på drift.

### 3. BESKRIVELSE AV OMRÅDET:

Figur 3.1 viser Fannefjorden med tilgrensende nedslagsfelt for nedbør samt tilstøtende fjordområder. Det følger av figur 3.1 at vannutskiftningen i Fannefjorden må foregå mellom Molde og Hjertøya, gjennom sundene mellom Hjertøya, Sæterøya og Bolsøya, samt gjennom Bolsøysundet. Størst terskeldyp er det i Bolsøysundet. Bredden på tversnittet ytterst i Fannefjorden mellom Molde og Hjertøya er ca. 2.25km og terskeldypet er ca 25-30m. Mellom Hjertøya, Sæterøya og Bolsøya er det bare grunne sund med dyp stort sett mindre enn 10m. Bredden på tversnittet mellom disse øyene er anslått til ca 1.65km.

Bredden på Bolsøysundet er ca. 1km langs den planlagte brutraseen. Terskeldyp i sundet er 30-35m. Figur 3.2 viser et topografisk kart over sundet. Den planlagte brutraseen er tegnet inn. Alternative lengder på steinfyllingene gitt av Molde kommune, er merket av på figuren.

Det følger av figur 3.2 at bunnen langs brutraseen østover fra Bolsøyneset, skrår jevnt ned mot ca 30m. Midt i sundet er det et relativt flatt område. Brutraseen på østsiden av sundet følger toppen av en rygg ut fra Teinskaget på fastlandet. Store deler av denne ryggen har dyp mindre enn 5m.

Plasseringene av de to strømmålerstasjonene er merket av på figuren. Målerne er plassert i brutraseen for å gi mest mulig representative data om de naturlige strømforholdene langs traseen.

Figur 3.3 viser dybdeforholdene langs den planlagte brutraseen i Bolsøysundet. Gjennomstrømningsarealene langs traseen slik de er i dag og beregnet for de ulike fyllingsalternativene er vist i tabell 3.1.

Tabell 3.1 Reduksjoner i gjennomstrømningsarealer i Bolsøysund beregnet for de ulike planlagte fyllingsalternativer. Totalt nåverende gjennomstrømningsareal i Bolsøysundet er ca 18450 m<sup>2</sup>.

FYLLINGS- ALTERNATIVER	AREALREDUKSJONER	
	M2	%
A	3100	17
B	4225	23
C	6615	36

Det følger av tabell 3.1 at gjennomstrømningsarealet vil bli redusert med henholdsvis 17%, 23% og 36% i Bolsøysundet ved valg av alternativ A, B og C.

Dersom en antar et midlere dyp i tversnittet ytterst i Fannefjorden, ved terskelen mellom Molde og Hjertøya, på henholdsvis 20m eller 15m, samt et midlere dyp i tversnittene mellom Hjertøya, Sæterøya og Bolsøya på 5m, blir det totale gjennomstrømningsarealet inn til Fannefjorden ca. 72000m<sup>2</sup> eller 60000m<sup>2</sup>.

Bolsøysundet utgjør følgelig ca 25% eller 30% av dette totale arealet. De planlagte innsnevringene i Bolsøysund vil i % utgjøre ca. 4.3%, 5.7% og 9% av totalarealet for henholdsvis alternativene A, B og C ved totalt gjennomstrømningsareal på 72000m<sup>2</sup> og 5.2%, 7% og 11% ved et totalareal på 60000m<sup>2</sup>.

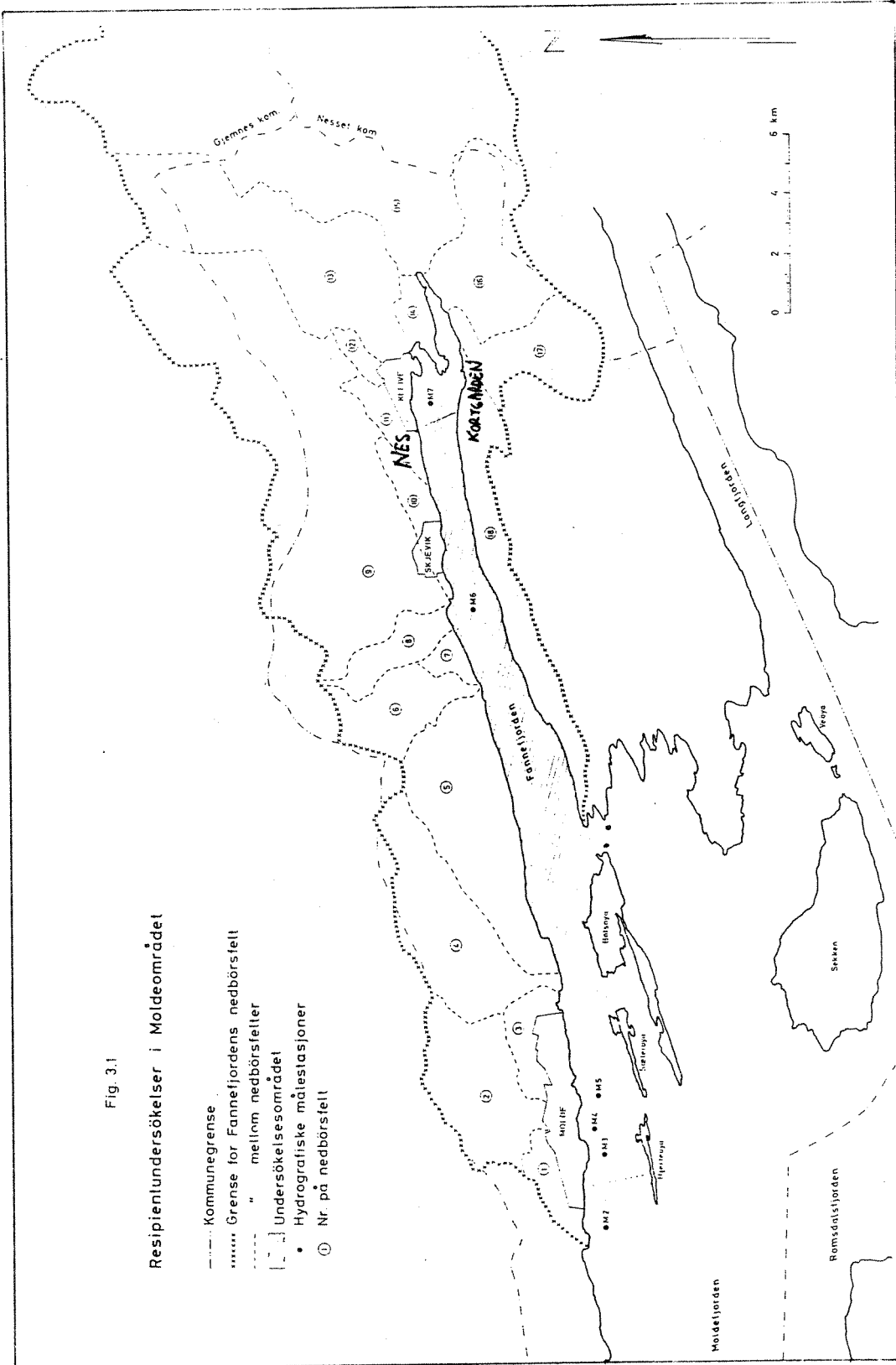
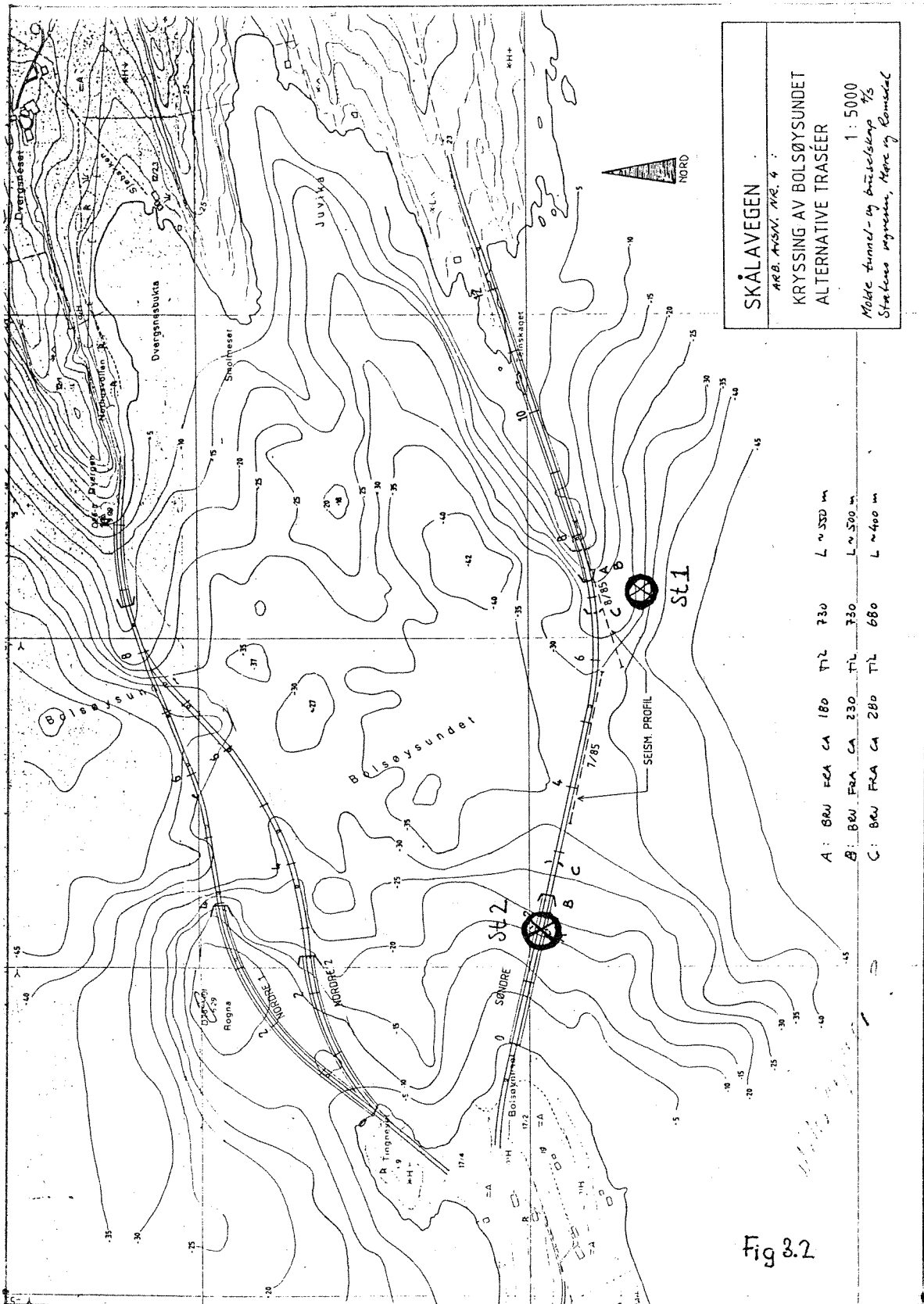


Fig. 3.1

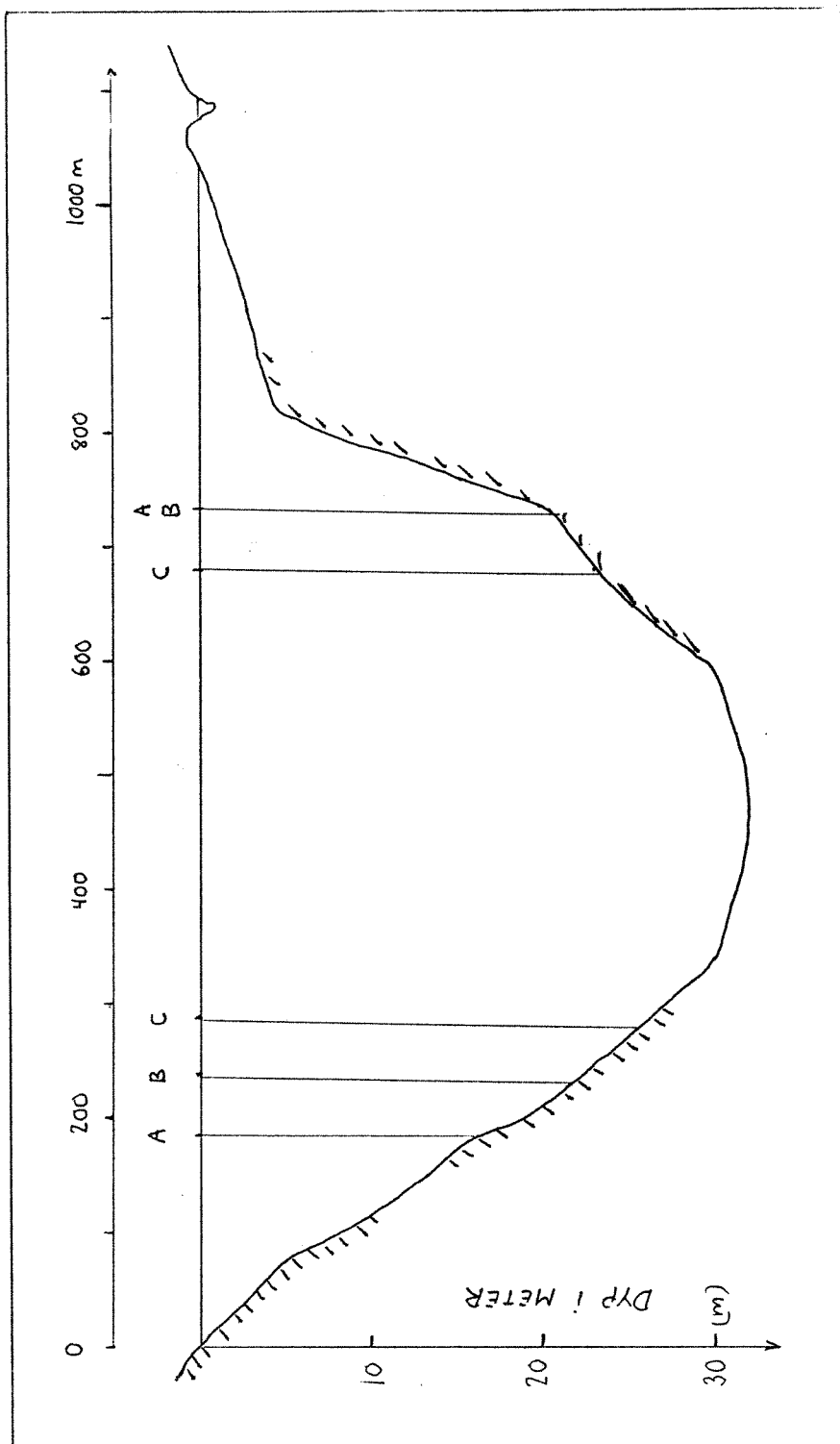
Resipientundersøkelser i Moldeområdet

- - - - - Kommunegrense
- ..... Grense for Fannefjordens nedbørfelt
- - - - - " " mellom nedbørfeltet
- - - - - Undersøkellesesområdet
- Hydrografiske målestasjoner
- ① Nr. på nedbørfelt

Figur 3.1 Fannefjorden med tilgrensede nedslagsfelt for nedbør samt tilstøtende fjordområder.



Figur 3.2 Dybdekart over Bolsøysundet med planlagt brutrasee tegnet inn.



Figur 3.3 Dybdeforholdene langs den planlagte brutraseen i Bolsøysund.

#### 4. OVERSIKT OVER DET INNSAMLEDE DATAMATERIALET

I forbindelse med undersøkelsen i Bolsøysund er det utført følgende målinger.

- 1) Kontinuerlige målinger av strømhastighet i tre punkter i den planlagte brutraseen. Målingene ble utført med selvregistrerende målere av type Aanderaa RCM4. Måleperioden var i 2m dyp på St 2 : 1986-06-11--07-15 og i 2 og 25m dyp på St 1 : 1986-06-11--07-15 og 1986-08-18--09-08.
- 2) Måling av temperatur og saltholdighet på St 1 og St 2 fra overflaten og ned til bunnen. Målingene ble utført på stigende og fallende sjø ved utsett av strømmålere 1986-06-11. Det ble benyttet en salinoterm og måleresultatene ble lest av direkte om bord i båten.
- 3) Strømmålinger med drivmarkører ble utført på tvers av Bolsøysundet. Målingene ble utført på stigende og fallende sjø 1986-06-11.

I figur 3.2 er målestasjonene for de ulike parametrene angitt. I tabell 4.1 er angitt stasjonsbetegnelse, måledyp, parameter og måleperiode for feltmålingene i Bolsøysund.

Arsaken til at det ble målt i to perioder på St1 var at riggen mest sannsynlig ble kappet i løpet av den første måleperioden. Riggen kom dermed på drift og dataene kunne derfor ikke benyttes til å beskrive strømforholdene i Bolsøysund.



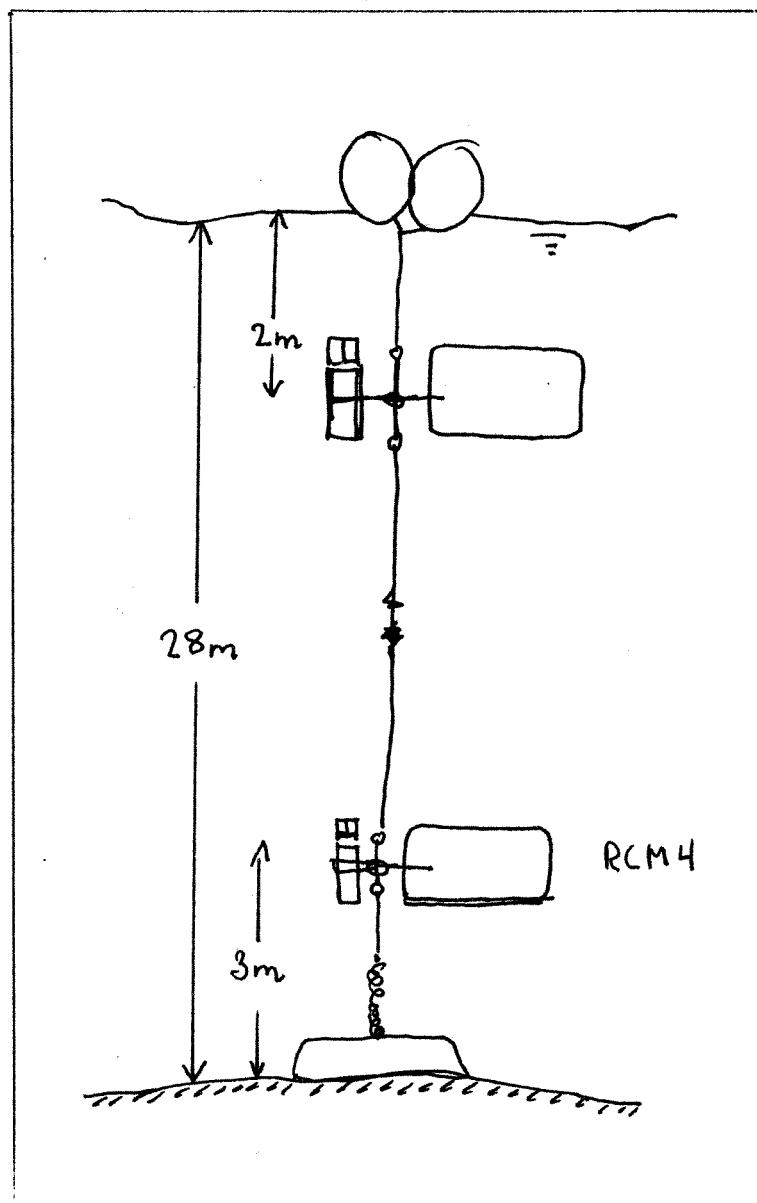
Tabell 4.1 Utførte feltmålinger i Bolsøysund 1986-06-11--09-08

Stasjon	Måledyp	Parametre	Periode
		V1: strømhastighet(cm/s) selv.reg.målere	
		V2: strømhastighet(cm/s) drivmarkører	
		T : temperatur( <sup>0</sup> C)	
		S : saltholdighet(%)	
S1	0,1,2,3,4, 5,6,7,8,9, 10,12,14,16, 20,25,30,32	T,S	1986-06-11
	2,23	V1	1986-06-11--07-15 1986-08-18--09-08
	2,12	V2	1986-06-11
S2	0,1,2,3,4, 5,6,7,8,9, 10,12,14,16, 20	T,S	1986-06-11
	2	V1	1986-06-11--07-15
	2,12	V2	1986-06-11--07-15

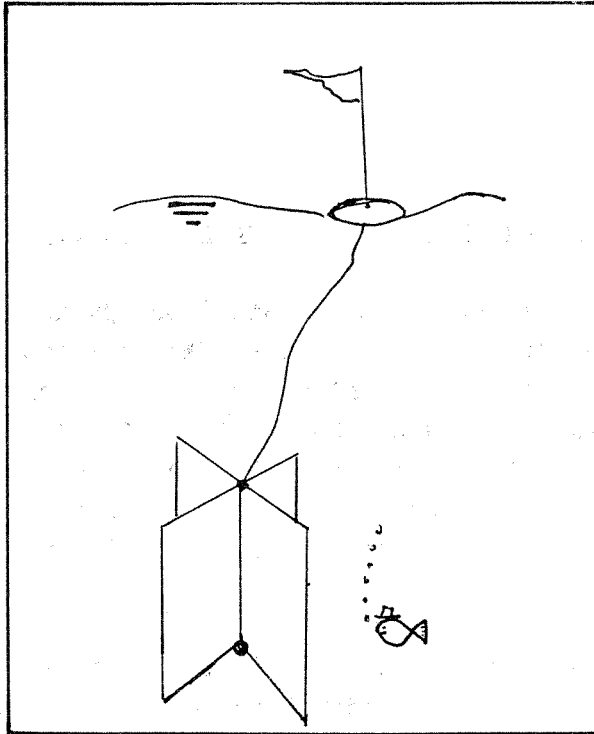
## 5. INSTRUMENTER OG DATABEARBEIDING

I forbindelse med feltundersøkelsene i Bolsøysundet sommeren 1986 ble det benyttet følgende instrumenter. Selvregistrerende strømmålere av type Aanderaa RCM4, strømkors og elektronisk temperatur og saltholdighetsmåler. Figur 5.1 viser en skisse av en målerigg med Aanderaa strømmålere. På figur 5.2 og 5.3 er vist skisser av henholdsvis strømkors og elektronisk temperatur og saltholdighetsmåler (salinoterm). En nærmere beskrivelse av måleinstrumentene er gitt i Vedlegg 1.

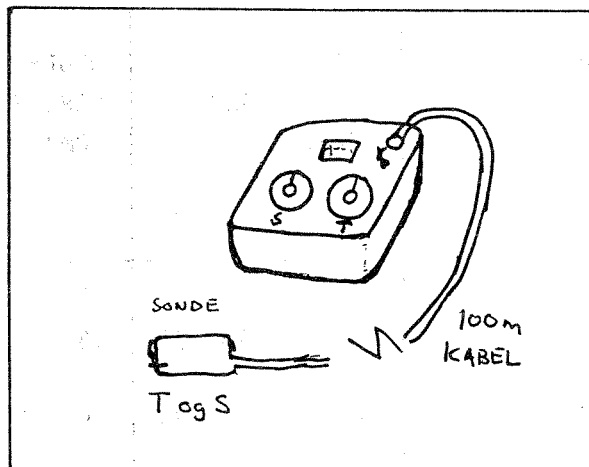
Resultatene fra hver strømmåler er presentert som periodisk statistikk, tidsserier og progressive vektordiagram, sammen med tabeller for harmonisk analyse av tidevannsstrømmer, strømretningsfordeling og retningsfordeling av reststrøm. I Vedlegg 2 er det gitt en nærmere forklaring til de ulike tabellene og figurene.



Figur 5.1 Skisse av målerigg med Aanderaa strømmålere.



Figur 5.2 Skisse av strømkors.



Figur 5.3 Skisse av en elektronisk temperatur og saltholdighets måler

## 6. RESULTATER

### 6.1 Resultater av strømmålinger med selvregistrerende instrumenter

Det ble utført strømmålinger på St1 og St2 i Bolsøysund med selvregistrerende målere av type Aanderaa RCM4. Måledypene på St1 var 2m og 25m, på St2 ble det målt i 2m dyp. Det ble satt ut målere i alle tre dyp i perioden 1986-06-11--07-15. Måleriggen på St1 ble imidlertid mest sannsynlig kappet i perioden og kom på drift. Det er derfor valgt å se bort fra dataene fra St1 fra denne perioden. Det ble satt ut nye strømmålere på St1 i perioden 1986-08-17--09-07.

Resultatene av målingene på St2 er vist i figur 6.1.1-6.1.14 og tabell 6.1-6.4. Resultatene av strømmålingene på St1 er vist på figur 6.15-6.20.

Tabell 6.1 Resultater av strømmålinger med selvregistrerende målere. Måleperioden var på St2, 1986-06-11--07-15 og på St1, 1986-08-17--09-07.

STASJON	DYP  (M)	MAKS HASTIGHET		MAKS. FART I RETN. (CM/S)				MIDLERE FART I RETN. (CM/S)			
		(CM/S)	(GRAD)	N	Ø	S	V	N	Ø	S	V
ST1	2	40	310	33	27	33	38	13	12	17	18
	25	27	280	20	21	17	24	6	7	4	9
ST2	2	55	359	55	28	43	33	25	11	43	33

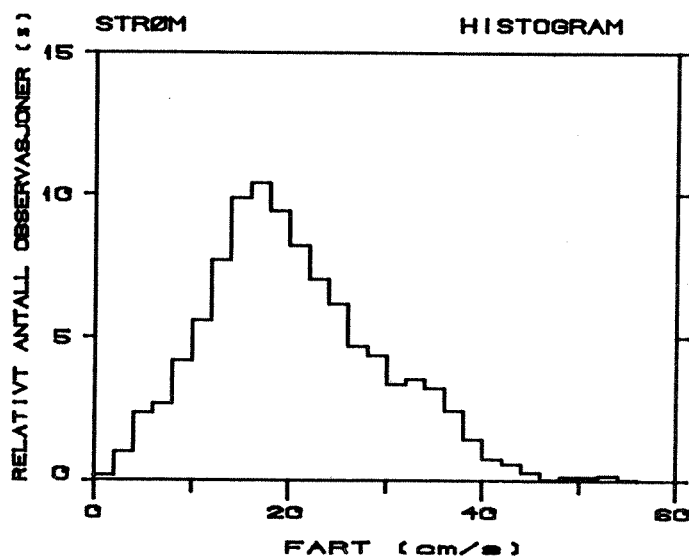
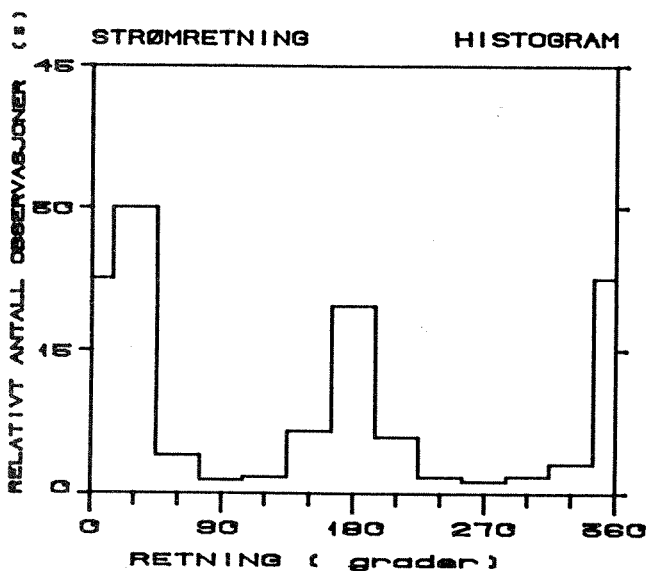
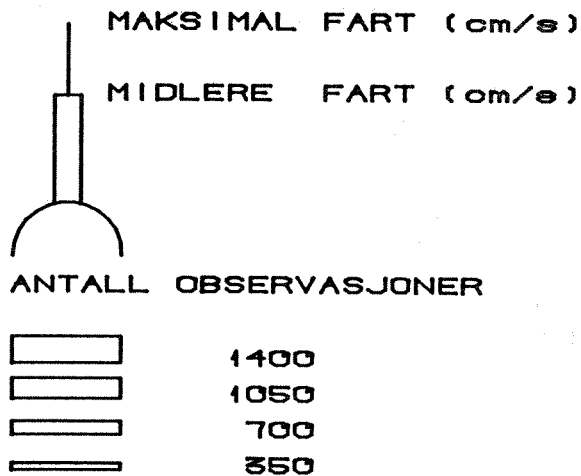
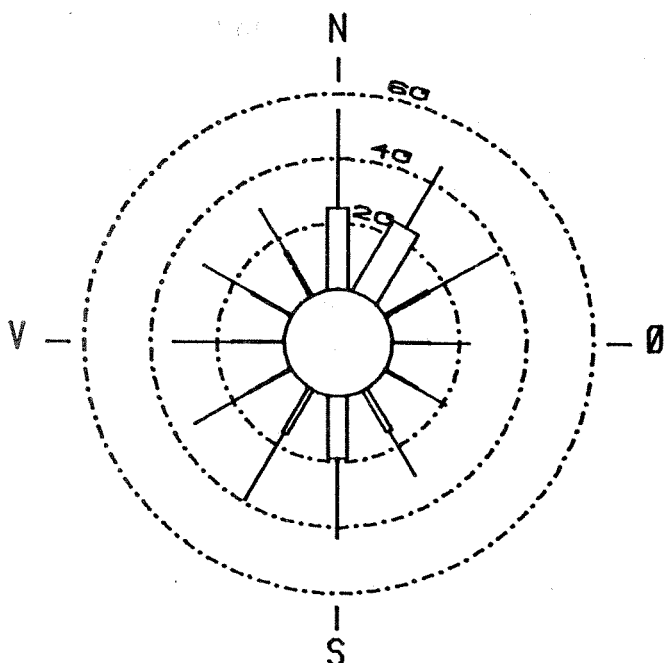
### Strømmålinger på St2

Det følger av tabell 6.1-6.4 og figur 6.1.1-6.1.14 at strømmen i 2m dyp på St2 i Bolsøysundet var tydelig tidevannsdominert. Strømretningen snudde stort sett med tidevannet og gikk nordover på stigende sjø og sydover på fallende sjø. Enkelte perioder snudde strømmen ikke med tidevannet, men forble mot nord over flere døgnns varighet.

Både det progressive vektordiagrammet, figur 6.1.2, samt strømroser og histogrammer i figur 6.1.1, viser at det i måleperioden var flest registreringer mot nord på St2 i 2m dyp.

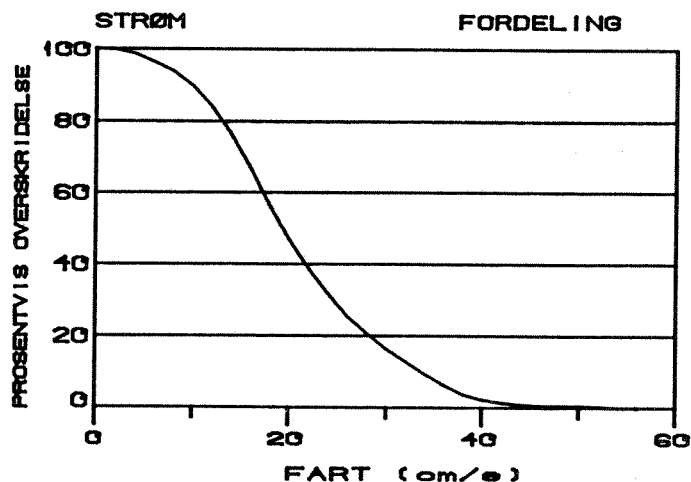
Figur 6.1.9-6.1.14 viser også at dekomponert reststrøm i perioder på flere døgn var rettet mot nord med fart på over 20cm/s. Det følger videre av figur 6.1.9-6.1.14 at det var god overenstemmelse mellom dekomponert beregnet reststrøm og dekomponert total strømfart som det er utført 25-timers glidende midling på.

Det følger av figur 6.1.9-6.1.14 at dekomponert tidevannsstrøm i perioden viste amplituder på fra 15-30cm/s, henholdsvis mot nord og syd.



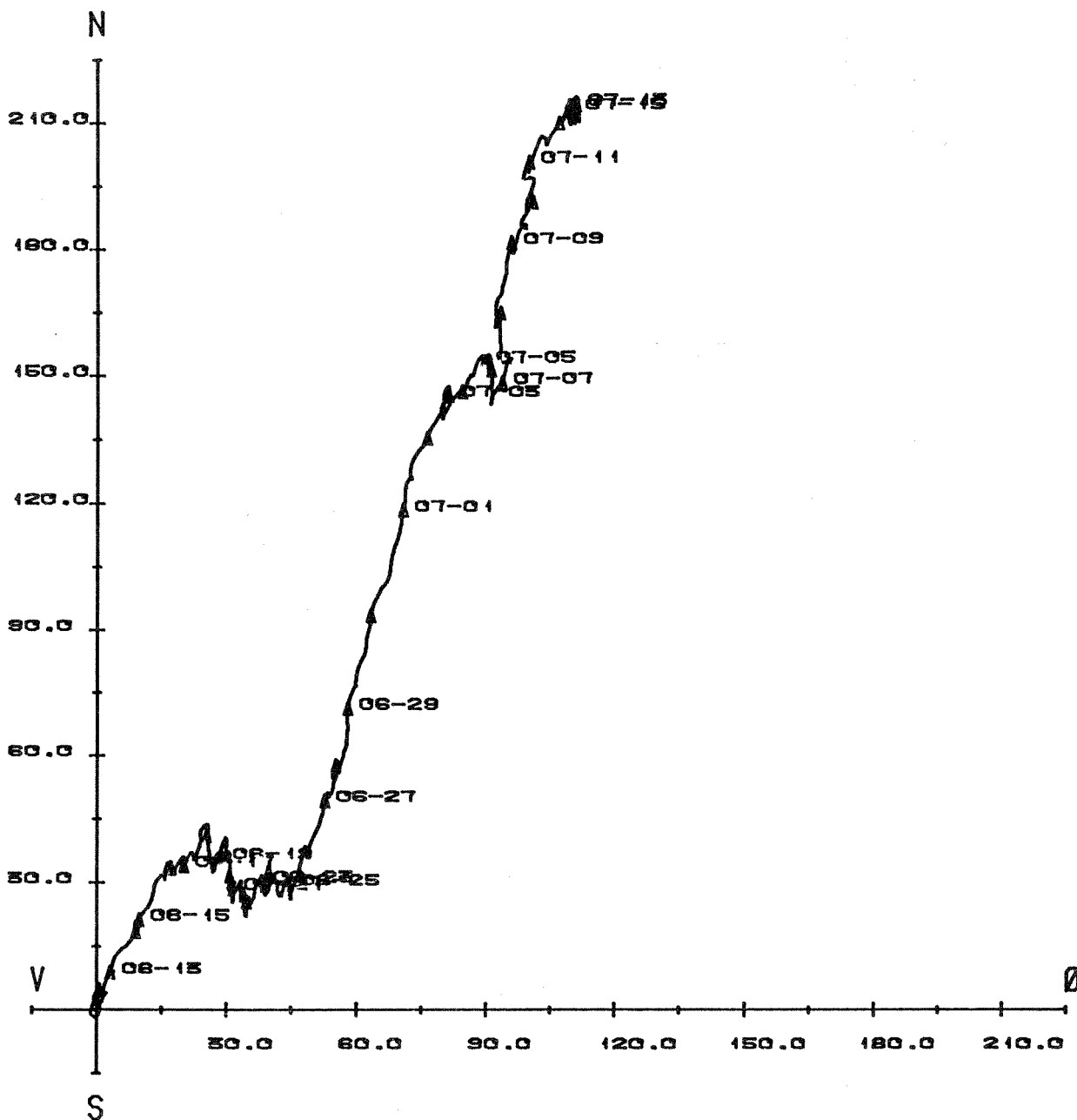
## PERIODETABELL

ANTALL OBSERVASJONER	1884
SAMPLINGSINTERVALL (s)	800
MIDLINGSINTERVALL (s)	800
INSTR. TYPE	AANDERAA RCM4
MAKSIMAL HASTIGHET	
FART : 55 cm/s	RETNING : 559°
MIDLERE HASTIGHET	
FART : 8.2 cm/s	RETNING : 27°
MIDLERE FART :	20.8 cm/s
MAKSIMALE HASTIGHETSKOMPONENTER (cm/s)	
N: 55	Ø: 28
S: 45	V: 55
STRØM STABILITET	40 (s)



PERIODESTATISTIKK				INSTRUMENT	
STED	BOLSØYSUND	STASJON	02	INSTRUMENT DYP	2 m
		VANNDYP	15 m	OBSERVASJONSPERIODE	1986-06-11-07-15
NHL NORSK HYDROTEKNISK LABORATORIUM				PROSJEKT	FIGUR
					6.1.1.

ENHET : Km



START : 1986-06-11 KL 10-10

STOPP : 1986-07-15 KL 08-00

PROGRESSIVT VEKTORDIAGRAM FOR STRØM				INSTRUMENT AANDERAA RCM4	
STED BOLSØYSUND	STASJON 02	VANNØYD 15 m	INSTRUMENT DYP 2 m	OBSERVASJONSPERIODE 1986-06-11-07-15 ØYT	
NHL NORSK HYDROTEKNISK LABORATORIUM			PROSJEKT	FIGUR 6.1.2.	



Tab. 6.2.

\*\*\*\*\*  
 DIRECTIONAL DISTRIBUTION OF : STRØM  
 \*\*\*\*\*

LOCATION	POSITION	DEPTH	INSTRUMENT TYPE	SAMPL. INTERVAL	AVERAG. INTERVAL	START TIME	END TIME	EDB-CODE									
BOLSØYSUND	N 00-00 E 00-00	2	AANDER	600.0	600.0	860611-1010	860715-0800	4923									
				NO OF RECORDS IN 30 DEGREES SECTORS CENTERED ABOUT :													
SPEED INTERVAL CM/S	NO OF RECORDS	ACC. FRACT. / N/(NN+1)	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	/	NORM TO DIRECTIONS	
( 0- 2.0>	10	.00205 /	0	1	0	1	1	0	3	1	0	0	0	1	2 /	976	133
( 2.0- 4.0>	49	.01208 /	3	5	6	2	5	5	4	4	3	2	6	4 /	838	146	
( 4.0- 6.0>	116	.03582 /	10	13	5	7	10	9	16	16	8	2	12	8 /	713	169	
( 6.0- 8.0>	131	.06264 /	18	15	13	9	6	21	14	15	10	3	2	5 /	638	208	
( 8.0- 10.0>	204	.10440 /	25	22	17	13	12	26	45	20	6	4	5	9 /	552	265	
( 10.0- 12.0>	273	.16029 /	37	28	23	10	11	43	60	23	8	6	10	14 /	385	346	
( 12.0- 14.0>	375	.23705 /	56	80	23	7	15	47	73	33	4	4	12	21 /	289	386	
( 14.0- 16.0>	481	.33552 /	75	98	33	9	9	44	113	42	13	15	13	17 /	203	426	
( 16.0- 18.0>	507	.43930 /	79	129	22	6	11	42	109	45	14	15	12	23 /	156	418	
( 18.0- 20.0>	459	.53327 /	95	109	23	4	3	36	119	25	4	7	10	24 /	65	404	
( 20.0- 22.0>	399	.61494 /	85	107	13	0	1	23	126	27	4	1	3	9 /	35	386	
( 22.0- 24.0>	343	.68516 /	59	145	8	2	0	11	83	15	4	2	3	11 /	19	294	
( 24.0- 26.0>	301	.74678 /	87	105	4	0	0	10	73	15	1	1	0	5 /	4	269	
( 26.0- 28.0>	229	.79365 /	77	95	0	0	0	4	43	5	1	1	2	1 /	5	221	
( 28.0- 30.0>	214	.83746 /	77	107	4	0	0	1	23	1	0	0	0	1 /	1	198	
( 30.0- 32.0>	165	.87124 /	51	98	0	0	0	1	10	2	1	1	1	1 /	2	155	
( 32.0- 34.0>	174	.90686 /	59	93	2	0	0	0	14	1	2	3	0	0 /	3	139	
( 34.0- 36.0>	157	.93900 /	63	79	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0 /	0	128	
( 36.0- 38.0>	119	.96336 /	45	65	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0 /	0	63	
( 38.0- 40.0>	71	.97789 /	32	34	1	0	0	0	3	1	0	0	0	0 /	0	47	
( 40.0- 42.0>	37	.98547 /	20	15	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0 /	0	35	
( 42.0- 44.0>	28	.99120 /	10	17	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0 /	0	14	
( 44.0- 46.0>	15	.99427 /	9	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 /	0	8	
( 46.0- 48.0>	2	.99468 /	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 /	0	1	
( 48.0- 50.0>	7	.99611 /	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 /	0	7	
( 50.0- 52.0>	7	.99754 /	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 /	0	7	
( 52.0- 54.0>	9	.99939 /	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 /	0	9	
( 54.0- 56.0>	2	.99980 /	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 /	0	2	
NO OF RECORDS:	4884	.99980 /	1099	1466	197	70	84	323	958	291	83	66	92	155 /	4884	4884	
PER CENT OF TOTAL:		/	22.5%	30.0%	4.0%	1.4%	1.7%	6.6%	19.6%	6.0%	1.7%	1.4%	1.9%	3.2% /			
MEAN SPEED	: 20.6 CM/S	/	24.7	24.3	14.8	11.2	11.0	14.6	18.9	15.5	13.8	15.5	13.1	15.2 /	6.7	18.5	
MAXIMUM SPEED	: 55.0 CM/S	/	55.0	45.7	38.6	22.8	21.1	30.1	43.4	39.1	33.4	33.3	30.2	30.5 /	33.1	55.0	
STANDARD DEV.	: 9.0 CM/S	/	9.9	8.5	6.2	4.9	5.0	5.4	6.8	6.1	7.0	6.5	6.4	5.8 /			
MEAN SPEED	: 20.6 CM/S	STAND. DEV.	: 9.0 CM/S														
MEAN NORTH VELOCITY	: 7.3 CM/S	STAND. DEV.	: 19.5 CM/S														
MEAN EAST VELOCITY	: 3.7 CM/S	STAND. DEV.	: 7.5 CM/S														
ENERGY OF MEAN CURRENT	: 33.4 CM2/S2																
ENERGY OF FLUCTUATING CURRENT	: 217.4 CM2/S2																

Tab. 6.3.

\*\*\*\*\*  
 DIRECTIONAL DISTRIBUTION OF : RESTSTRØM  
 \*\*\*\*\*

LOCATION POSITION DEPTH INSTRUMENT TYPE SAMPL. INTERVAL AVERAG. INTERVAL START TIME END TIME EDB-CODE  
 BOLSØYSUND N 00-00 E 00-00 2 AANDER 600.0 600.0 860611-1010 860715-0800 4923

SPEED INTERVAL CM/S	NO OF RECORDS	ACC. RECORDS	ACC. FRACT. / N/(NN+1)	NO OF RECORDS IN 30 DEGREES SECTORS CENTERED ABOUT :												NO OF DIRECTIONS		
				0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330			
( 2.0- 4.0)	77	77	.01576 /	5	9	13	4	6	6	6	8	5	5	5	2	6	8	880
( 4.0- 6.0)	268	345	.07062 /	28	30	28	26	31	28	28	15	15	15	18	14	14	21	886
( 6.0- 8.0)	387	732	.14985 /	23	40	49	50	42	44	44	34	23	23	14	19	30	856	
( 8.0- 10.0)	467	1199	.24545 /	38	55	67	59	51	48	48	39	27	23	21	18	21	756	
( 10.0- 12.0)	495	1694	.34678 /	47	88	74	35	33	60	60	47	36	19	10	15	31	582	
( 12.0- 14.0)	473	2186	.44749 /	58	122	69	31	44	41	41	49	26	8	8	16	20	419	
( 14.0- 16.0)	436	3095	.54432 /	69	118	82	37	25	26	26	34	22	8	6	5	41	257	
( 16.0- 18.0)	330	3425	.63357 /	72	134	64	21	14	27	27	35	14	9	7	7	32	124	
( 18.0- 20.0)	286	3711	.70113 /	70	120	34	8	7	19	19	25	8	2	7	6	24	60	
( 20.0- 22.0)	221	3932	.75967 /	73	119	21	2	1	8	27	5	2	2	6	7	15	29	
( 22.0- 24.0)	216	4148	.80491 /	56	114	10	0	2	4	13	2	2	2	1	15	15	21	
( 24.0- 26.0)	193	4341	.84913 /	64	108	3	0	2	3	13	4	1	0	0	18	13	7	
( 26.0- 28.0)	143	4484	.88864 /	89	64	5	0	1	2	12	5	0	1	1	13	13	4	
( 28.0- 30.0)	123	4607	.91791 /	62	58	6	0	0	1	3	0	2	1	1	9	9	3	
( 30.0- 32.0)	109	4716	.94309 /	45	51	1	0	0	10	10	0	0	0	0	2	4	0	
( 32.0- 34.0)	43	4759	.96540 /	36	58	2	0	0	0	1	10	0	0	0	0	2	0	
( 34.0- 36.0)	61	4820	.97421 /	21	19	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	
( 36.0- 38.0)	31	4851	.98669 /	27	32	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	
( 38.0- 40.0)	21	4872	.99304 /	16	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
( 40.0- 42.0)	9	4881	.99734 /	5	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
( 42.0- 44.0)	1	4882	.99918 /	3	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
( 44.0- 46.0)	2	4884	.99980 /	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

NO OF RECORDS: 4884 4884 910 1375 529 273 259 273 259 329 376 192 113 104 118 306 / 4884 4884  
 PER CENT OF TOTAL: / 18.6% 28.2% 10.8% 5.6% 5.3% 6.7% 7.7% 3.9% 2.3% 2.1% 2.4% 6.3%  
 MEAN SPEED : 14.5 CM/S  
 MAXIMUM SPEED : 45.0 CM/S  
 STANDARD DEV. : 8.3 CM/S

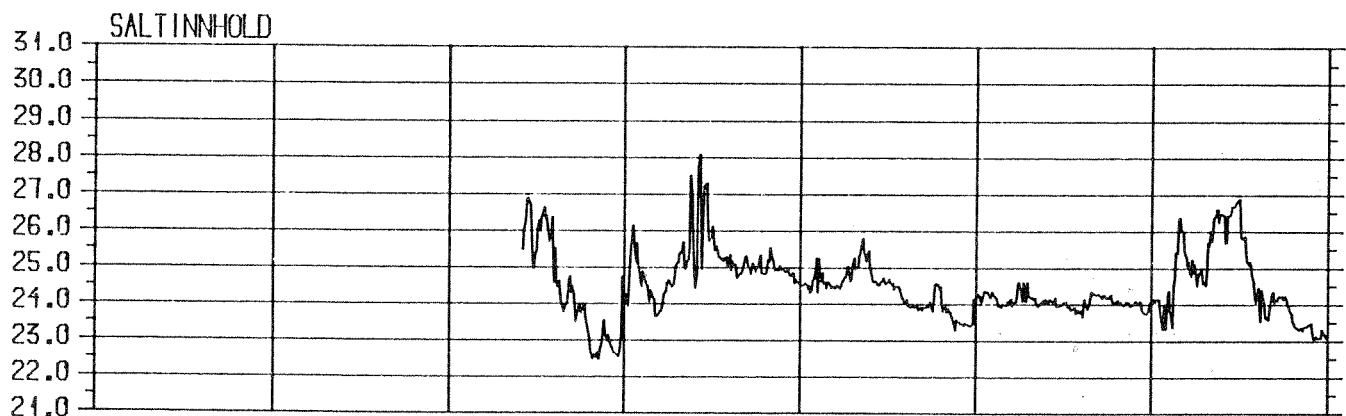
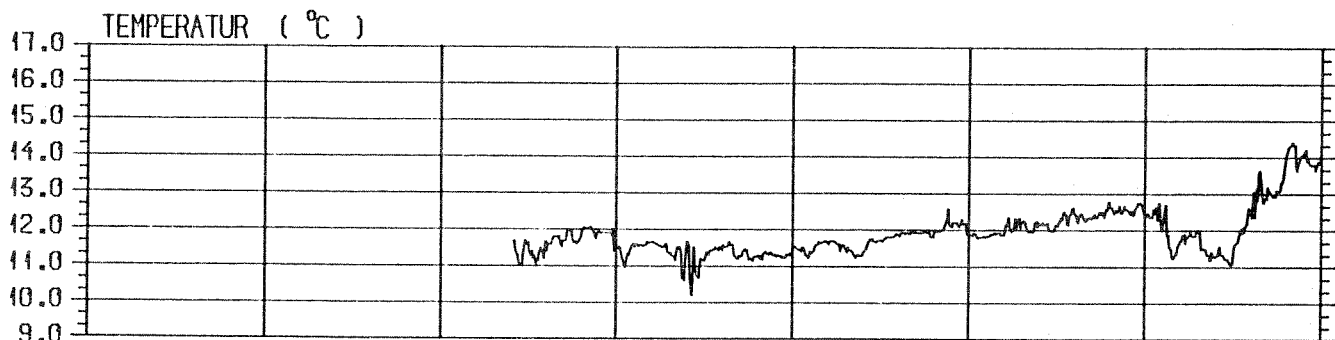
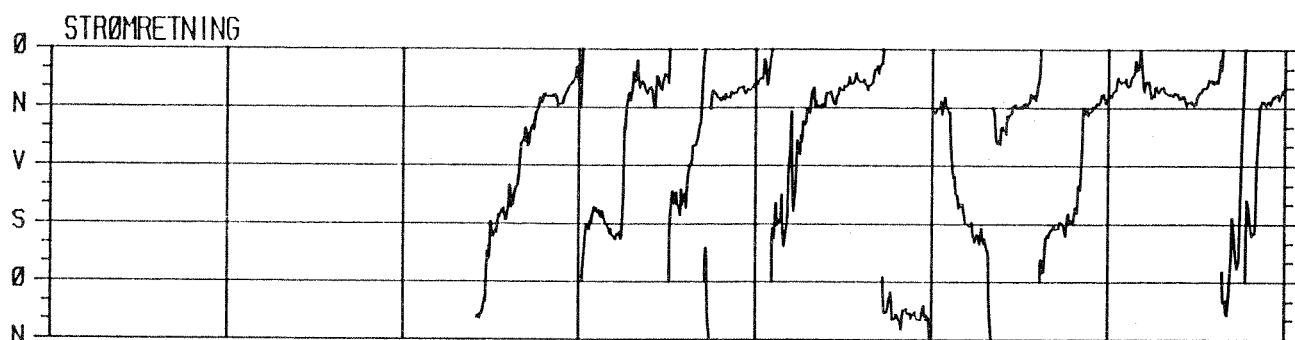
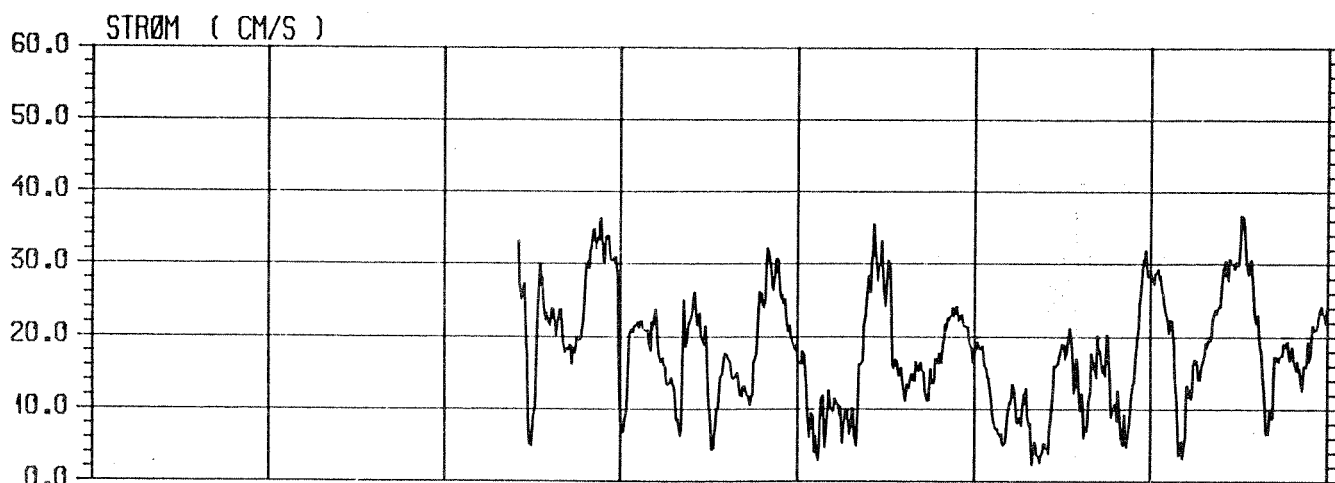
MEAN SPEED : 14.5 CM/S STAND. DEV. : 8.3 CM/S  
 MEAN NORTH VELOCITY : 7.3 CM/S STAND. DEV. : 13.0 CM/S  
 MEAN EAST VELOCITY : 3.7 CM/S STAND. DEV. : 6.5 CM/S  
 ENERGY OF MEAN CURRENT : 33.9 CM2/S2  
 ENERGY OF FLUCTUATING CURRENT : 105.5 CM2/S2

Tab. 6.4.

\*\*\*\*\*  
 DIRECTIONAL DISTRIBUTION OF : TIDEVANNSTRØM  
 \*\*\*\*\*

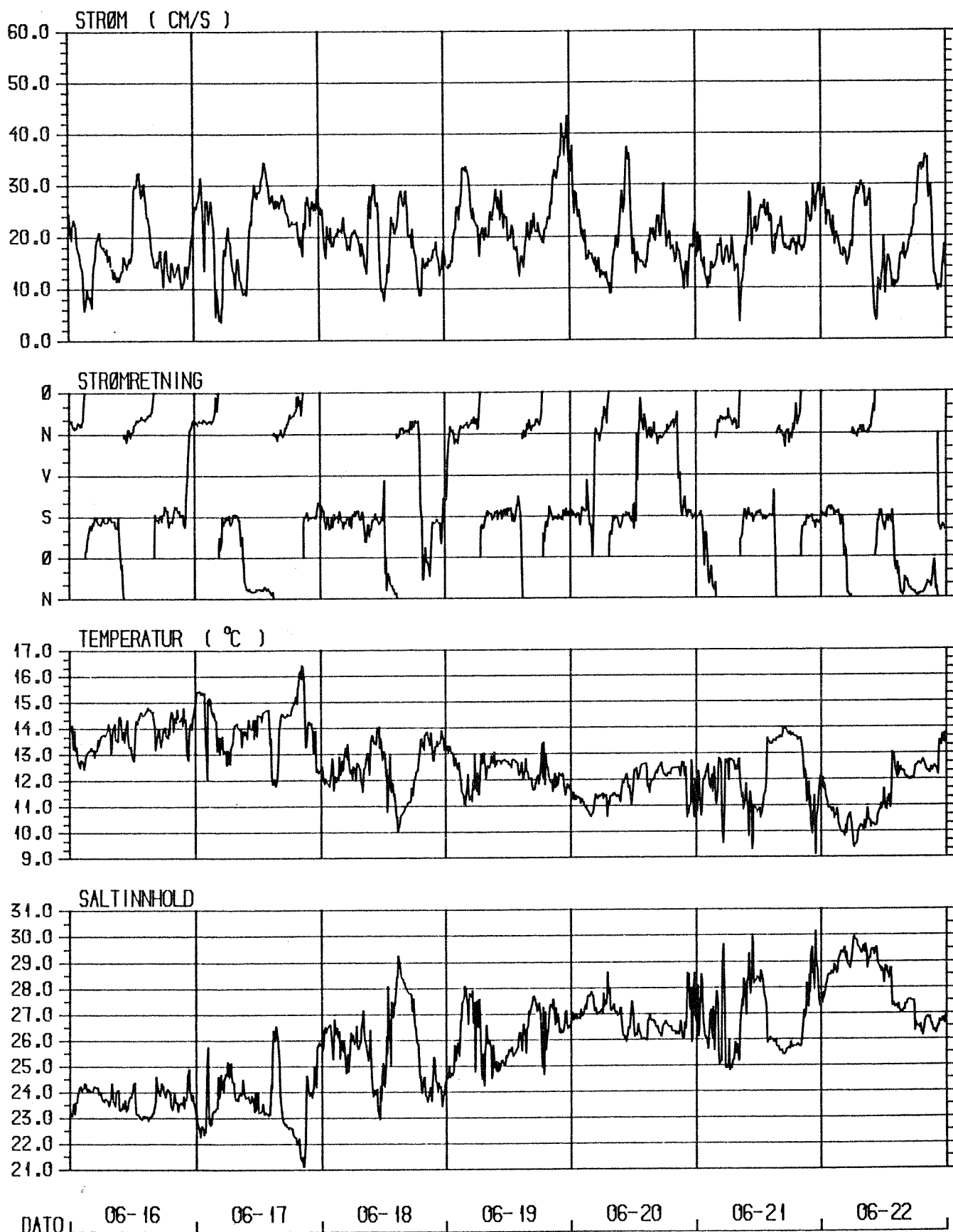
LOCATION	POSITION	DEPTH	INSTRUMENT TYPE	SAMPL. INTERVAL	AVERAG. INTERVAL	START TIME	END TIME	EDB-CODE										
BOLSØYSUND	N 00-00	E 00-00	2	AANDER	600.0	860611-1010	860715-0800	T4923										
NO OF RECORDS IN 30 DEGREES SECTORS CENTERED ABOUT :																		
SPEED INTERVAL CM/S	NO OF RECORDS	ACC. RECORDED	FRACT. / N/(NN+1)	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	/	NORM TO DIRECTIONS	
( 0- 2.0>	138	.02825 /	8	13	11	7	11	13	13	18	10	14	12	13	8	/	1937	359
( 2.0- 4.0>	399	.10993 /	22	27	31	23	31	34	34	38	56	32	32	40	41	/	1417	346
( 4.0- 6.0>	382	.18813 /	51	39	32	7	3	25	71	48	23	7	7	11	65	/	930	336
( 6.0- 8.0>	404	.27083 /	93	59	12	9	8	12	96	62	9	0	0	0	44	/	547	389
( 8.0- 10.0>	405	.35374 /	132	58	10	0	0	6	113	52	7	0	0	0	27	/	53	379
( 10.0- 12.0>	434	.44258 /	156	71	0	0	0	2	140	55	1	0	0	0	9	/	0	461
( 12.0- 14.0>	450	.53470 /	133	73	0	0	0	1	162	81	0	0	0	0	0	/	0	476
( 14.0- 16.0>	519	.64094 /	116	98	0	0	0	0	185	120	0	0	0	0	0	/	0	535
( 16.0- 18.0>	471	.73736 /	93	95	0	0	0	0	160	123	0	0	0	0	0	/	0	412
( 18.0- 20.0>	347	.80839 /	105	72	0	0	0	0	142	28	0	0	0	0	0	/	0	318
( 20.0- 22.0>	319	.87369 /	107	59	0	0	0	0	141	12	0	0	0	0	0	/	0	333
( 22.0- 24.0>	293	.93367 /	100	58	0	0	0	0	125	10	0	0	0	0	0	/	0	279
( 24.0- 26.0>	191	.97277 /	58	30	0	0	0	0	92	11	0	0	0	0	0	/	0	160
( 26.0- 28.0>	88	.99079 /	37	19	0	0	0	0	29	3	0	0	0	0	0	/	0	72
( 28.0- 30.0>	40	.99898 /	29	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	/	0	29
( 30.0- 32.0>	4	.99980 /	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	/	0	0
NO OF RECORDS:	4884	.99980 /	1242	784	88	54	45	93	1512	671	86	51	64	194	4884	/	4884	4884
PER CENT OF TOTAL:		/	25.4%	16.1%	1.8%	1.1%	.9%	1.9%	31.0%	13.7%	1.8%	1.0%	1.3%	4.0%				
MEAN SPEED	: 13.2 CM/S	/	15.2	14.8	4.7	3.7	3.4	4.5	15.2	12.3	4.2	2.7	3.0	5.7	/			
MAXIMUM SPEED	: 30.4 CM/S	/	30.4	30.3	9.6	7.7	7.9	12.2	27.3	26.5	10.1	5.7	5.9	11.7	/			
STANDARD DEV.	: 6.8 CM/S	/	6.6	6.6	2.3	1.9	2.0	2.5	6.2	5.5	2.4	1.5	1.2	2.5	/			

MEAN SPEED : 13.2 CM/S STAND. DEV. : 6.8 CM/S  
 MEAN NORTH VELOCITY : -.1 CM/S STAND. DEV. : 14.4 CM/S  
 MEAN EAST VELOCITY : .0 CM/S STAND. DEV. : 3.6 CM/S  
 ENERGY OF MEAN CURRENT : .0 CM2/S2  
 ENERGY OF FLUCTUATING CURRENT : 110.3 CM2/S2

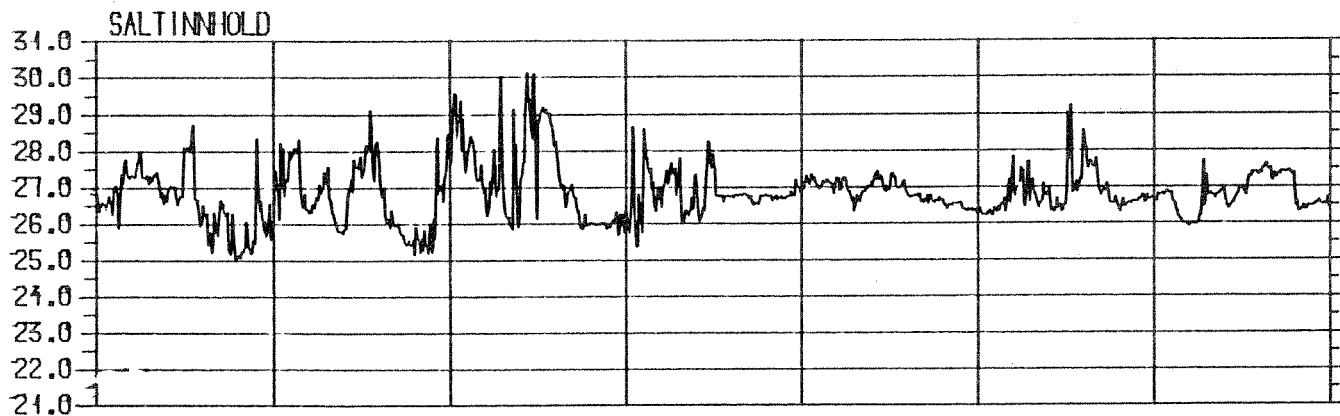
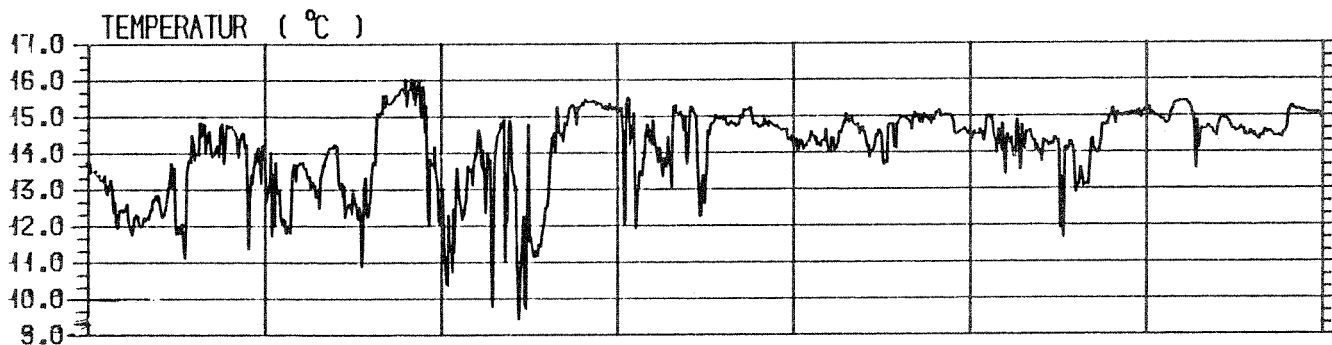
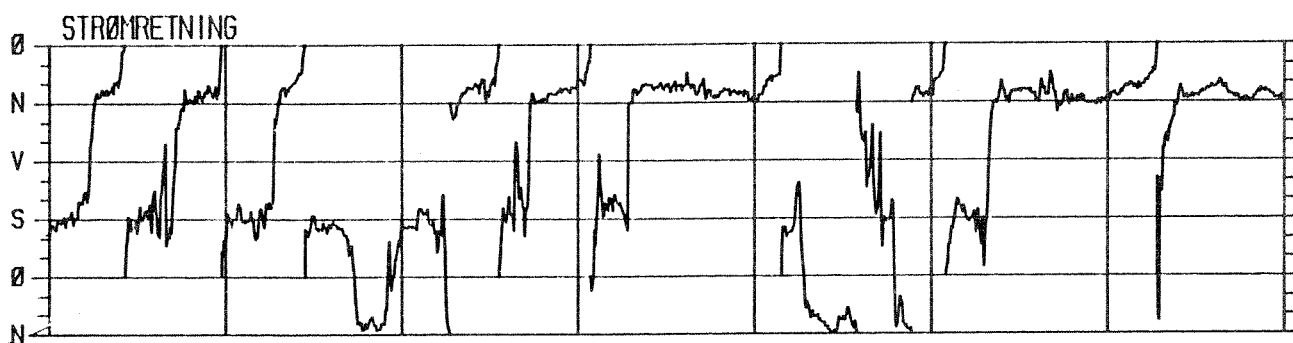
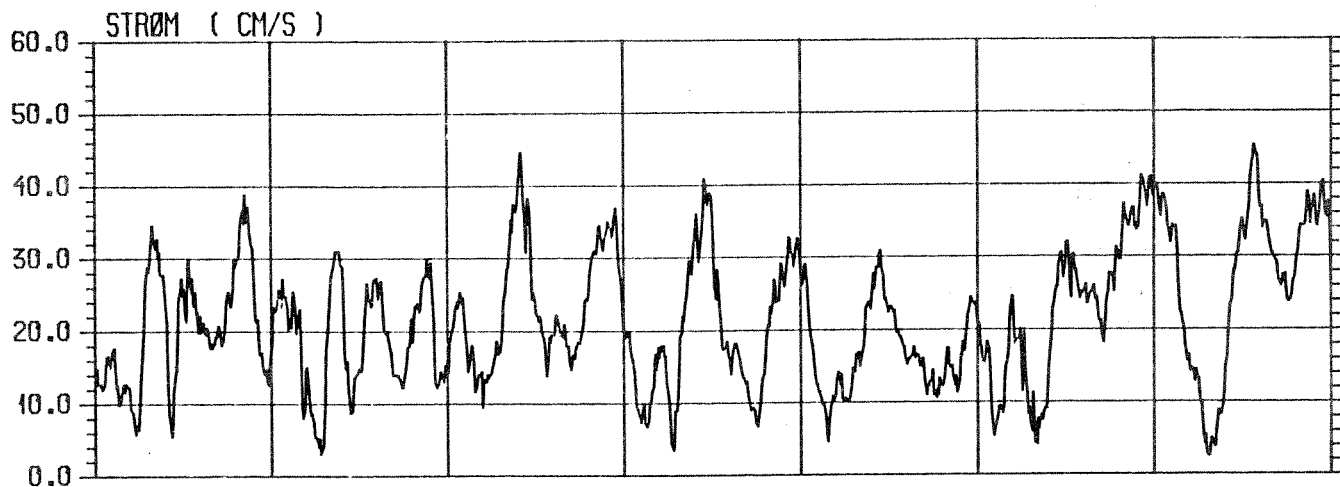


DATO 06-09 06-10 06-11 06-12 06-13 06-14 06-15

STRØMHASTIGHET, RETNING, TEMPERATUR OG SALT					INSTRUMENT AANDERAA RCM4	
STED BOLSØYSUND	STASJON 02	VANDYD 15 m	INSTRUMENT DYP 2 m	OBSERVASJONSPERIODE 1986-06-11--07-15 GMT		
NHL NORSK HYDROTEKNISK LABORATORIUM			PROSJEKT	FIGUR 6.1.3.		

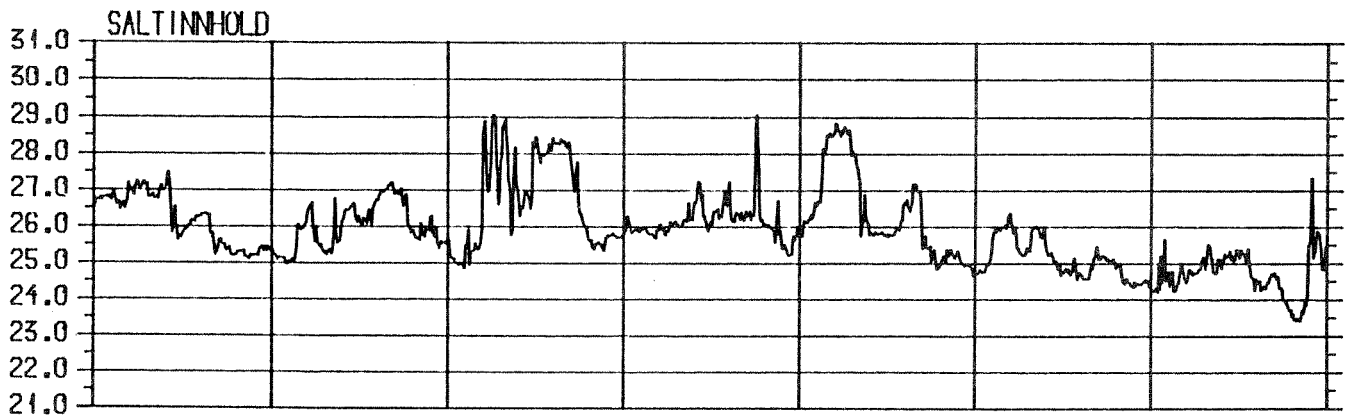
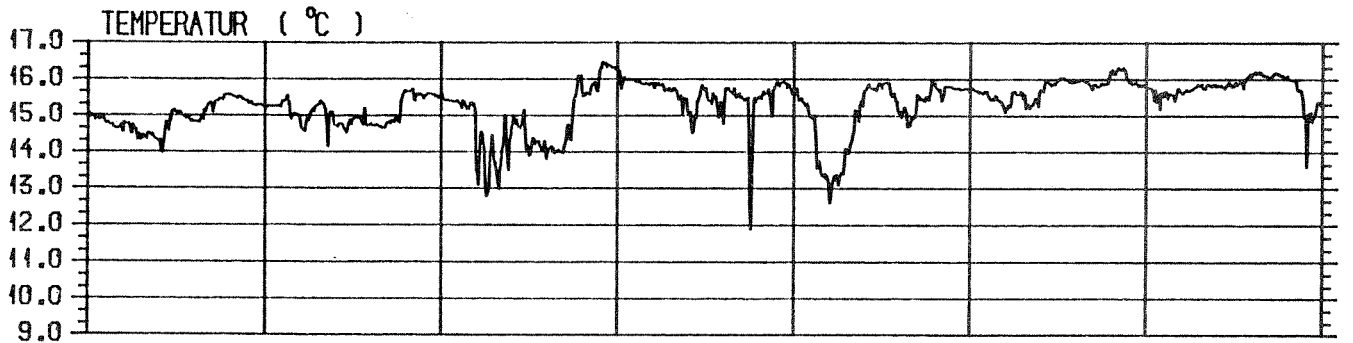
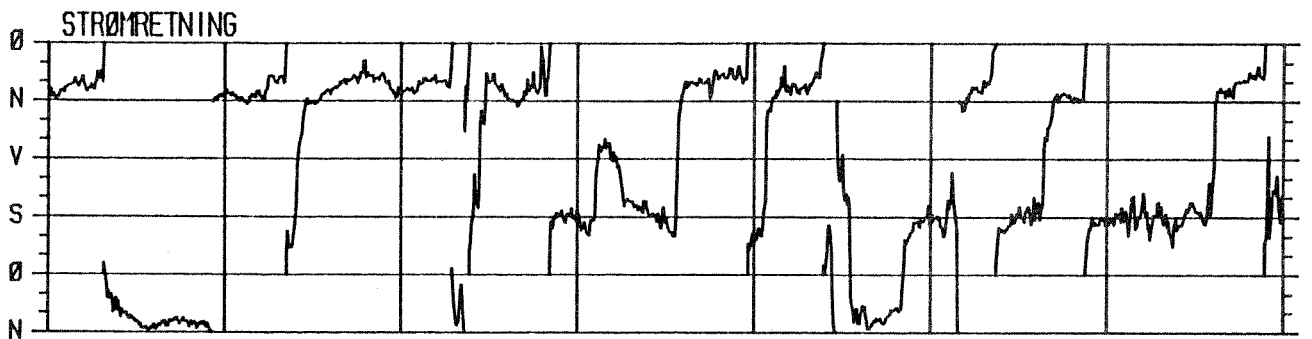
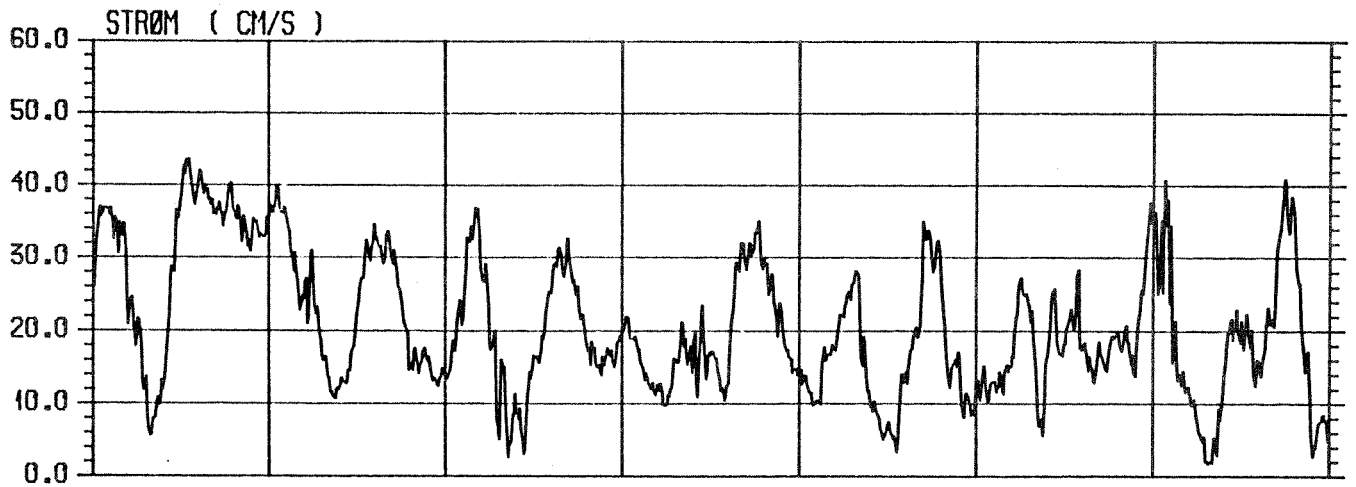


STRØMHASTIGHET, RETNING, TEMPERATUR OG SALT				INSTRUMENT AANDERAA RCM4	
STED BOLSØYSUND	STASJON 02	VANNDYP 15 m	INSTRUMENT DYP 2 m	OBSERVASJONSPERIODE 1986-06-11-07-15 GMT	
NHL NORSK HYDROTEKNISK LABORATORIUM			PROSJEKT	FIGUR 6.1.4.	



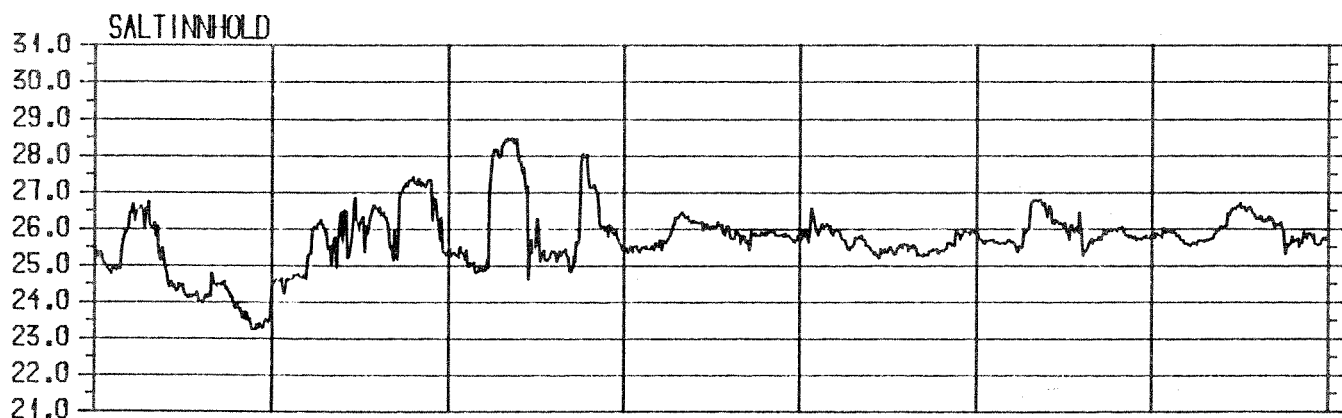
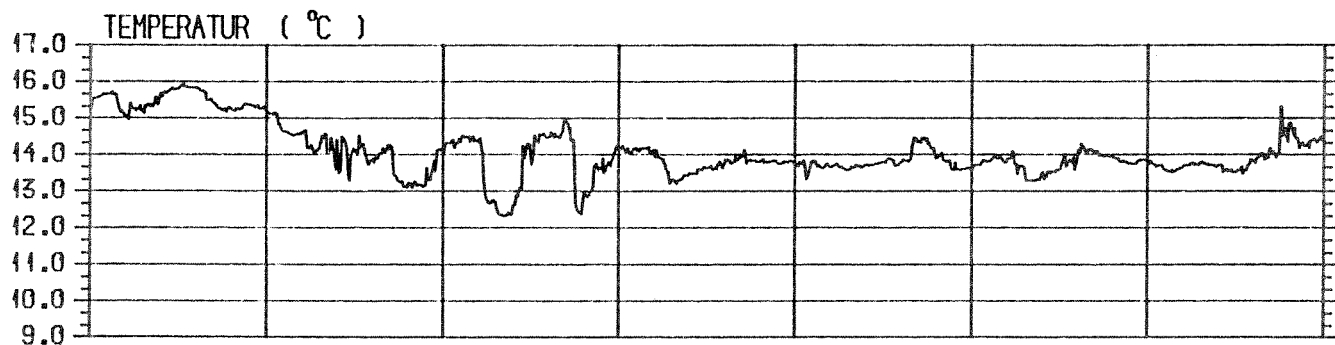
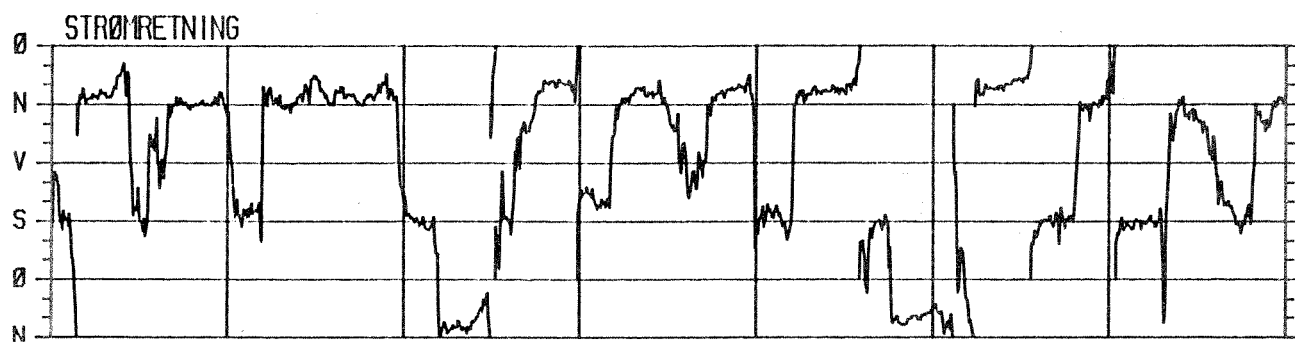
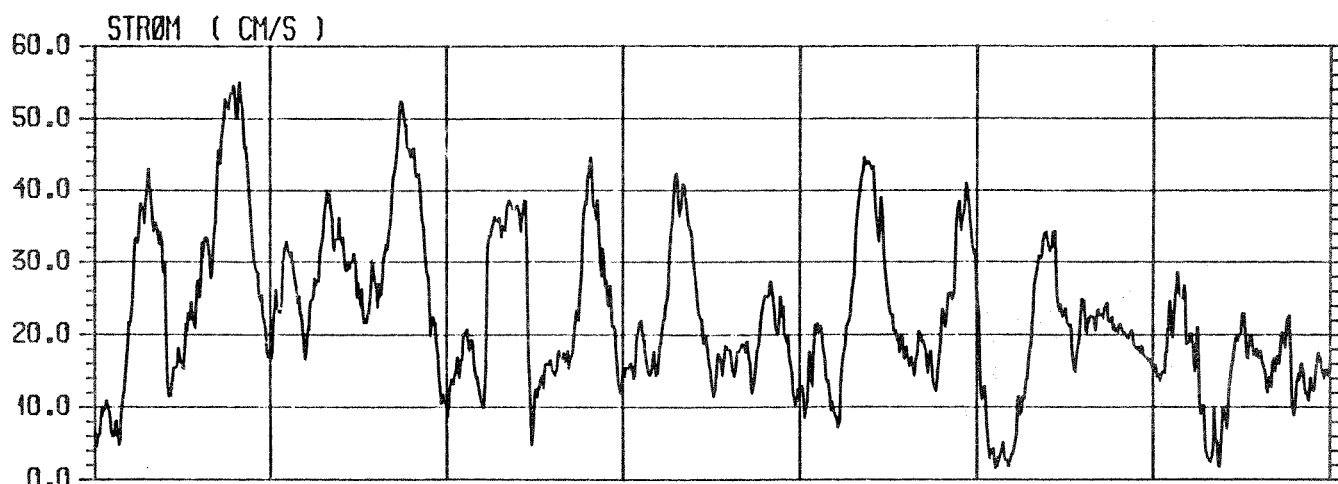
06-23      06-24      06-25      06-26      06-27      06-28      06-29

STRØMHASTIGHET, RETNING, TEMPERATUR OG SALT				INSTRUMENT AANDERAA RCM4	
STED BOLSØYSUND	STASJON 02	VANNDYP 15 m	INSTRUMENT DYP 2 m	OBSERVASJONSPERIODE 1986-06-11-07-15	
NHL NORSK HYDROTEKNISK LABORATORIUM			PROSJEKT	FIGUR 6.1.5.	



DATO 06-30 07-01 07-02 07-03 07-04 07-05 07-06

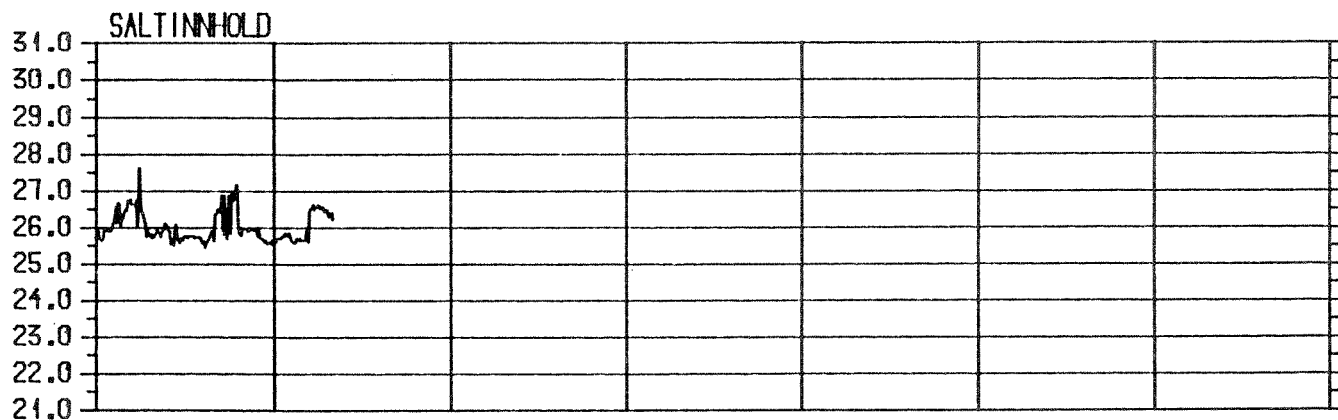
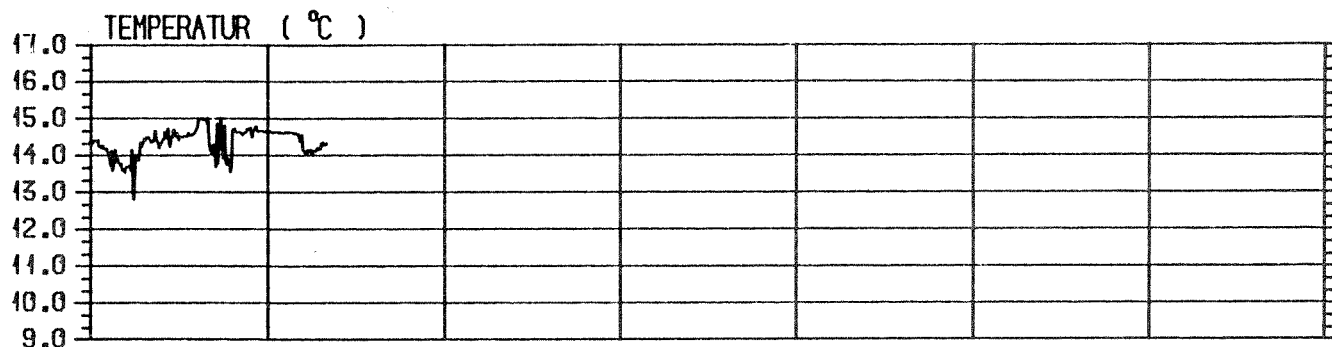
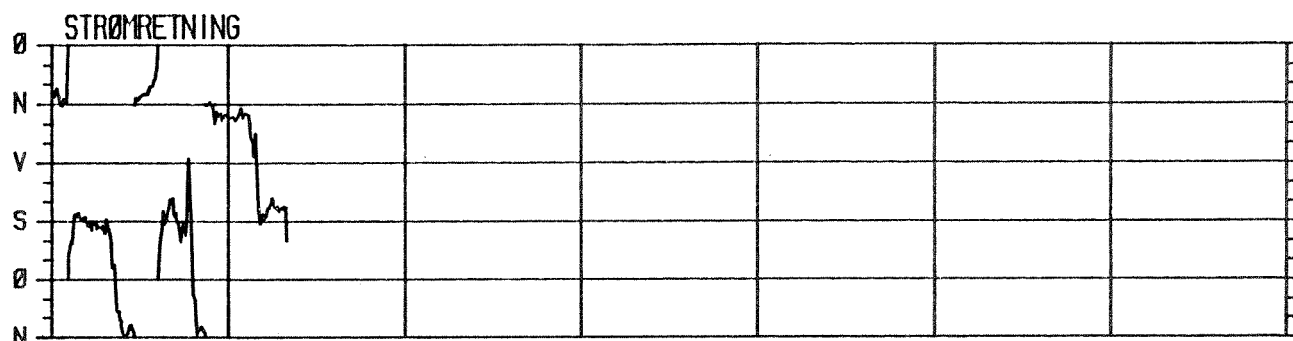
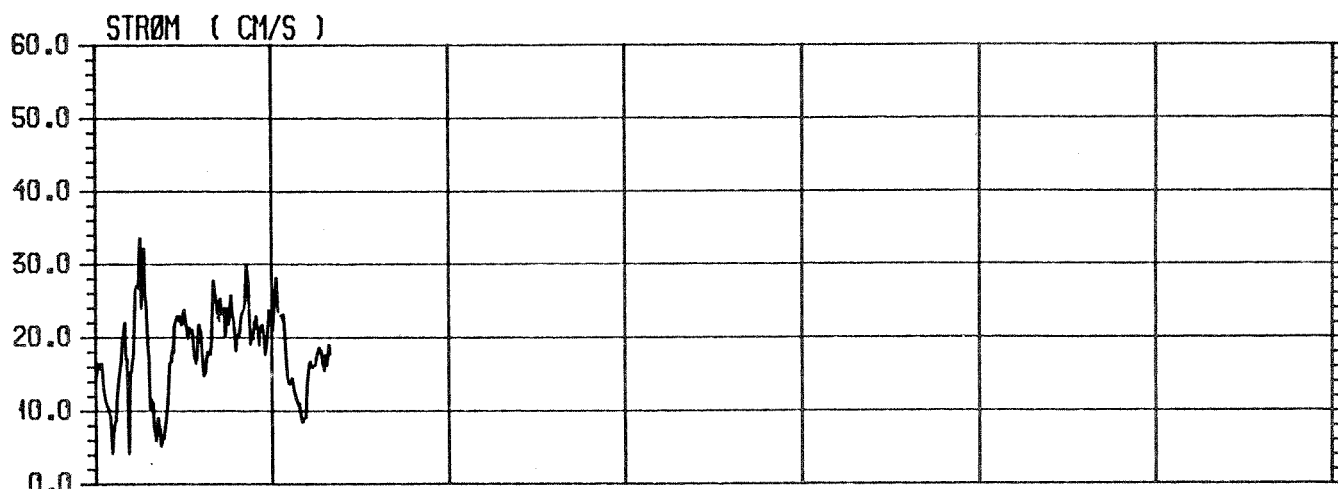
STRØMHASTIGHET, RETNING, TEMPERATUR OG SALT				INSTRUMENT AANDERAA RCM4	
STED BOLSØYSUND	STASJON 02	VANNDYP 15 m	INSTRUMENT DYP 2 m	OBSERVASJONSPERIODE 1986-06-11--07-15 GMT	
NHL NORSK HYDROTEKNISK LABORATORIUM			PROSJEKT	FIGUR 6.1.6.	



DATO 07-07 07-08 07-09 07-10 07-11 07-12 07-13

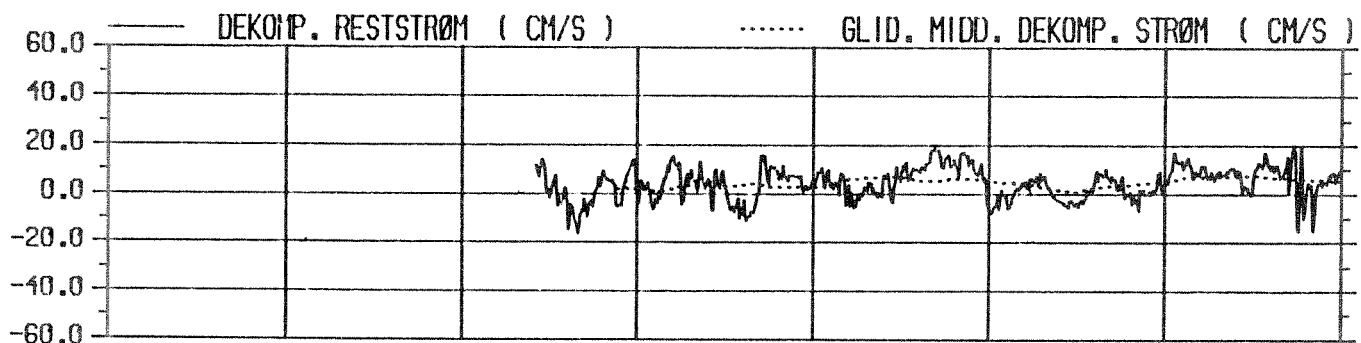
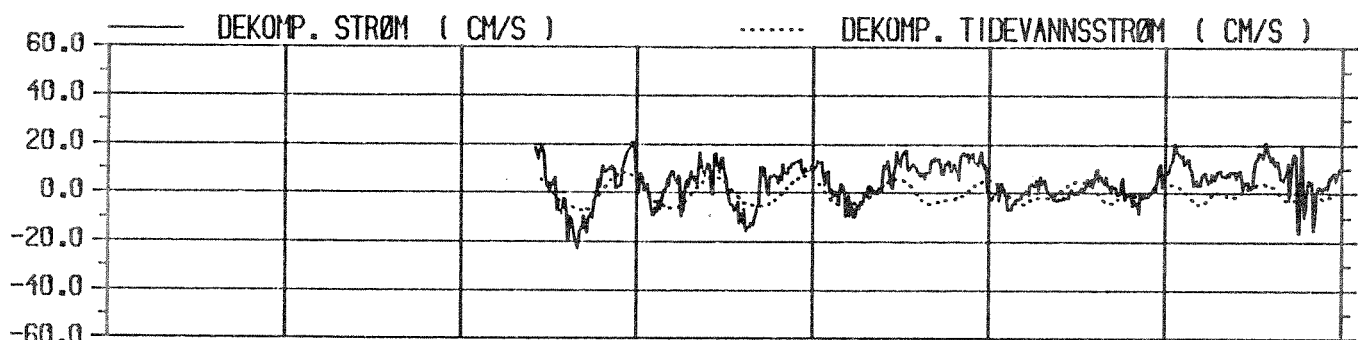
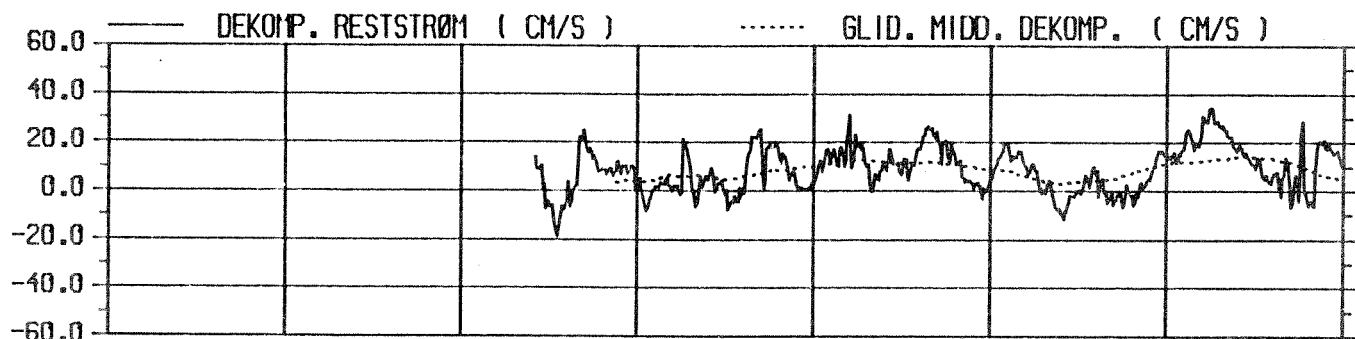
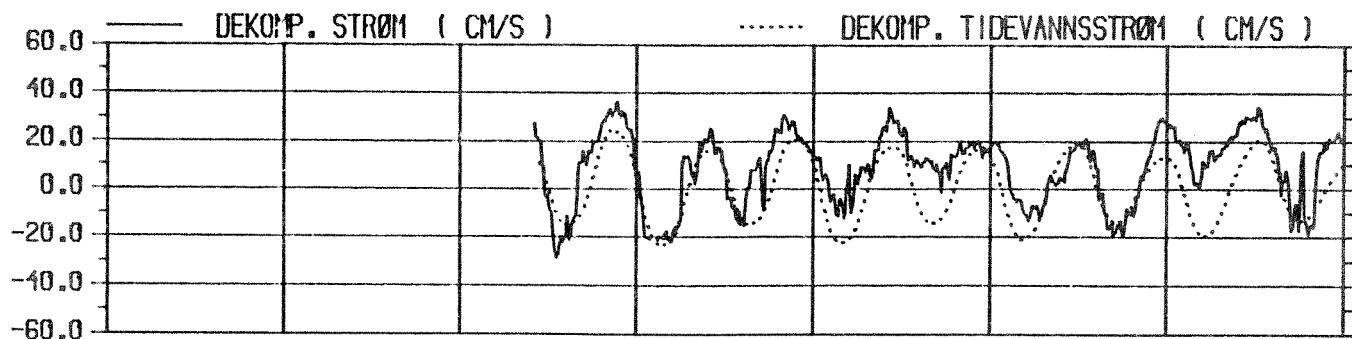
STRØMHASTIGHET, RETNING, TEMPERATUR OG SALT					INSTRUMENT AANDERAA RCM4	
STED BOLSØYSUND	STASJON 02	VANDYD 15 m	INSTRUMENT DYP 2 m	OBSERVASJONSPERIODE 1986-06-11--07-15 GMT		
NHL NORSK HYDROTEKNISK LABORATORIUM			PROSJEKT	FIGUR 6.1.7.		





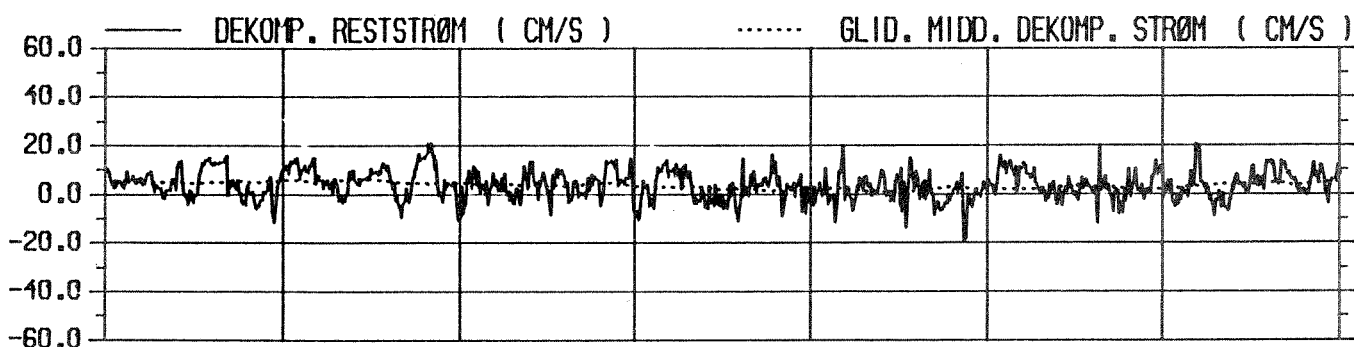
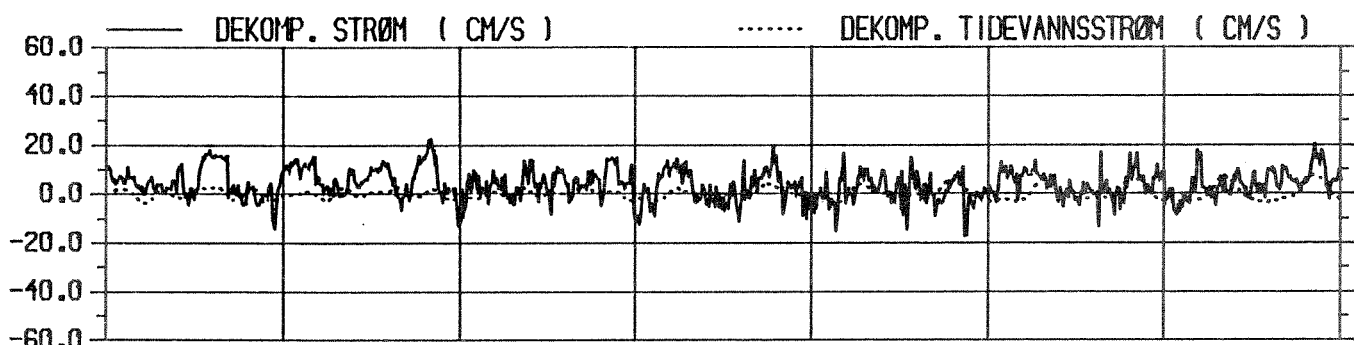
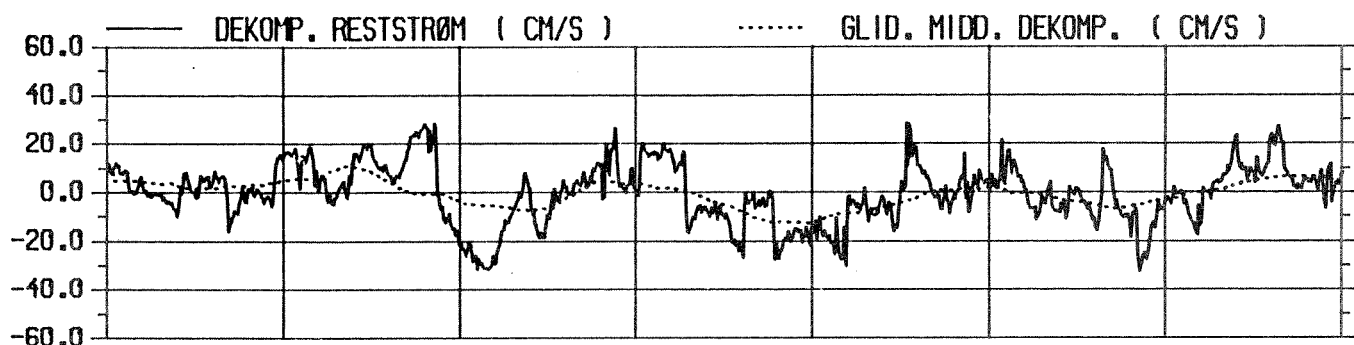
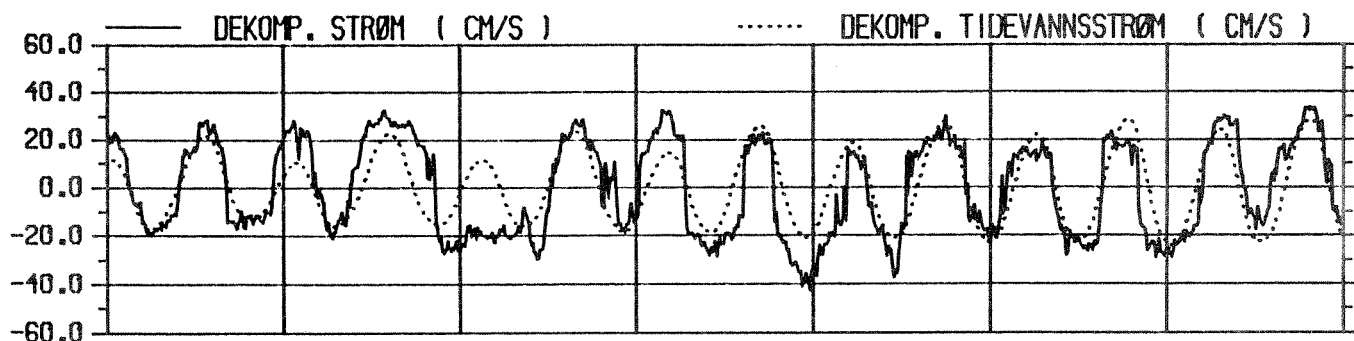
DATO 07-14 07-15 07-16 07-17 07-18 07-19 07-20

STRØMHASTIGHET, RETNING, TEMPERATUR OG SALT				INSTRUMENT AANDERAA RC14	
STED BOLSØYSUND	STASJON 02	VANNDYP 15 m	INSTRUMENT DYP 2 m	OBSERVASJONSPERIODE 1986-06-11--07-15 GMT	
NHL NORSK HYDROTEKNISK LABORATORIUM			PROSJEKT	FIGUR 6.1.8.	



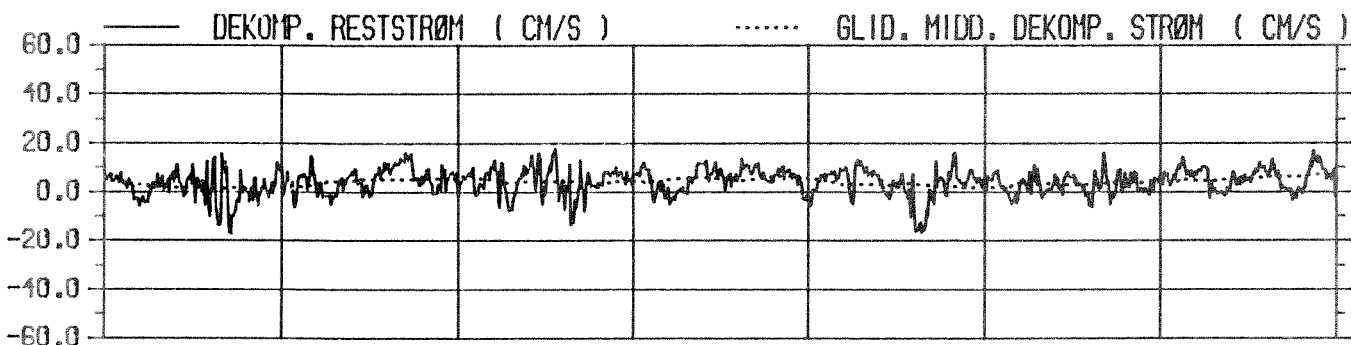
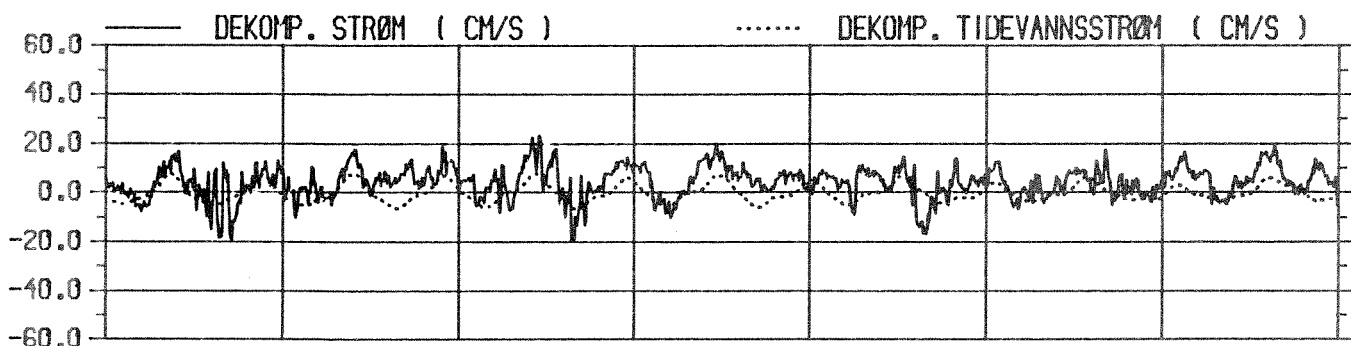
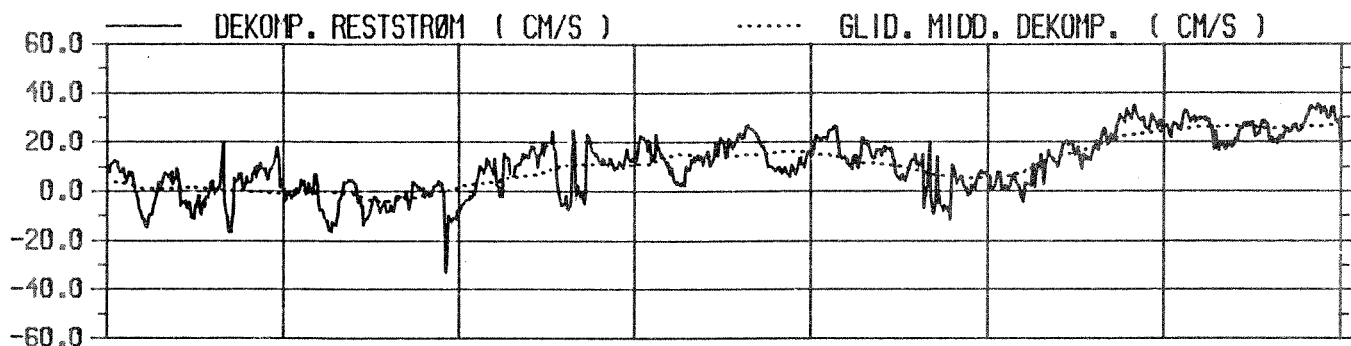
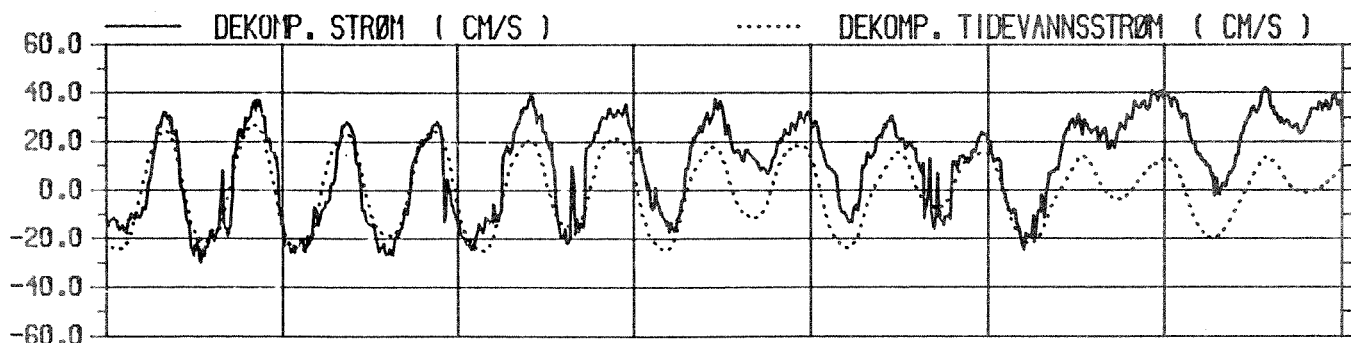
DATO: 06-09 | 06-10 | 06-11 | 06-12 | 06-13 | 06-14 | 06-15

				INSTRUMENT	
				AANDERAA RCM4	
STED	BOLSØYSUND	STASJON	02	VANNDYP	15 m
			INSTRUMENT DYP	2 m	
				OBSERVASJONSPERIODE	1986-06-11--07-15
				PROSJEKT	FIGUR
NHL NORSK HYDROTEKNISK LABORATORIUM				6.1.9.	



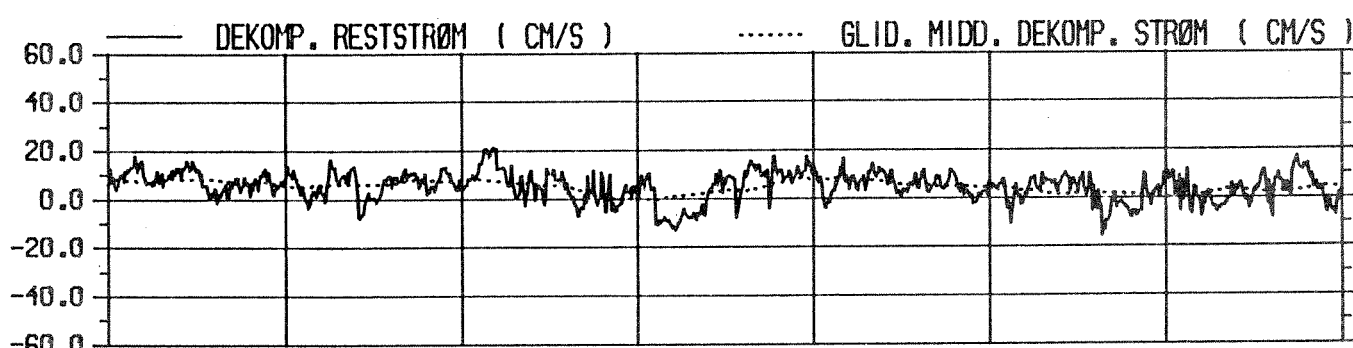
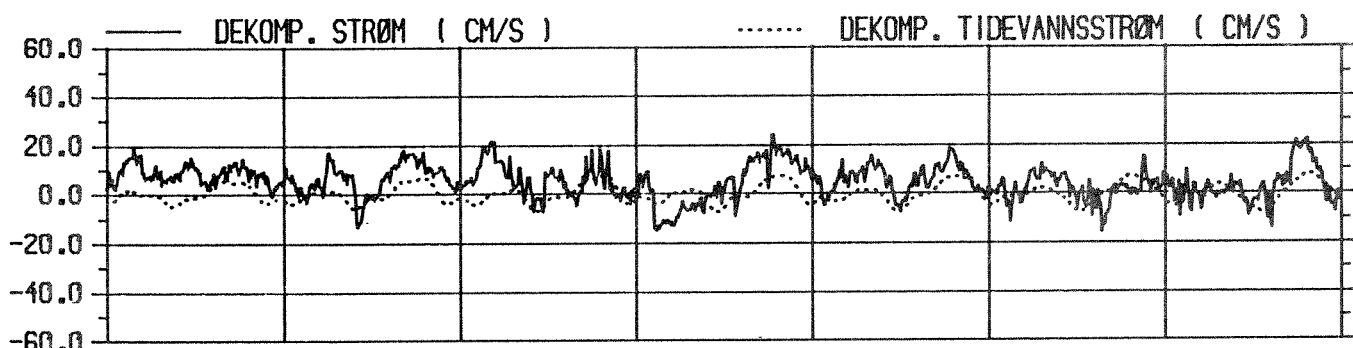
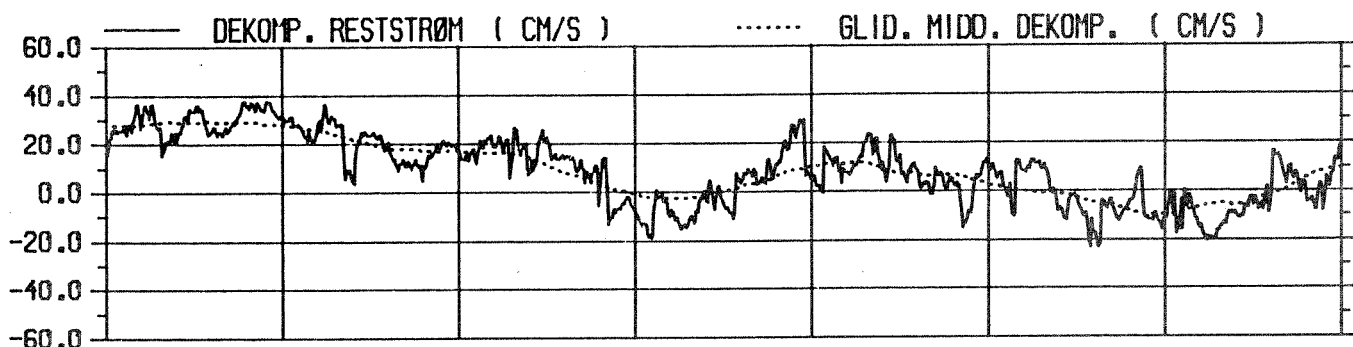
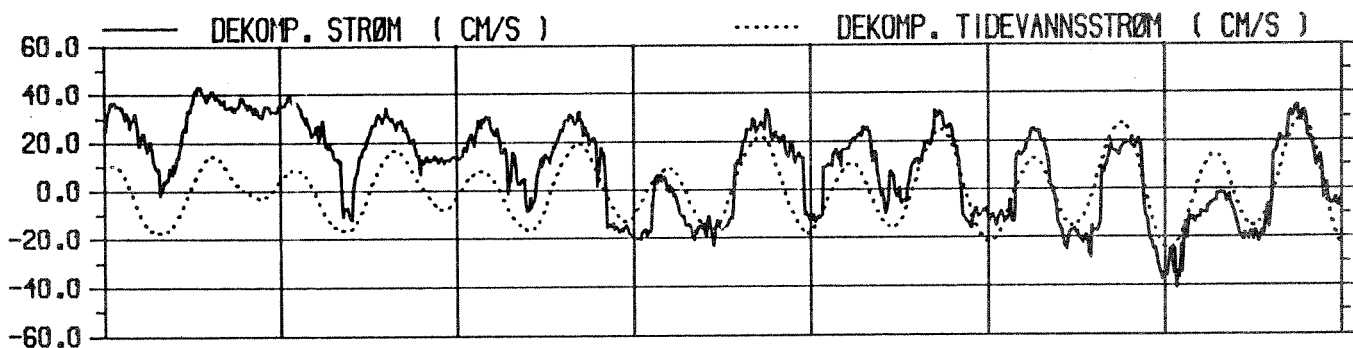
DATO 06-16 06-17 06-18 06-19 06-20 06-21 06-22

				INSTRUMENT AANDERAA RCM4	
STED BOLSØYSUND	STASJON 02	VANNDYP 15 m	INSTRUMENT DYP 2 m	OBSERVASJONSPERIODE 1986-06-11--07-15	
NHL NORSK HYDROTEKNISK LABORATORIUM			PROSJEKT	FIGUR 6.1.10.	



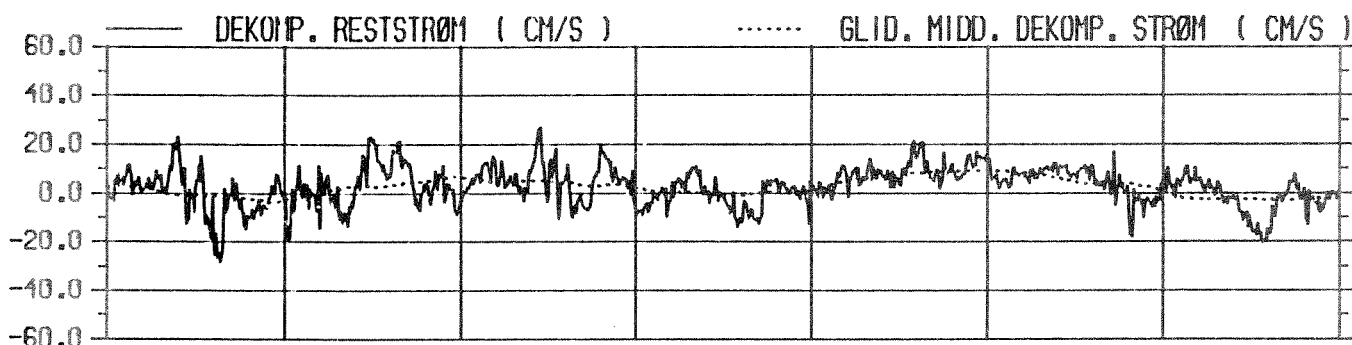
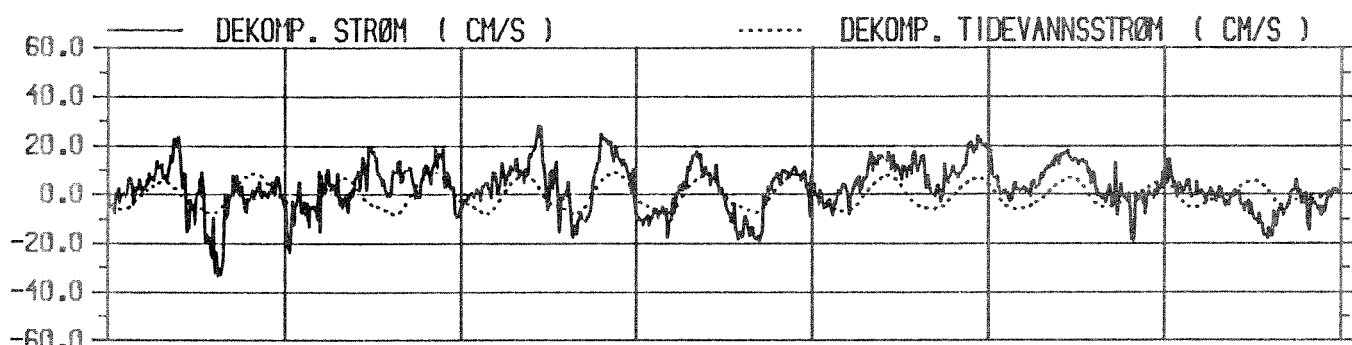
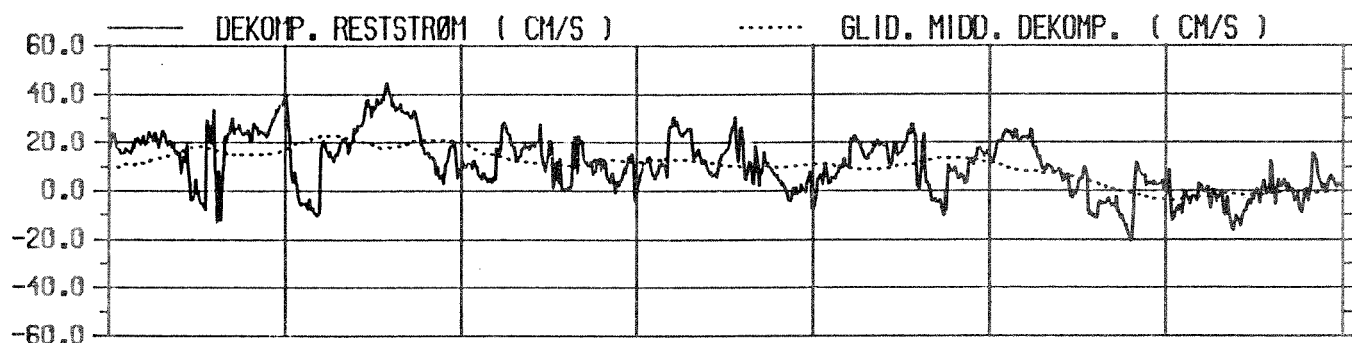
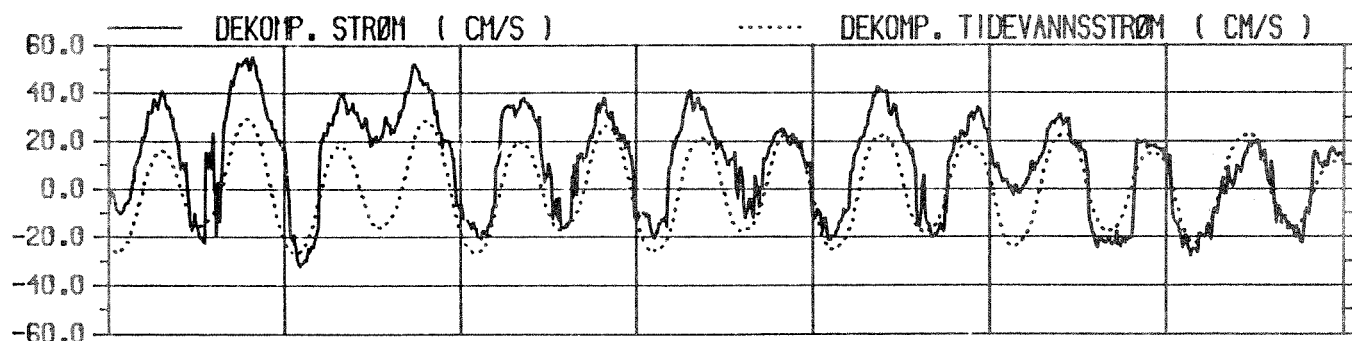
DATO | 06-23 | 06-24 | 06-25 | 06-26 | 06-27 | 06-28 | 06-29

				INSTRUMENT AANDERAA RCM4	
STED BOLSØYSUND	STASJON 02	VANNDYP 15 m	INSTRUMENT DYP 2 m	OBSERVASJONSPERIODE 1986-06-11--07-15	
NHL NORSK HYDROTEKNISK LABORATORIUM			PROSJEKT	FIGUR 6.1.11.	



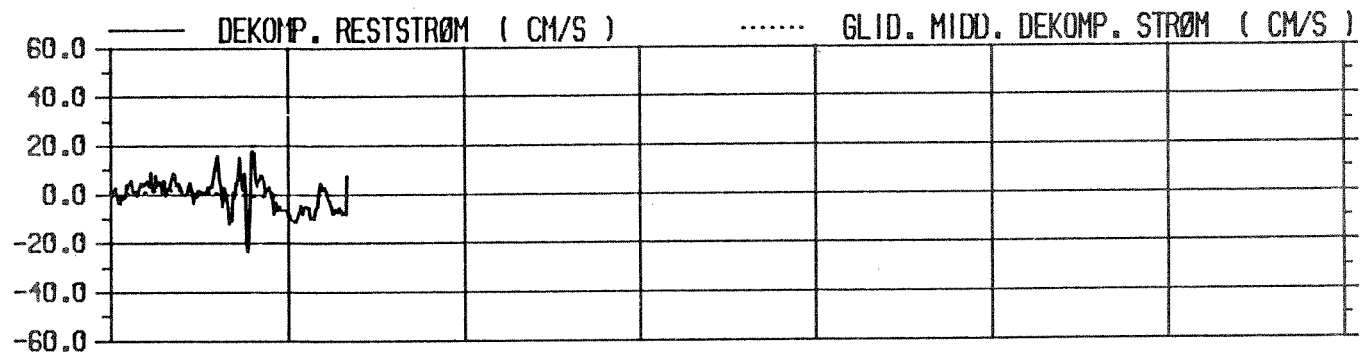
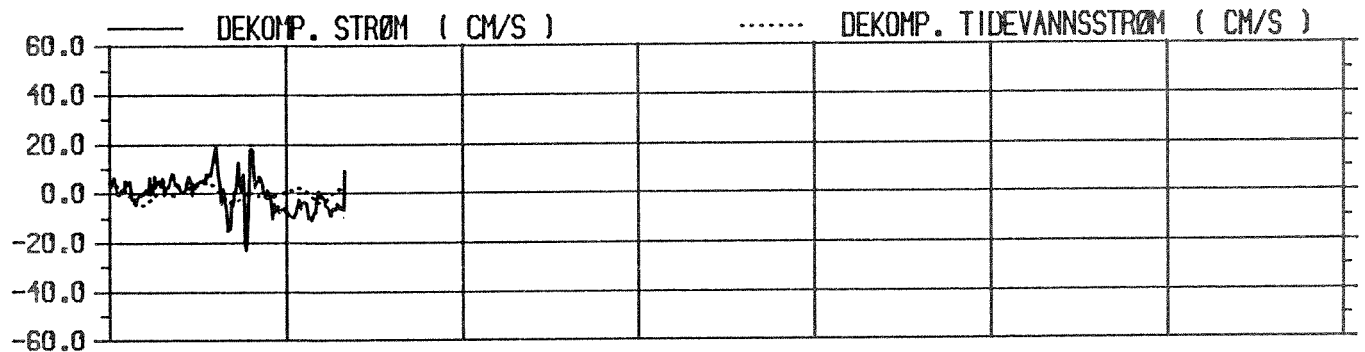
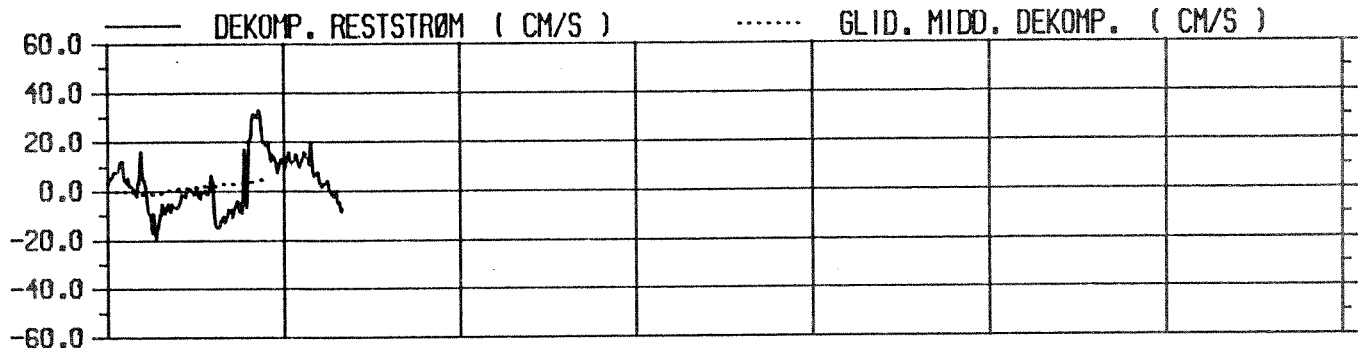
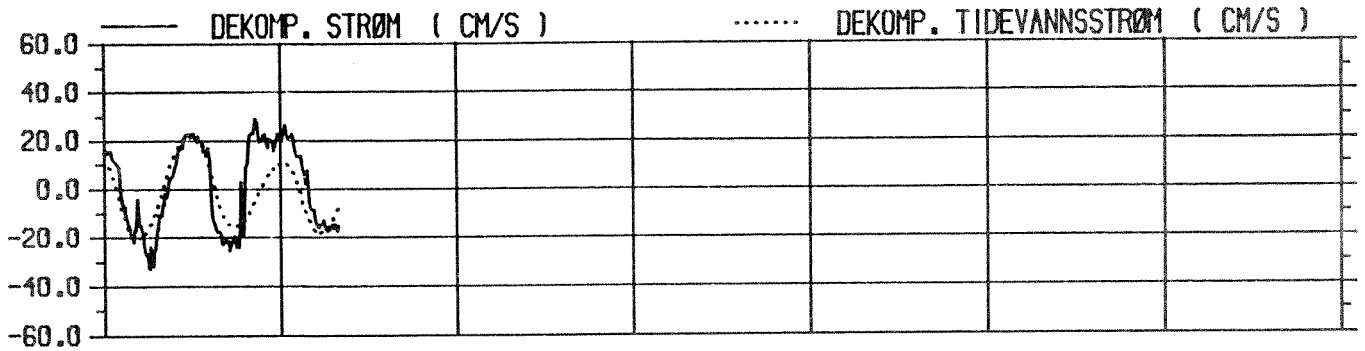
DATO 06-30 | 07-01 | 07-02 | 07-03 | 07-04 | 07-05 | 07-06

				INSTRUMENT	
				AANDERAA RCM4	
STED	STASJON	VANNDYP	INSTRUMENT DYP	OBSERVASJONSPERIODE	
BOLSØYSJUND	02	15 m	2 m	1986-06-11--07-15 GMT	
<b>NHL</b> NORSK HYDROTEKNISK LABORATORIUM			PROSJEKT	FIGUR	
				6.1.12.	



07-07    07-08    07-09    07-10    07-11    07-12    07-13

				INSTRUMENT AANDERAA RCM4	
STED BOLSØYSUND	STASJON 02	VANNDYP 15 m	INSTRUMENT DYP 2 m	OBSERVASJONSPERIODE 1986-06-11--07-15 GMT	
NHL NORSK HYDROTEKNISK LABORATORIUM			PROSJEKT	FIGUR 6.1.13.	



DATO | 07-14 | 07-15 | 07-16 | 07-17 | 07-18 | 07-19 | 07-20

				INSTRUMENT AANDERAA RCM4	
STED BOLSØYSUND	STASJON 02	VANNDYP 15 m	INSTRUMENT DYP 2 m	OBSERVASJONSPERIODE 1986-06-11--07-15	
<b>NHL</b> NORSK HYDROTEKNISK LABORATORIUM			PROSJEKT	FIGUR 6.1.14.	

### Strømmålinger på St1

Det følger av figur 6.1.15 at maksimal transportfluks i 2m dyp på St1 var rettet mot nordvest, mens den i 25m dyp var rettet mot vest. Dette skyltes mest sannsynlig at St1 var plassert syd-sydvest for den undersjøiske ryggen som går ut fra Teinskaget, se figur 3.2. Strømmen spesielt i de dypere lag vil være styrt av denne ryggen.

Den prosentvise retningsfordelingen av målt strøm i 2m og 25m dyp, er vist i figur 6.1.17. Det følger av figuren at utstrømningen fra Fannefjorden forbi St1 i 2m dyp var rettet i hovedsak mot syd, mens innstrømningen til Fannefjorden forbi St1 i 2m dyp var rettet mot nordvest i måleperioden. Dominerende strømretninger i 2m dyp var mot henholdsvis syd og nordvest. I 25m dyp var retningsfordelingen mer homogen. Hyppigst målte retninger var øst og vest.

Figur 6.1.16 viser prosentvis fordeling av målt strømfart i intervaller på 2cm/s. Det følger av figuren at ca 10% av observasjonene i 2m dyp var over 30cm/s. I 25m dyp var ca 10% av observasjonene over 16cm/s. Tabell 6.1 viser at maksimal fart i 2m og 25m dyp i perioden var henholdsvis 40cm/s og 27cm/s.

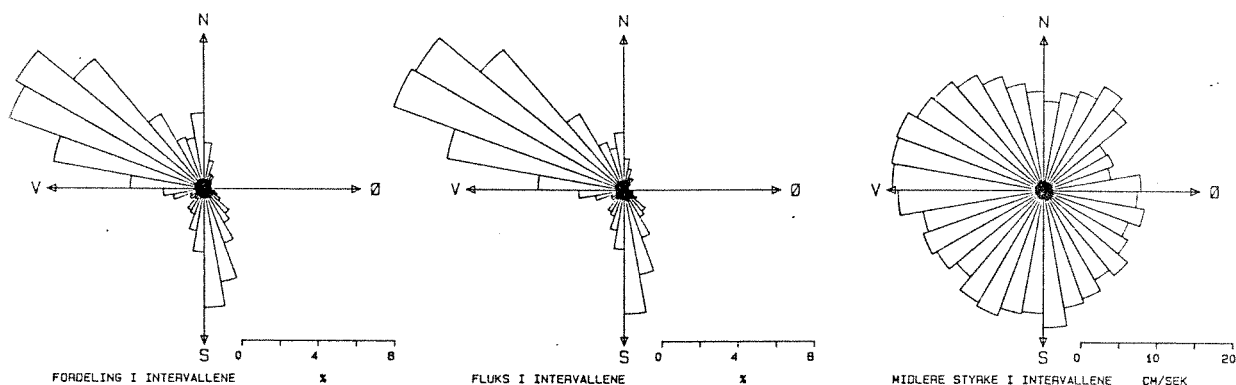
Det følger av figur 6.1.18-6.1.19 at strømmen i både 2m og 25m dyp i måleperioden var tydelig dominert av tidevannet. Spesielt i første halvdel av måleperioden skiftet strømmen retning med tidevannet. Amplitudene i strømfarten i 2m dyp varierte mellom 15-30cm/s, i 25m mellom 2-10cm/s. Strømmen i 2m dyp endret i enkelte perioder på opp til tre døgn, ikke retning fra ut til inn av sundet. I 25m dyp var det imidlertid i måleperioden, svært få perioder hvor strømretningen ikke roterte med tidevannet.

Det følger av figurene 6.1.19-6.1.20 at strømsnuingen som oftest ikke foregikk samtidig i 2m og 25m dyp. Det forekom i måleperioden at strømsnuingen i 2m dyp, foregikk både før og etter strømsnuingen i 25m dyp.

Figur 6.1.19 viser dekomponert strømfart i nord-syd retning, dvs. inn og ut av Fannefjorden. På figuren er det også tegnet inn 25-timers glidende middel av den dekomponerte strømmen. Ved å midle dataene med et 25-timers glidende middel fjerner en tilnærmet tidevannsdelen av totalstrømmen. Differansen mellom totalstrøm og tidevannsstrøm kalles ofte reststrøm og benyttes ofte til å beregne netto transport i et område. Det følger av figur 6.1.19 at reststrømmen i 2m og 25m dyp de tre første dagene av måleperioden var motsatt

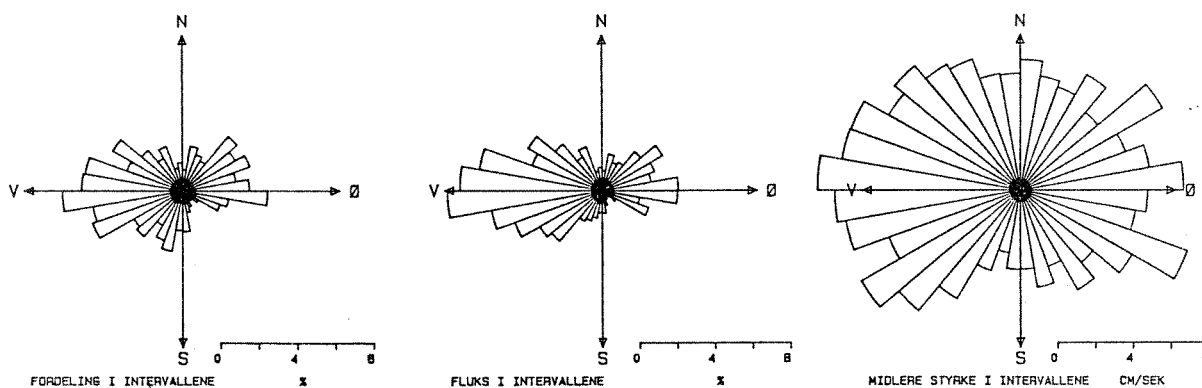


rettet, henholdsvis mot syd og nord. Det forekom også perioder hvor reststrømmen var rettet samme veg. Den 28-29 august viste målingene imidlertid relativt kraftige reststrømmer ut av Fannefjorden i 2m dyp, og innstrømning i 25m dyp. Inn og utstrømningen til Fannefjorden vil være koplet til de hydrografiske forholdene i og utenfor fjorden, samt meteorologiske og hydrologiske forhold som vind og tilrenning til fjordsystemet.



LOKALISERING : MOLDE      STARTDATO : 860817      KL.: 12.23  
 STASJON : MOLDE      SLUTTDATO : 860907      KL.: 15.53  
 ANTALL MÅLINGER, N= 3046      FILNAVN : NIL-183: NYKK

2 m.



LOKALISERING : MOLDE      STARTDATO : 860817      KL.: 12.20  
 STASJON : MOLDE      SLUTTDATO : 860831      KL.: 9.20  
 ANTALL MÅLINGER, N= 1999      FILNAVN : NIL-277: U

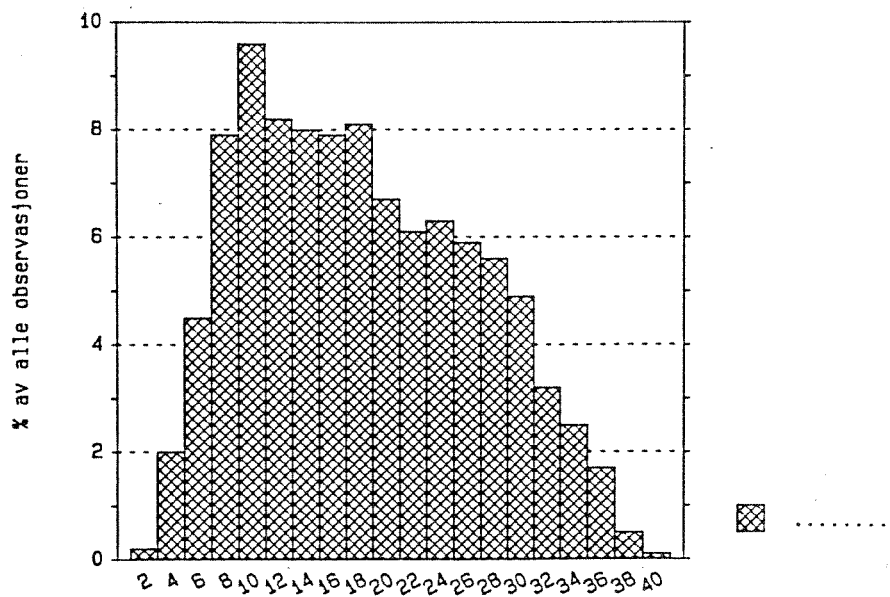
25 m.

Fig. 6.1.15. Beregnet retningsfordeling av antall strømobservasjoner, strømfluks og midlere strømfart innenfor sektorer på  $10^0$  i 2m og 25m dyp på St. 1 i Bolsøysund. Måleperioden var i 2m 1986-08-17--09-07 og i 25m, 1986-08-17--31.

NIVA : 1986 -9-12

Fordeling av strømhastighet i interv. på 2 cm/sek.

Måler 183 , i tidsrommet 860817 - 860907.

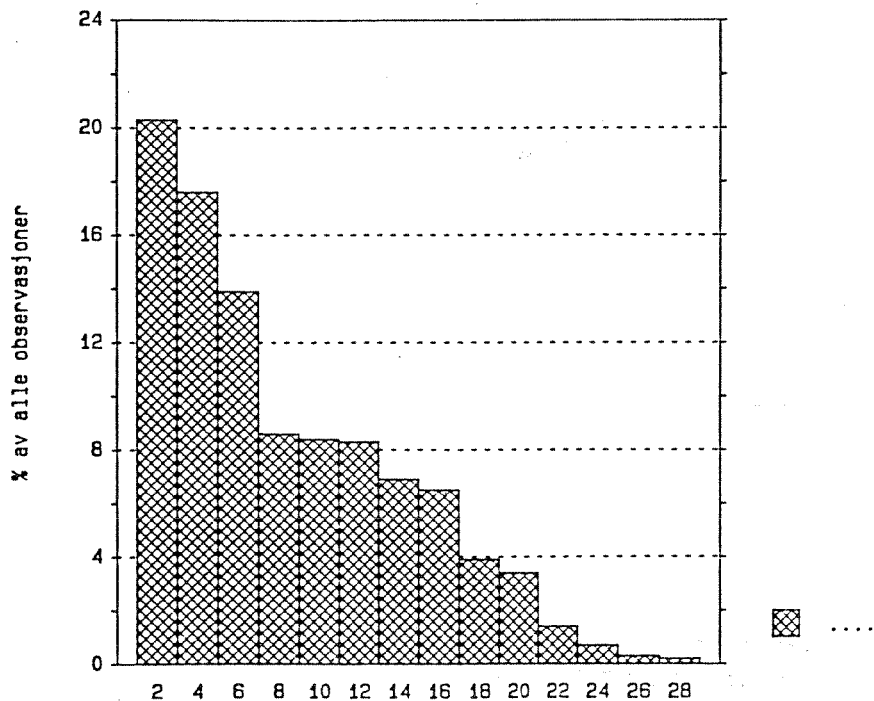


2m

NIVA : 1986 -9-12

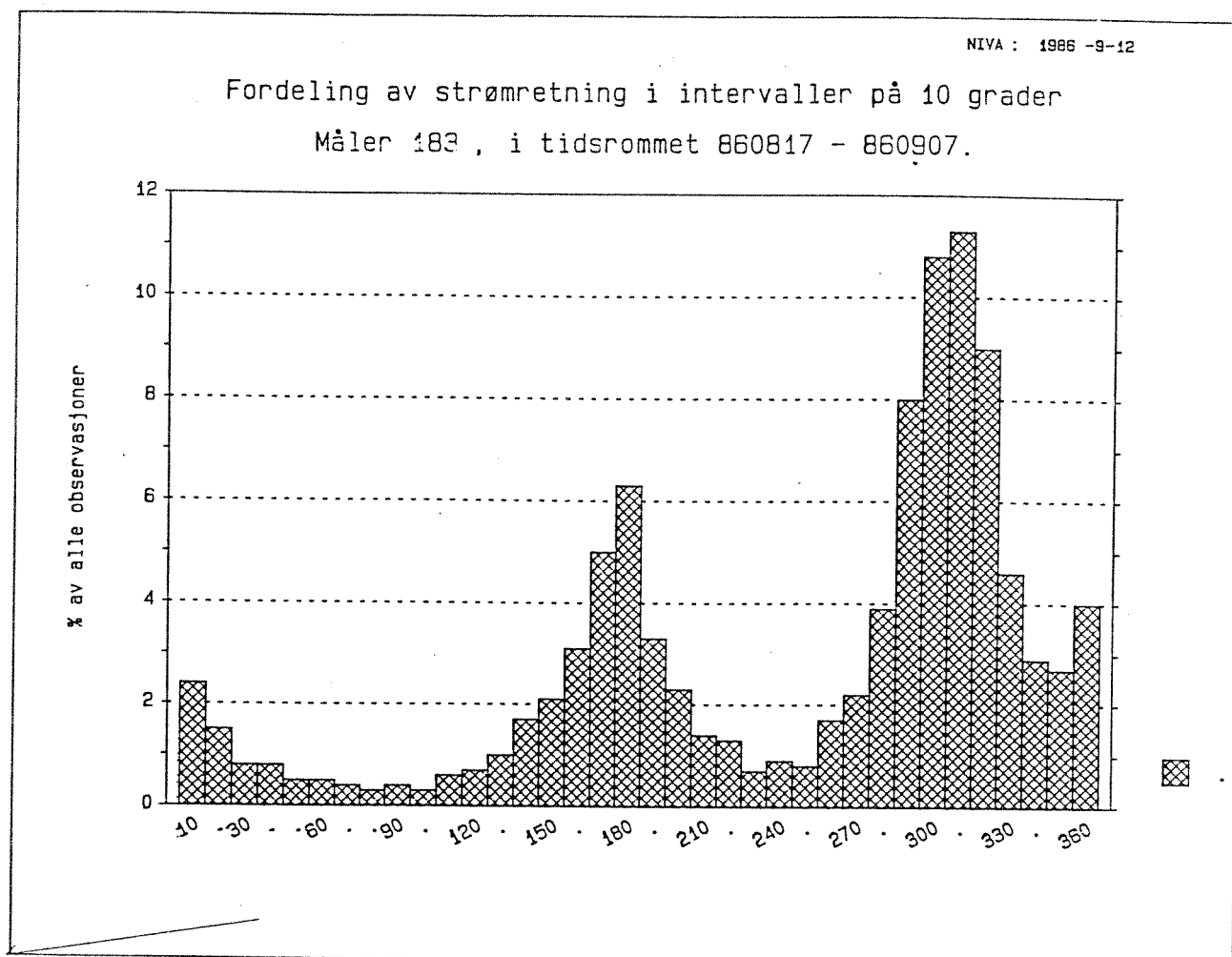
Fordeling av strømhastighet i interv. på 2 cm/sek.

Måler 277 , i tidsrommet 860817 - 860831.

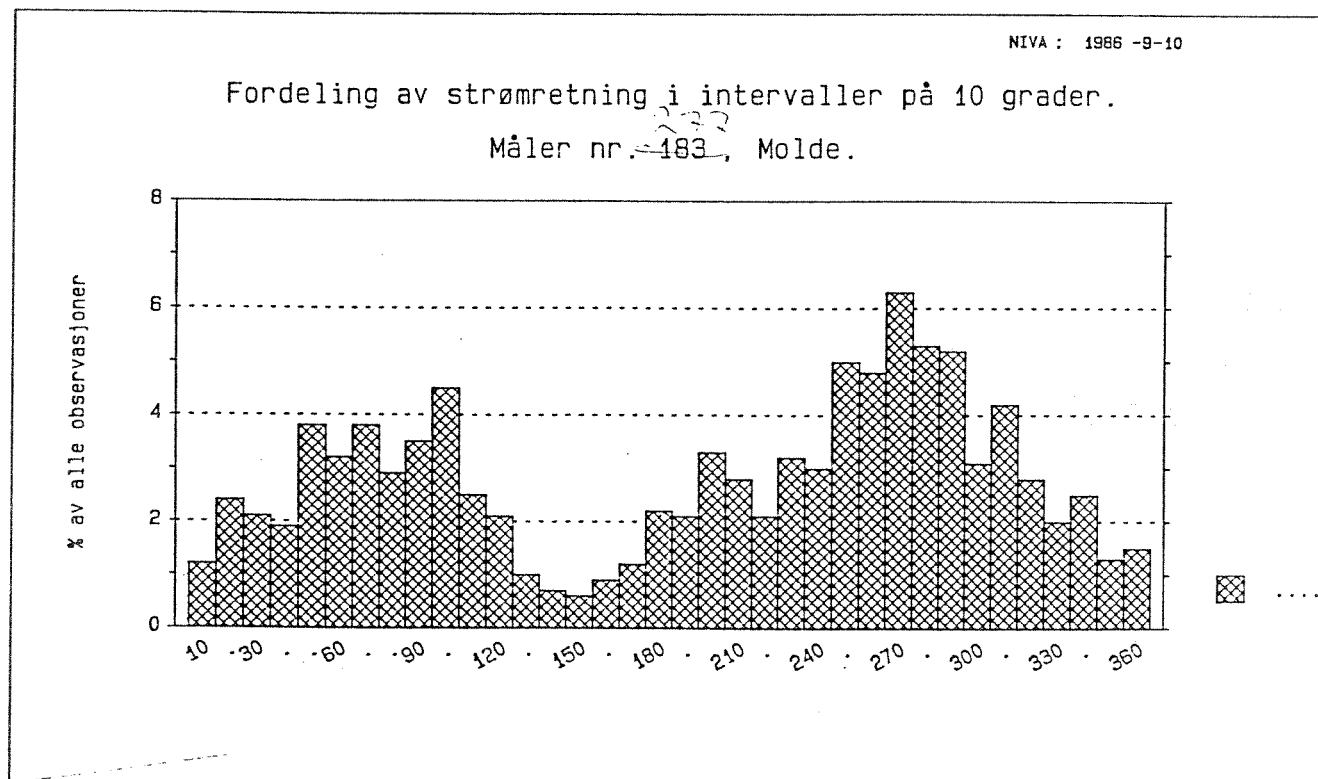


25m

Fig. 6.1.16. Fordeling av strømfart i 2m og 25m dyp på St. 1 i Bolsøysund. Måleperiodene er angitt over.



2m



25m

Fig. 6.1.17. Fordeling av strømretning i 2m og 25m dyp på St. 1 i Bolsøysund. Måleperiodene er angitt over.

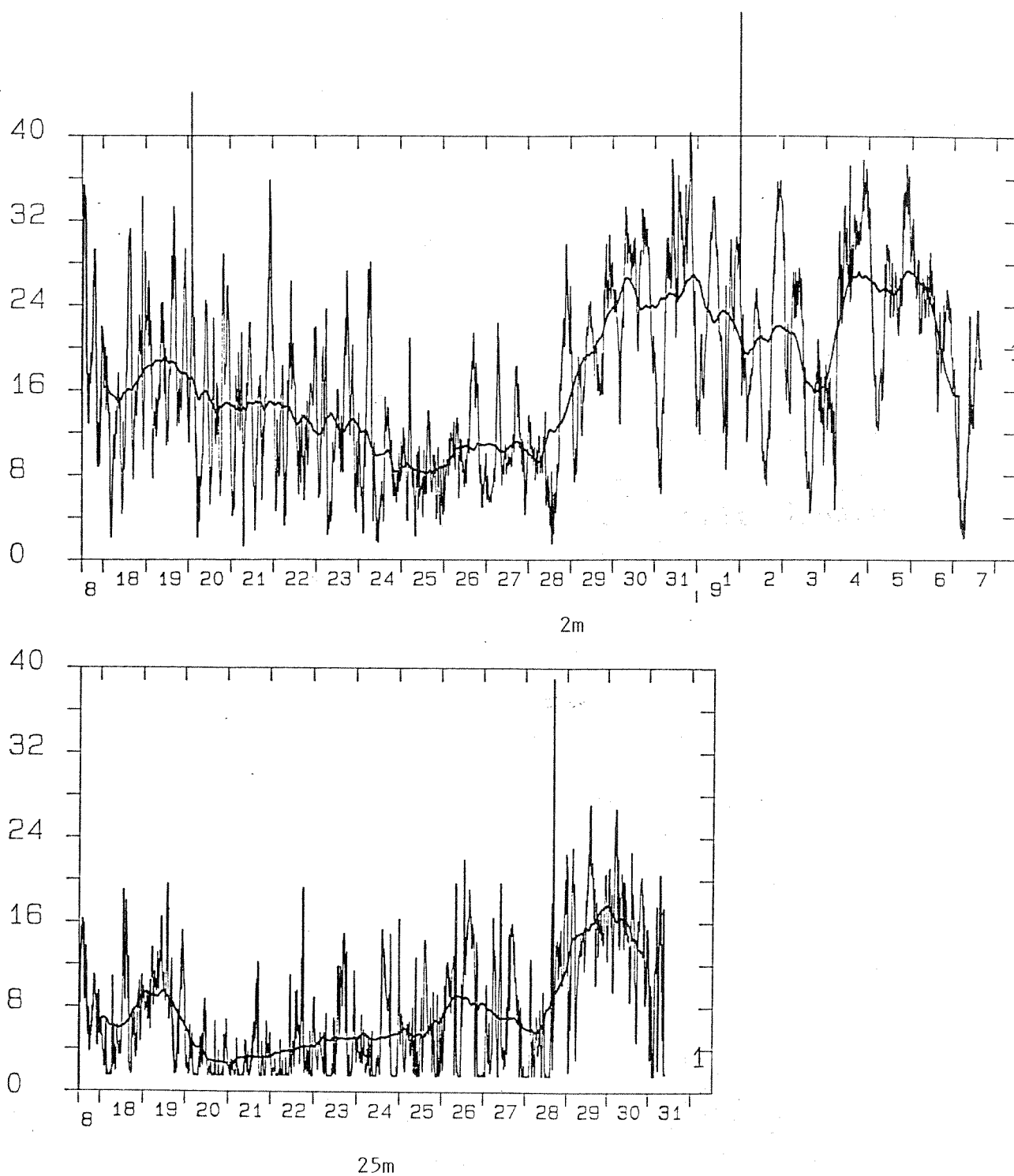


Fig. 6.1.18. Målt strømfart i 2m og 25m dyp på St. 1 i Bolsøysund. Måleperioden er angitt over. Et 25-timers glidende middel av strømfarten er også tegnet inn på figuren.

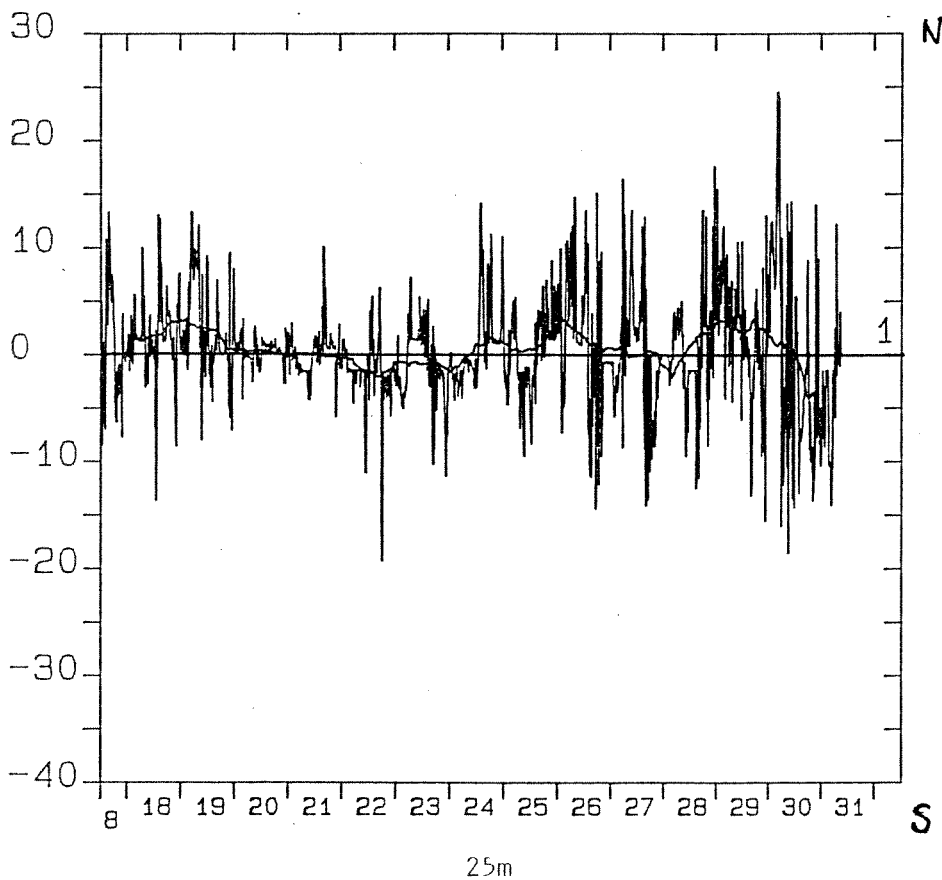
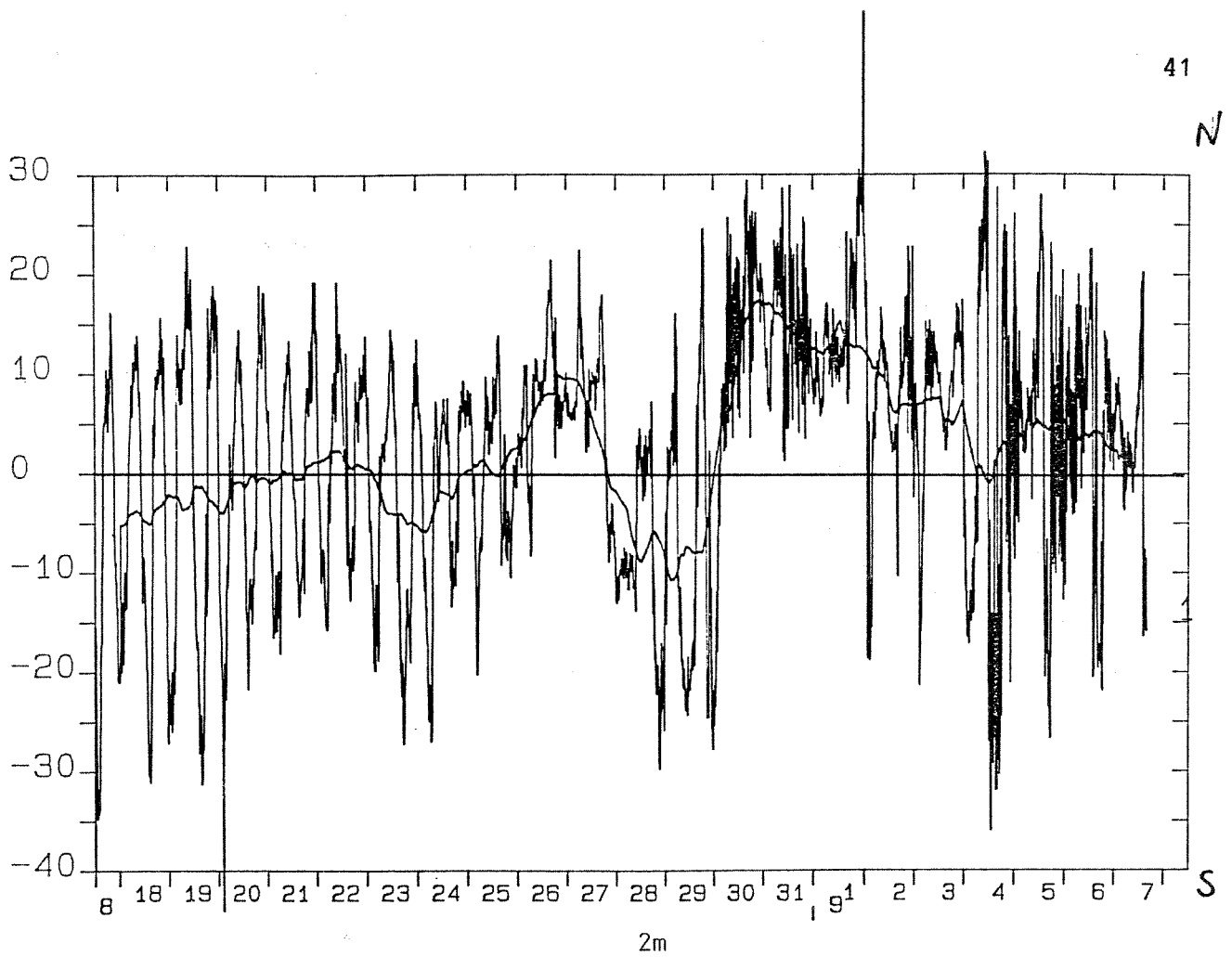


Fig. 6.1.19. Dekomponert strømfart i nord-syd retning i 2m og 25m dyp på St. 1 i Bolsøysund. Måleperioden er angitt over. Et 25-timers glidende middel av den dekomponerte strømfarten er også tegnet inn på figuren.

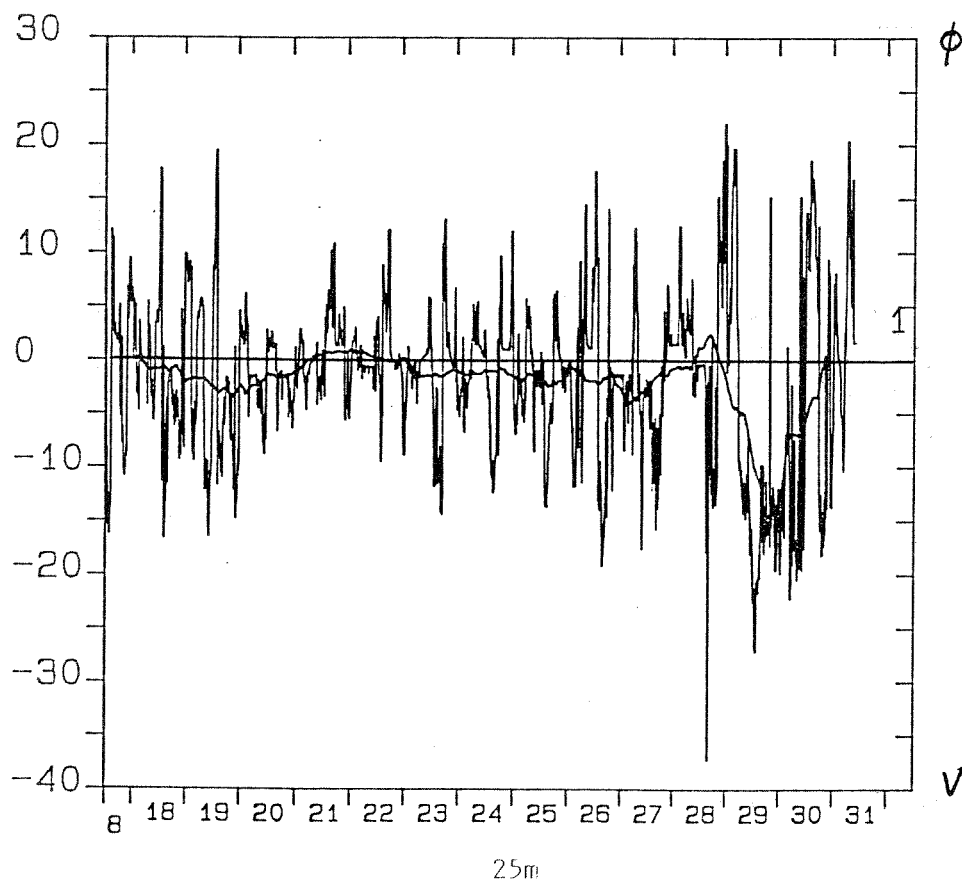
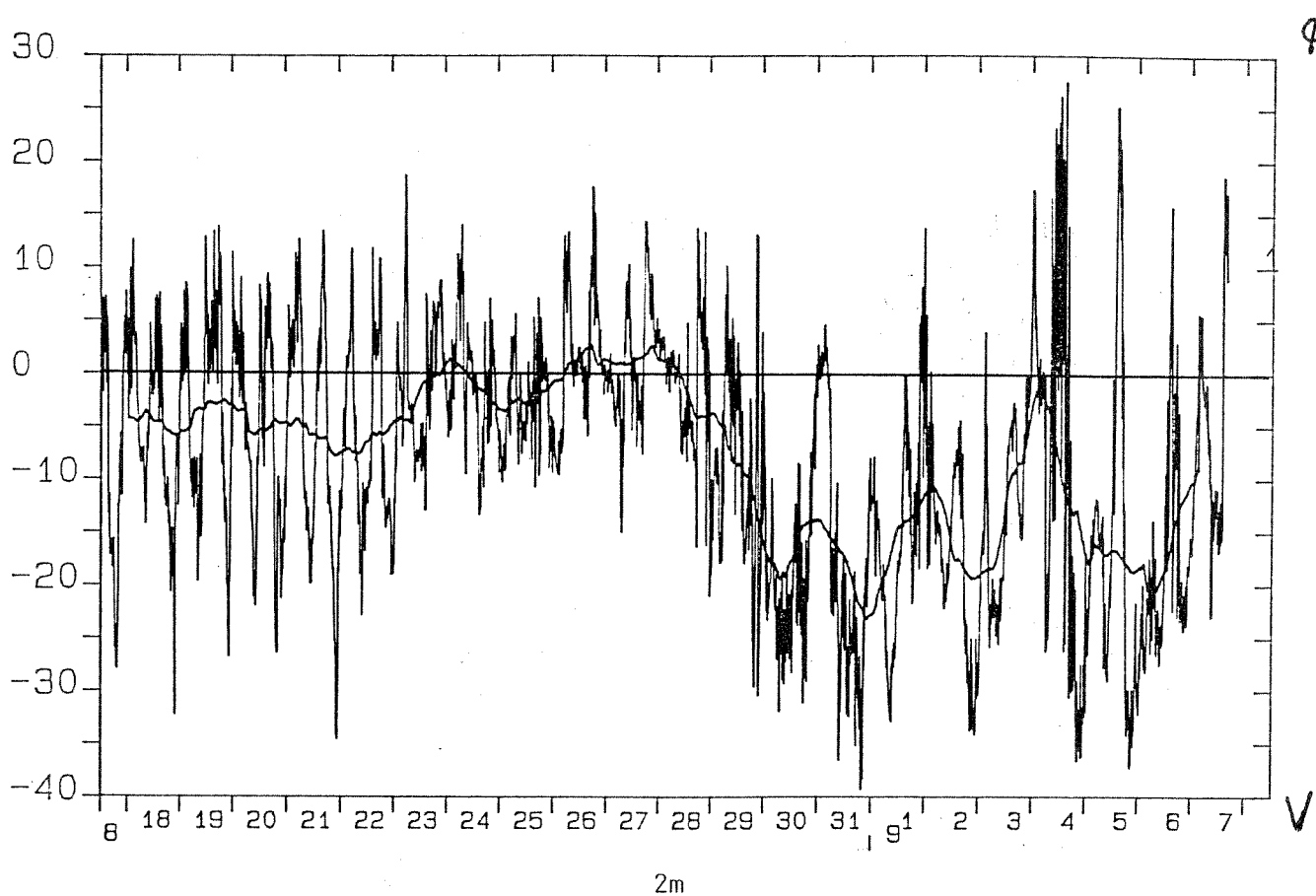


Fig. 6.1.20. Dekomponert strømfart i øst-vestretning i 2m og 25m dyp på St. 1 i Bolsøysund. Måleperioden er angitt over. Et 25 timers glidende middel er også tegnet inn på figuren.

## 6.2 Resultater av strømkorsmålingene

For å få et best mulig inntrykk av mulige variasjoner i strømfart og retning på tvers av Bolsøysund, ble det sluppet strømkors i tre posisjoner langs fyllingstraseen. På St1 og St2 ble det satt ut kors i 2m og 12m dyp for å måle strømhastigheten over og under sprangsjiktet. På St3 midt i sundet ble det bare målt i 2m dyp.

Figur 6.2.1 viser et kart over Bolsøysundet hvor korsenes driftbaner på stigende sjø er tegnet inn. Målingene ble utført 1986-06-11. Tidspunktene for utsett og opptak er angitt på figuren, samt midlere driftfart på korsene. I følge Tidevannstabeller for den Norske Kyst, inntraff høyvann kl. 1404. Det følger av figur 6.2.1 at korsene ble satt ut 19-27 minutter før høyvann og tatt opp 18-25 minutter etter høyvann. Dette forklarer at det ble funnet høyere hastigheter i 12m enn i 2m dyp. I laget over sprangsjiktet, dvs. i 2m, var sannsynligvis strømmen i ferd med å skifte retning, mens strømskiftet inntraff noe seinere i 12m under sprangsjiktet.

Det følger av figur 6.2.1 at farten i 12m dyp var størst på St2 med ca 12cm/s. I 12m dyp på St1 var farten ca 10cm/s. Retningen korsene hadde drevet var mot nord, inn mot Fannefjorden.

I 2m dyp var driftfarten på korsene størst midt i sundet. Korsene som ble sluppet ut på St1, 2 og 3 viste driftfart på henholdsvis 4cm/s, 8cm/s og 6cm/s. Retningen på driftbanene til korsene viste en noe mer nordøstlig retning enn korsene i 12m.

Vindforholdene under målingene på stigende sjø, var laber bris, økende til frisk bris fra vest-sydvest.

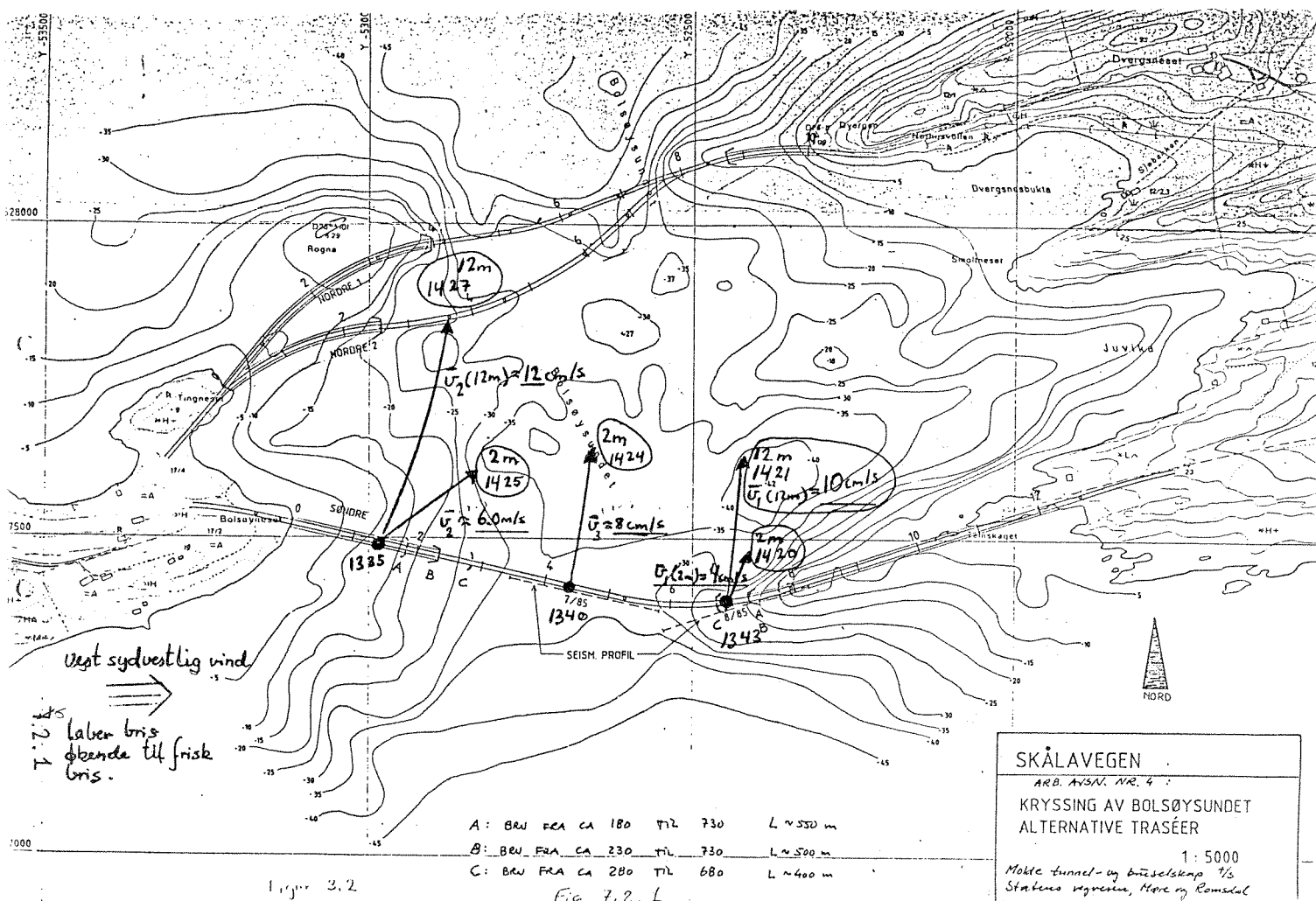
Figur 6.2.2 viser resultatene av strømkorsmålingene på fallende sjø. Det følger av figuren at alle korsene gikk sørover ut Fannefjorden. Korsene på St2 og 3 gikk mot sør-sørvest og følgelig nesten direkte mot vinden, som til dels var relativt frisk bris. Midlere beregnet driftfart på korsene i 2m dyp på St2 og 3 var henholdsvis 18cm/s og 16cm/s. I 12m dyp på St2 var midlere fart 4cm/s. På St1 var middelfarten i 2m og 12m dyp henholdsvis 19cm/s og 10cm/s. Driftbanene til disse korsene var mot øst-sydøst.

Vindforholdene under målingene på fallende sjø var relativt frisk bris fra sydvest.

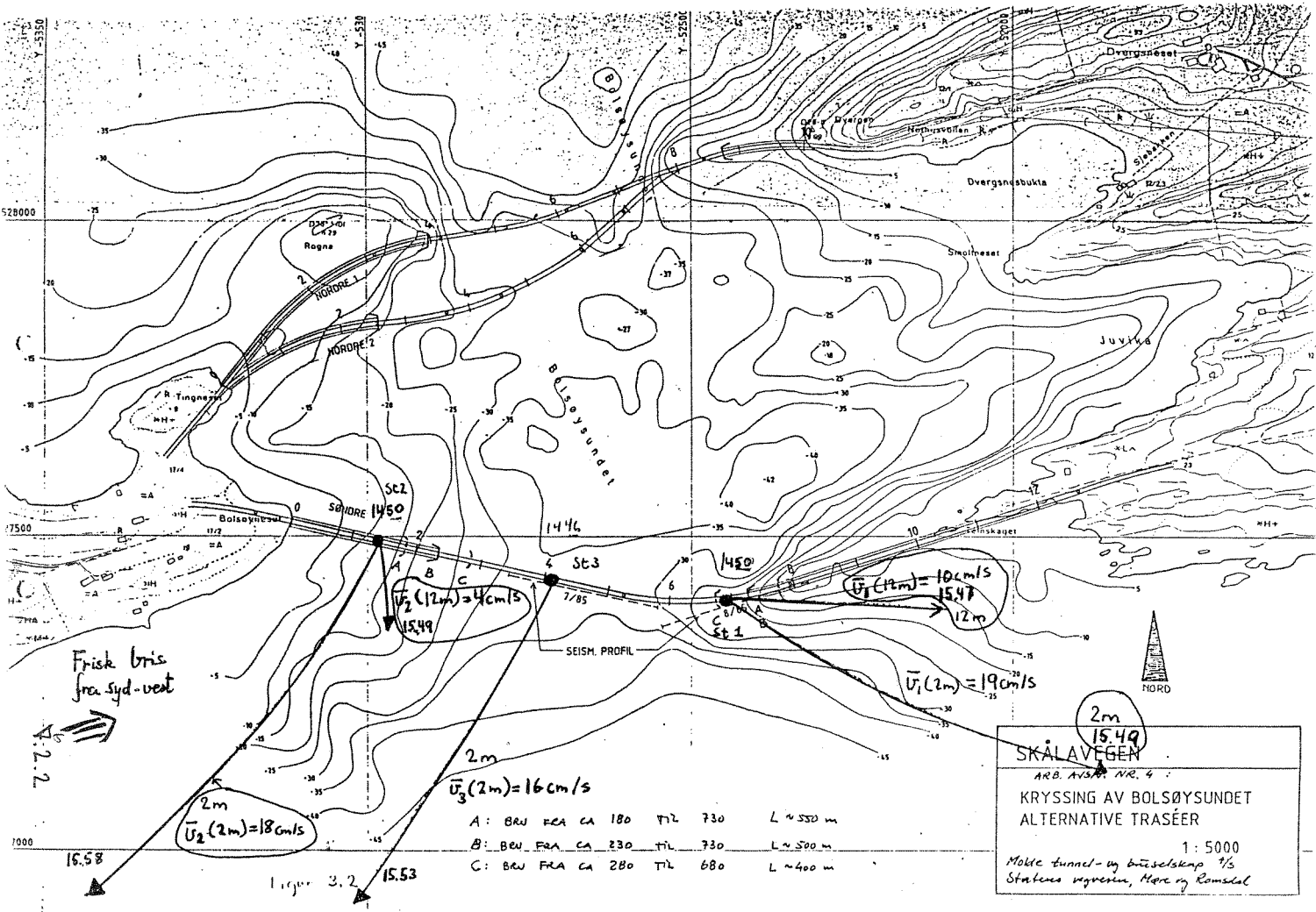
Strømkorsmålingene på fallende sjø i Bolsøysundet viste at strømrretningen var sydlig, ut av Fannefjorden. Farten i brutraseen



var noe større nærmere land, enn midt i sundet. I 12m dyp var strømfarten i måleperioden størst på østsiden av sundet.



Figur 6.2.1 Strømkorsmålinger utført på stigende sjø 1986-06-11.



Figur 6.2.2 Strømkorsmålinger utført på fallende sjø 1986-06-11.

### 6.3 Resultater av de hydrografiske målingene

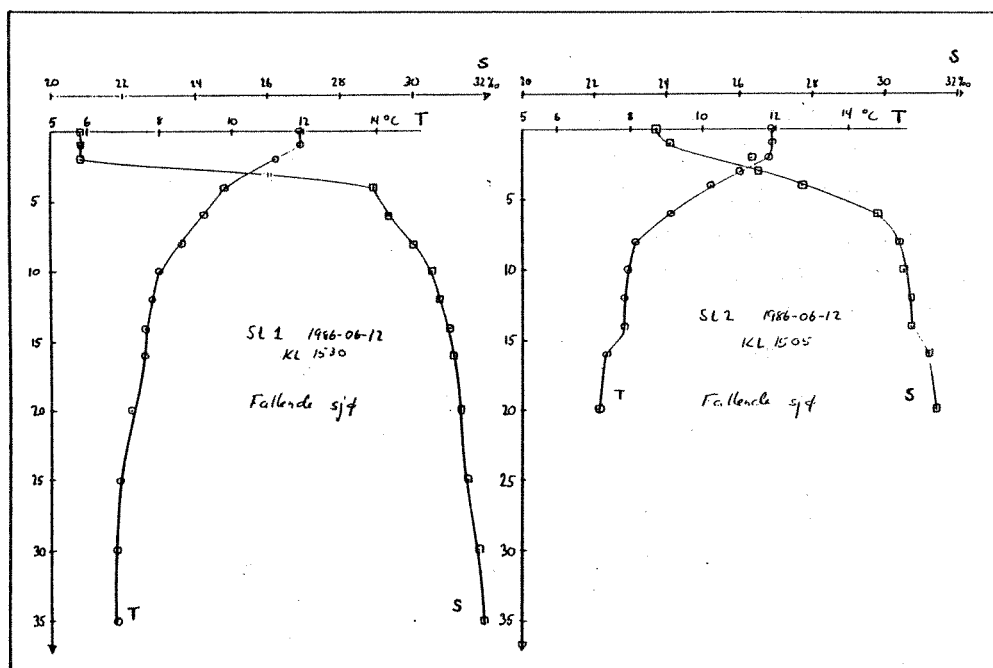
#### Vertikalprofiler

Under utsett av de selvregistrerende strømmålerne 1986-06-11, ble det målt temperatur og saltholdighet på stigende og fallende sjø i en rekke dyp på St1 og St2 i Bolsøysundet. Resultatene av målingene er vist i figur 6.3.1-6.3.2.

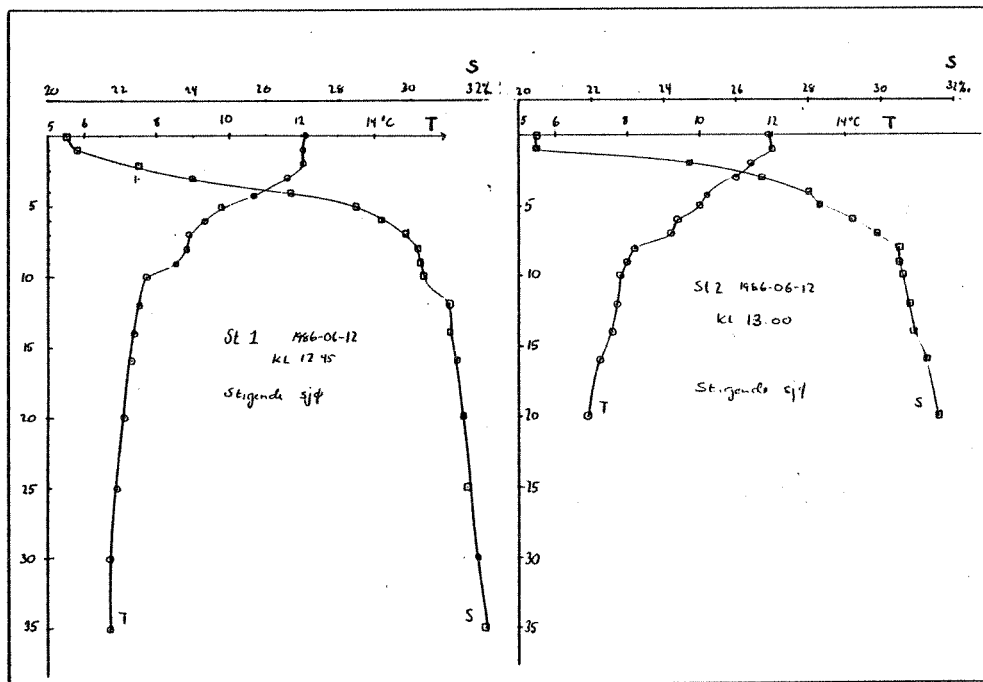
Det følger av figur 6.3.1-6.3.2 at det øverste 1-2m tykke laget var relativt homogent med forholdsvis lave saltholdigheter, ca  $20-24^0/00$  og temperaturer på ca 12 grader C. I laget mellom 2-8m var det relativt store gradienter i både temperatur og saltholdighet. Saltholdigheten økte fra  $20-24^0/00$  til over  $30^0/00$ . Temperaturen på stasjonene avtok i dette laget fra ca 12 til 8 grader.

Under 8-10m var forholdene både i temperatur og saltholdighet relativt homogene. Temperaturen avtok jevnt med dypet fra ca 8 til ca 7 grader i 20m dyp. Laveste temperatur ble målt i 35m dyp på St1 og var 6.7 grader.

Målingene av temperatur og saltholdighet viste små forskjeller mellom St1 og St2. Det ble heller ikke funnet store forskjeller i de fleste dyp mellom målingene foretatt på stigende og fallende sjø. Målingene utført på fallende sjø på St2 viste imidlertid at overflatelagets saltholdighet var økt fra ca  $20.5^0/00$  til  $24^0/00$  i 1m dyp fra kl 1300 til kl 1505. Dette samme var ikke tilfelle på St1. Denne økningen i saltholdigheten på St2 kan ha vært forårsaket av at den vestsyd-vestlige vinden har ført til en lokal oppstrømning på østsiden av Bolsøya. Vinden kan også ha tvunget utstrømningen av det ferskere vannet fra Fannefjorden over mot østsiden av Bolsøysundet, samtidig som vindpåvirkningen har homogenisert overflatelaget noe.



Figur 6.3.1 Vertikalprofil av temperatur og saltholdighet på St1 og 2 målt 1986-06-11 på fallende sjø.



Figur 6.3.2 Vertikalprofil av temperatur og saltholdighet på St1 og 2 målt 1986-06-11 på stigende sjø.

## Tidsserier av temperatur og saltholdighet

---

Som nevnt i kapittel 5 var de selvregistrerende strømmålerne også utstyrt med termistor og konduktivitetsselle for å måle temperatur og beregne saltholdighet i vannmassene. Figur 6.1.3- 6.1.8 viser resultatene av temperatur og saltholdighetsberegningene i 2m dyp på St2 i perioden 1986-06-11--07-15. Det følger av figurene at temperaturen i perioden varierte mellom ca 10-16 °C. Saltholdigheten varierte mellom 21-30 ‰. Middeltemperatur og standardavvik i perioden var henholdsvis 13.7 °C og 1.5 °C. Midlere saltholdighet og standardavvik var henholdsvis 25.9 ‰ og 1.3 ‰.

Strømmålerriggen som var plassert på St1 i perioden 1986-06-11--07-15, ble mest sannsynlig kappet i perioden. Riggen har derfor vært på drift. Den ble funnet igjen like sydvest av Dvergsneset. Den nederste måleren var da heftet fast i bunnen på ca 22m dyp. Fordi måleren har vært på drift i perioden kan ikke temperatur og saltholdighetsdataene benyttes direkte til å se på endringer i de hydrografiske forholdene i vannmassene som strømmer inn og ut av Bolsøysund. Figur 6.3.1--6.3.2 viser imidlertid at det i laget mellom 20-25m var relativt homogene forhold med små gradienter i både temperatur og saltholdighet i området da disse målingene ble utført 1986-06-11. Farten målt i 2m dyp på denne måleriggen er presentert i Vedlegg 3 og viser tydelige tidevannsvariasjoner i farten. Dette tyder på at riggen har hatt liten egenbevegelse relativt til vannmassene som strømmet ut og inn av Bolsøysundet. Det er derfor valgt å presentere temperatur og saltholdighetsmålingene fra riggen som ble satt ut på St1 i perioden 1986-06-11--07-15. Dataene må tolkes med noe omtanke.

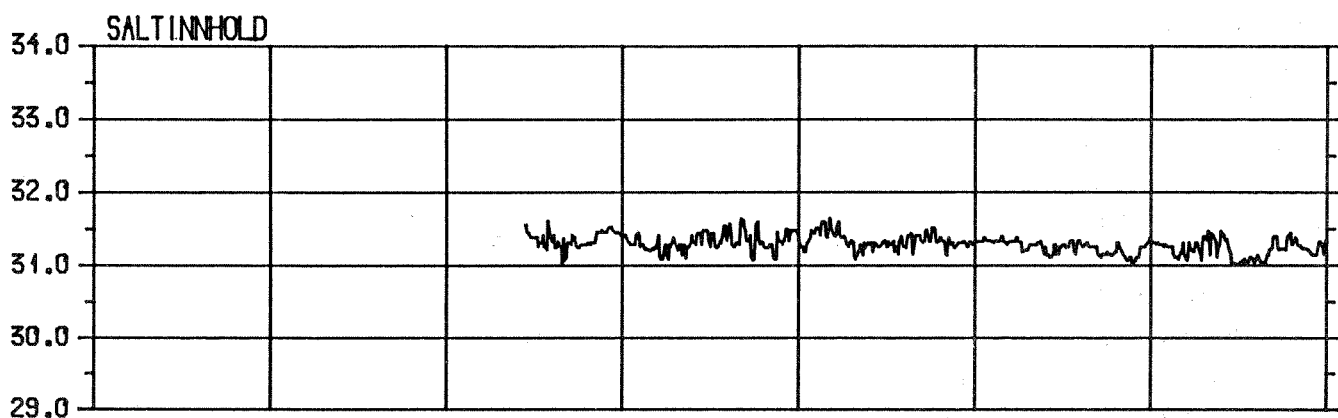
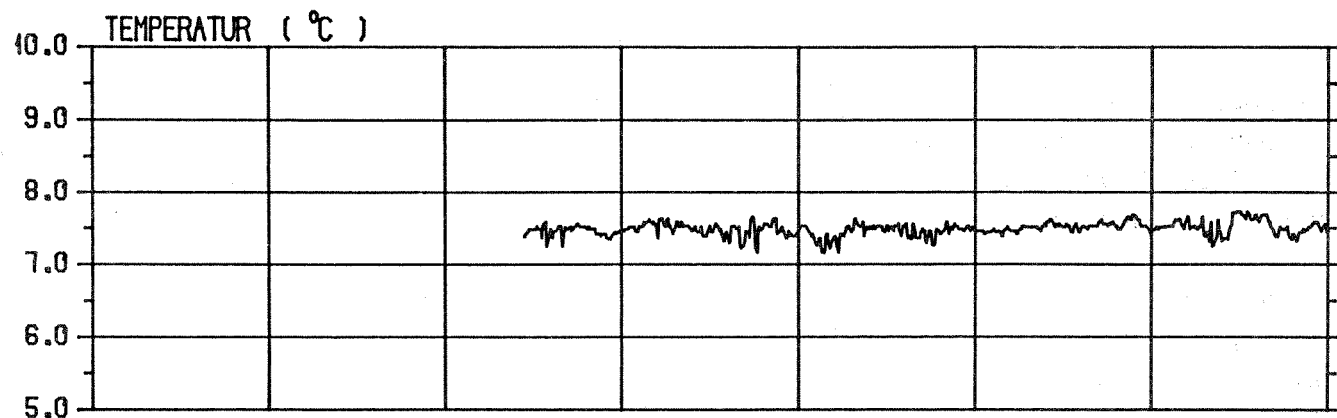
Det følger av figurene 6.3.3--6.3.8 at temperaturen i ca 25m i perioden varierte mellom ca 5.5-9.0 °C. Middeltemperaturen var 7 °C og standardavviket i temperaturmålingene var ca 0.6 °C. Saltholdigheten varierte tilsvarende mellom ca 30.5-33.2 ‰. Standardavviket i saltholdighetsmålingene i perioden var ca 0.6% .

På grunn av uhellet med måleriggen på St1 i den første måleperioden, ble det satt ut nye målere i denne posisjonen i perioden 1986-08-17--09-07. Resultatene av disse temperatur og saltholdighetsmålingene er presentert i figur 6.3.9.

Det følger av figur 6.3.9 at temperaturen i 2m dyp avtok fra ca 15.5 °C i begynnelsen av perioden, til ca 11 °C i slutten av perioden. Størst fall i temperaturen forekom mellom 29-31 august, da temperaturen sank fra ca 13.5-11.5 °C. Saltholdigheten i 2m økte i

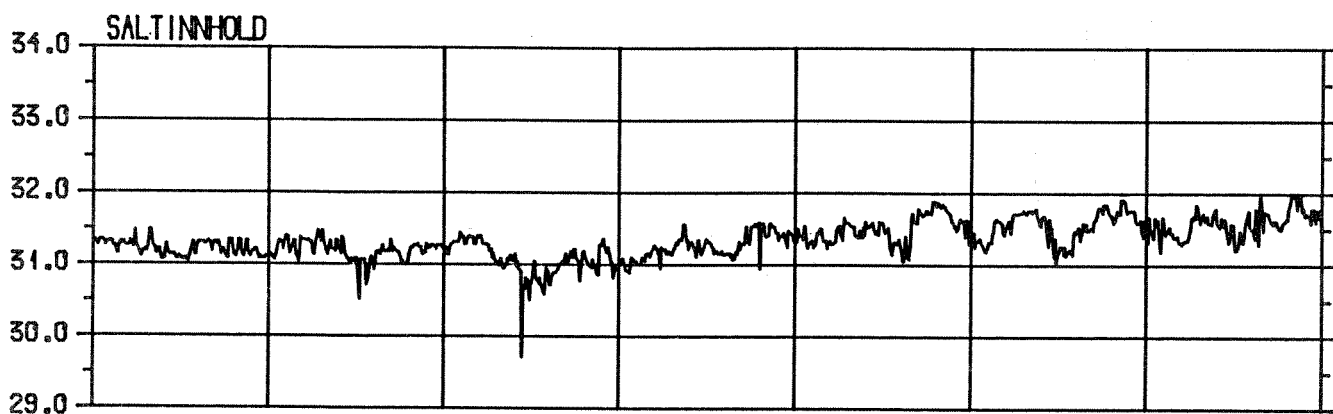
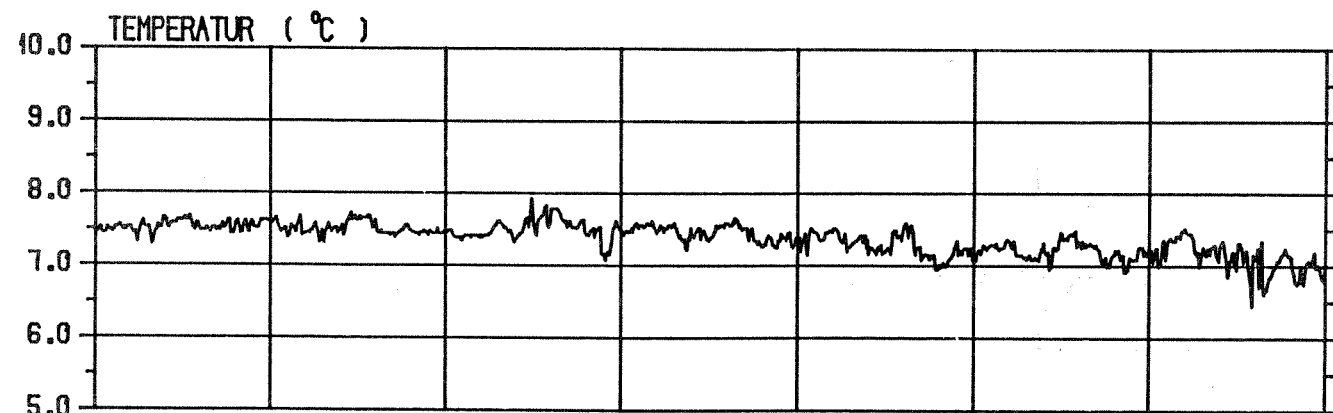
perioden fra ca 27-31<sup>0</sup>/oo .Høyeste saltholdigheter forekom i slutten av perioden. I perioden fra 26-31 august økte saltholdig- heten fra ca 28-31<sup>0</sup>/oo. Figur 6.3.9 viser at tildels betydelig kaldere og saltere vannmasser har passert St1 i måleperioden.

Figur 6.3.9 viser også resultater av temperatur og saltholdighets- målinger i 25m dyp på St1 i perioden 1986-08-17--31. Det følger av figuren at temperaturen i første del av perioden varierte med tidevannet. Målte verdier lå mellom 6-8<sup>0</sup>C. Siste halvdel av perioden var temperaturen tilnærmet konstant og viste ca 6<sup>0</sup>C. Saltholdigheten i 25m i første halvdel av perioden varierte med tidevannet. Målte verdier lå mellom 32-33<sup>0</sup>/oo. I perioden fra 24-29 august økte saltholdigheten fra ca 33-34<sup>0</sup>/oo, for så og avta til ca 33.3<sup>0</sup>/oo, 31 august. Figuren viser at relativt kaldt og salt vann har strømmet forbi St1 i perioden 24-29 august. Figur 6.1.19 viser at det i mesteparten av denne perioden i 25m dyp var en nordoverrettet reststrøm på St1, dvs inn i Fannefjorden. I 2m dyp derimot var reststrømmen i første halvdel av samme periode rettet mot nord, mens den i siste halvdel var rettet mot syd. Det har følgelig i siste halvdel vært en netto utstrømning til Fannefjorden i det øvre laget og en netto innstrømning i det nedre laget.



DATO 06-09 06-10 06-11 06-12 06-13 06-14 06-15

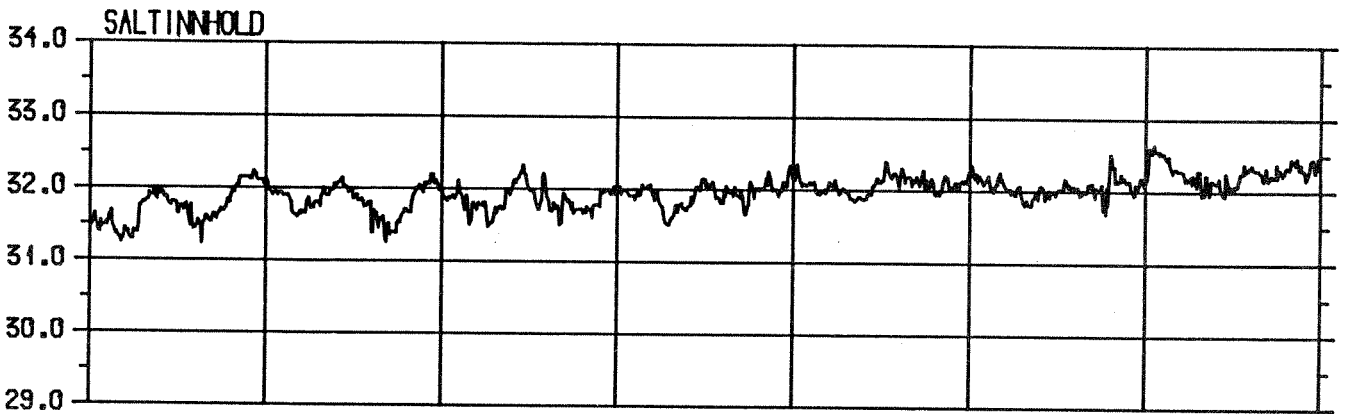
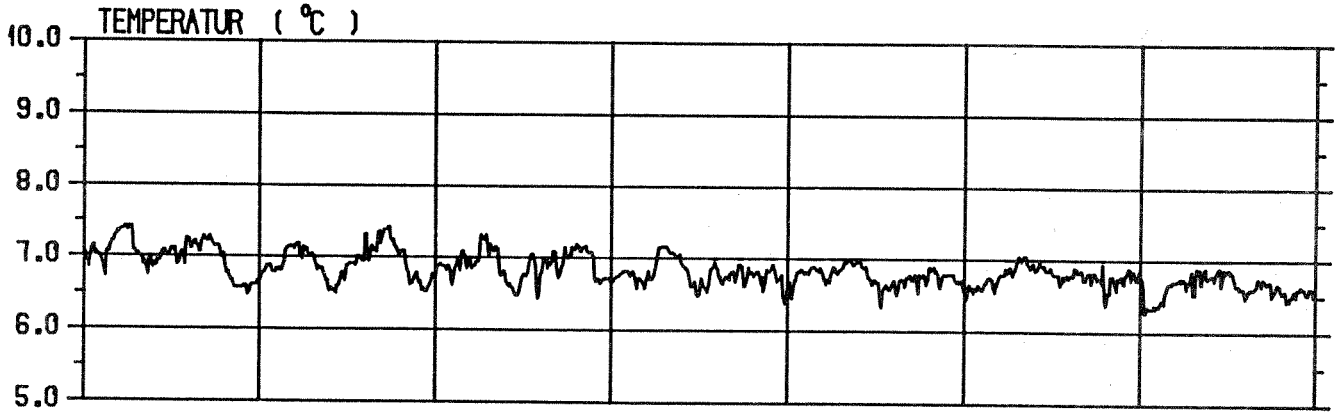
TEMPERATUR OG SALT				INSTRUMENT	
				AANDERAA RCM4	
STED	STASJON	VANDDYP	INSTRUMENT DYP	OBSERVASJONSPERIODE	
BOLSØYSUND	01	28 m	25 m	1986-06-11--07-15	
NHL NORSK HYDROTEKNISK LABORATORIUM			PROSJEKT	FIGUR	
				6.3.3.	



DATO 06-16 | 06-17 | 06-18 | 06-19 | 06-20 | 06-21 | 06-22

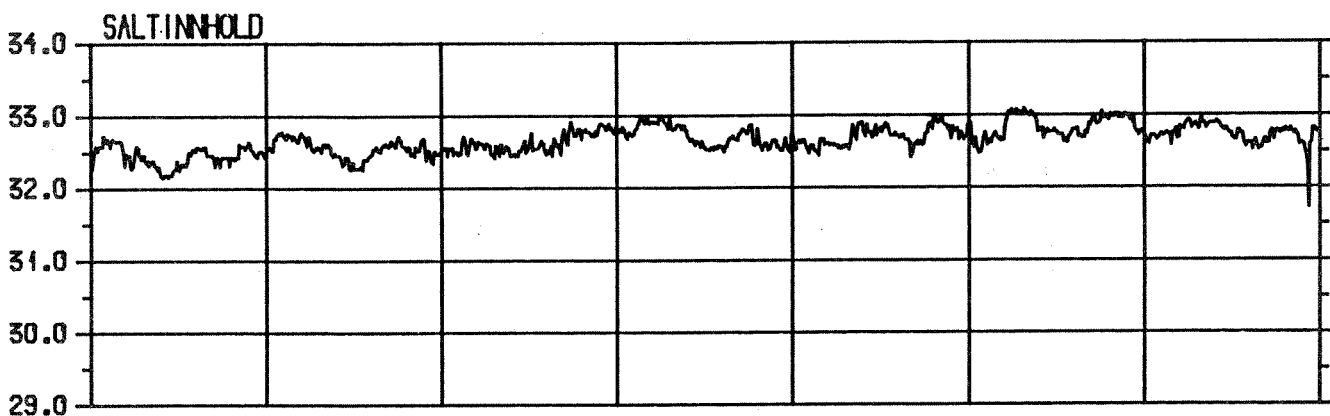
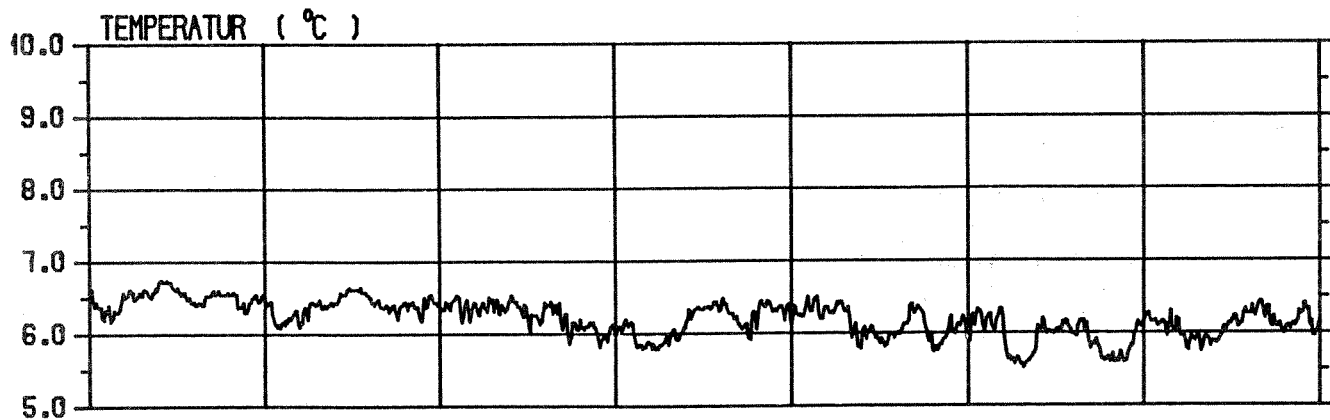
TEMPERATUR OG SALT				INSTRUMENT AANDERAA RCM4	
STED BOLSØYSUND	STASJON 01	VANNDYP 28 m	INSTRUMENT DYP 25 m	OBSERVASJONSPERIODE 1986-06-11--07-15 GMT	
<b>NHL</b> NORSK HYDROTEKNISK LABORATORIUM			PROSJEKT	FIBUR 6.3.4.	





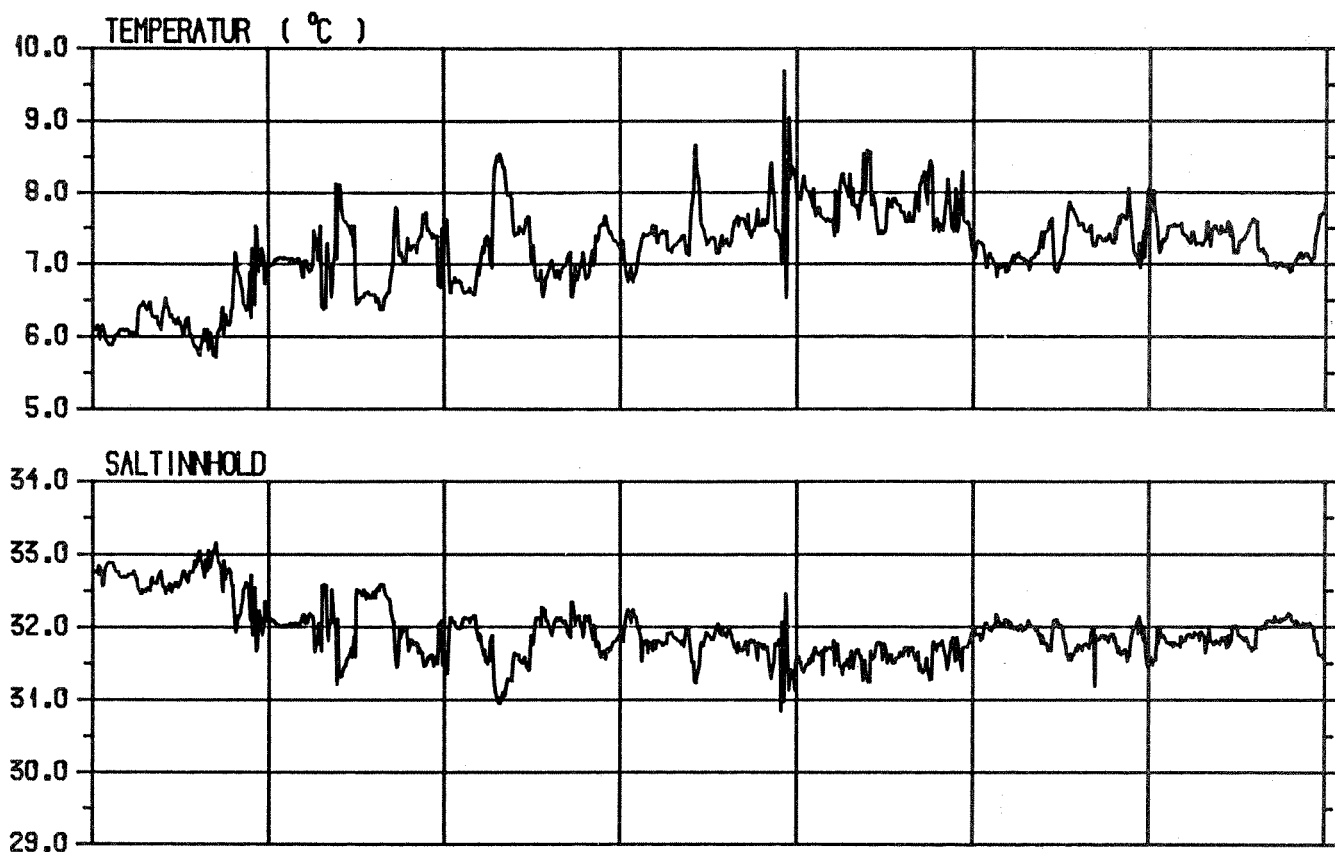
DATO 06-23 06-24 06-25 06-26 06-27 06-28 06-29

TEMPERATUR OG SALT				INSTRUMENT AANDERAA RCM4	
STED BOLSØYSUND	STASJON 01	VANNDYP 28 m	INSTRUMENT DYP 25 m	OBSERVASJONSPERIODE 1986-06-11--07-15	
NHL NORSK HYDROTEKNISK LABORATORIUM			PROSJEKT	FIGUR 6.3.5.	



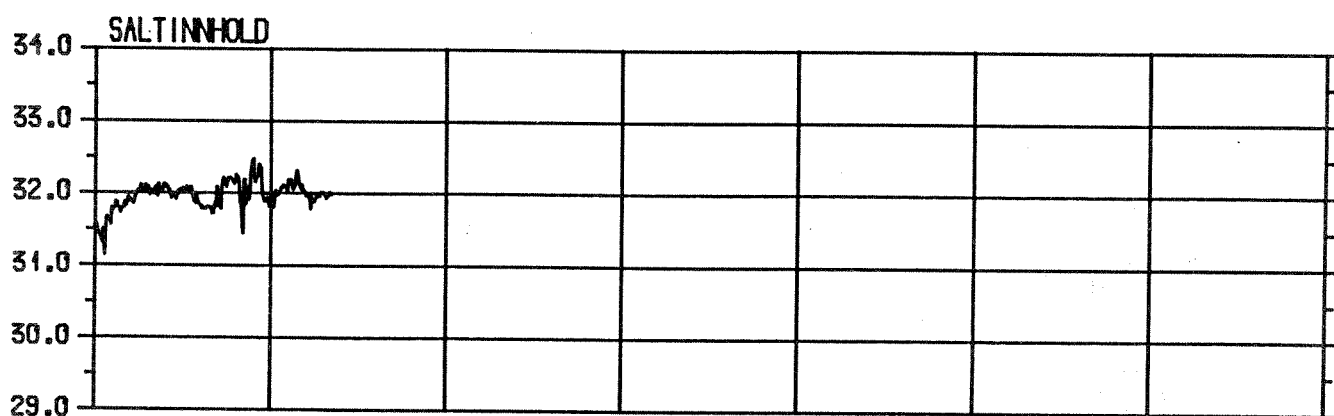
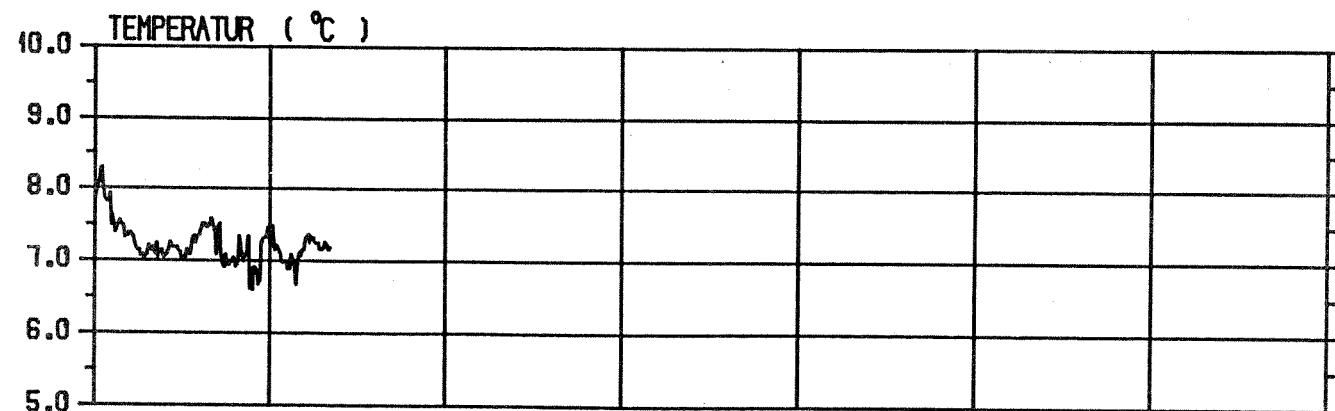
DATO | 06-30 | 07-01 | 07-02 | 07-03 | 07-04 | 07-05 | 07-06

TEMPERATUR OG SALT				INSTRUMENT AANDERAA RCM4	
STED BOLSØYSUND	STASJON 01	VANNDYP 28 m	INSTRUMENT DYP 25 m	OBSERVASJONSPERIODE 1986-06-11--07-15 GMT	
<b>NHL</b> NORSK HYDROTEKNISK LABORATORIUM			PROSJEKT	FIGUR 6.3.6.	



DATO 07-07 07-08 07-09 07-10 07-11 07-12 07-13

TEMPERATUR OG SALT				INSTRUMENT AANDERAA RCM4	
STED BOLSØYSUND	STASJON 01	VANDYD 28 m	INSTRUMENT DYP 25 m	OBSERVASJONSPERIODE 1986-06-11--07-15	
NHL NORSK HYDROTEKNISK LABORATORIUM			PROSJEKT	FIGUR 6.3.7.	



DATO 07-14 07-15 07-16 07-17 07-18 07-19 07-20

TEMPERATUR OG SALT				INSTRUMENT	
STED BOLSØYSUND			STASJON 01	VANNDYP 28 m	INSTRUMENT DYP 25 m
NHL NORSK HYDROTEKNISK LABORATORIUM				OBSERVASJONSPERIODE 1986-06-11--07-15	
				PROSJEKT	FIGUR 6.3.8.
				INSTRUMENT AANDERAA RCM4	
				OBSERVASJONSPERIODE 1986-06-11--07-15	
				GHT	

Edr-code: 1925

MetOcean-plot versjon: 01/11-005

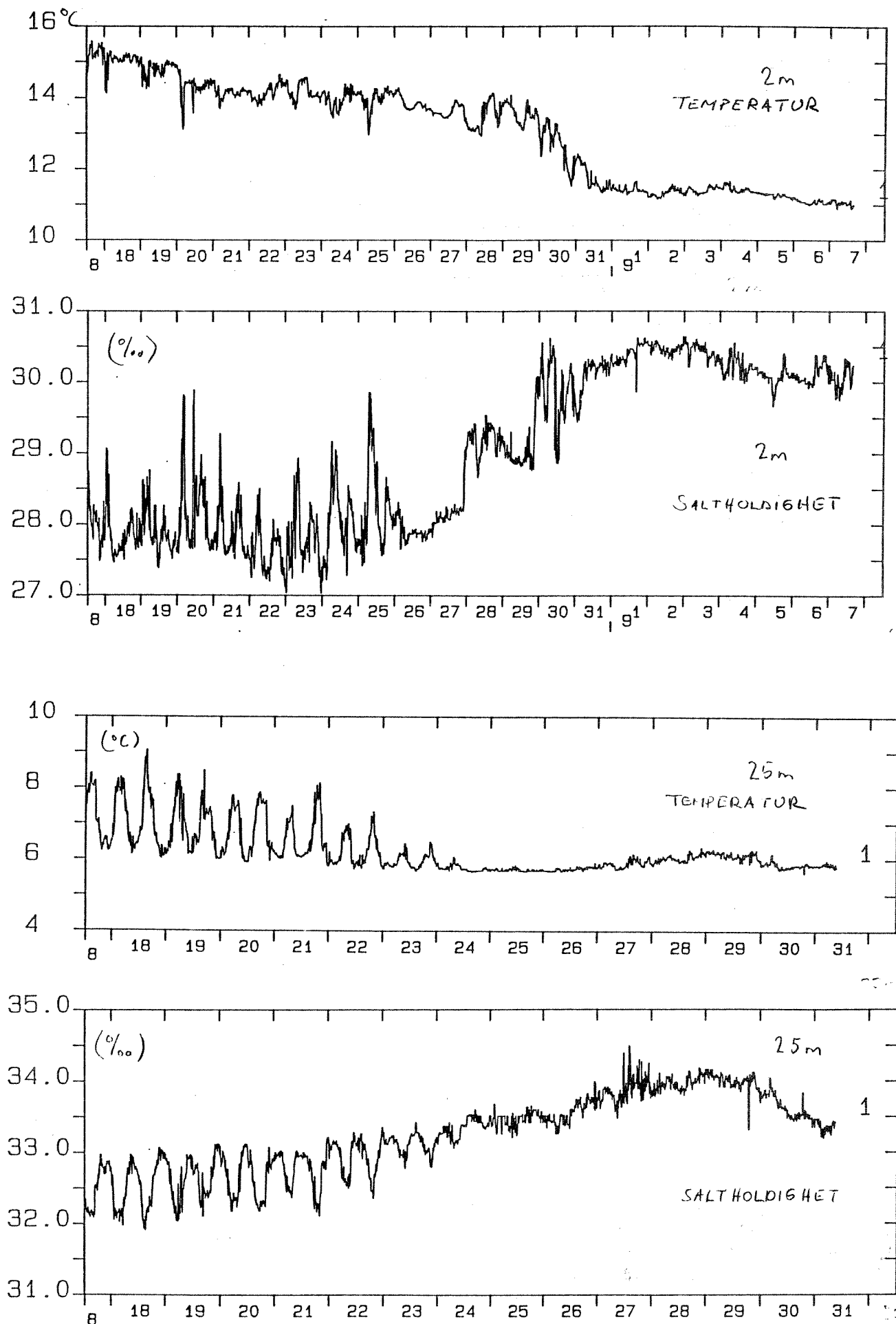


Fig. 6.3.9. Tidsserier av målt temperatur og saltholdighet på St. 1 for perioden 1986-08-17--09-07 på 2m dyp og for perioden 1986-08-17--31 i 25m dyp.

## 7. DISKUSJON

### 7.1 Endringer i strømforholdene i Bolsøysundet som følge av de ulike fyllingsalternativene

Strømkorsmålingene og målingene med de selvregistrerende strømmålerne, vist at strømfarten var stor gjennom Bolsøysund i måleperioden. Strømfarten i sundet avtok med dypet. Maksimal målt fart i 2m dyp på St1 og St2 var henholdsvis 40cm/s og 55cm/s. I 25m dyp var maksimal målt fart 27cm/s.

Både strømfart og retning varierte på tvers av sundet. Strømhastigheten spesielt i de dypere lagene i sundet, var styrt av bunn-topografien. På St1 var f.eks dominerende transportretning i 2m dyp mot nordvest, mens den i 25m var rettet mot vest. Denne dreiningen av transportretning i dypet på St1 skyldes den undersjøiske ryggen som går ut fra Teinskaget på østsiden av Bolsøysund.

De alternativt planlagte brufyllingene i Bolsøysund vil redusere det totale gjennomstrømningstverrsnittet med henholdsvis 17, 23 og 36%. Dersom en antar at brakkvannslaget tykkelse kan settes lik 5m, vil de ulike fyllingsalternativene redusere gjennomstrømningstverrsnittet for brakkvannet i de øvre 5m i Bolsøysundet med henholdsvis 38, 44 og 55%.

Spesielt for vindretninger fra sydvest, vest og nordvest som medfører vindoppstuing av brakkvannslaget i Fannefjorden, vil Bolsøysundet være en viktig transportveg for overflatelaget i Fannefjorden. Brufyllingene i sundet vil mest sannsynlig redusere overflatetransporten noe selv om farten i sundet vil øke. Spesielt nedstrøms fyllingene vil det kunne danne seg virvler inne ved land som vil bremse transporten gjennom sundet.

Dersom en antar at den totale transporten gjennom Bolsøysund forblir den samme etter at det er fylt ut i sundet, vil det medføre en midlere hastighetsøkning i gjennomstrømningstverrsnittet på ca. 17-36%. På grunnlag av de målte strømhastighetene i Bolsøysund og resultater fra andre fjord systemer, vil vi anslå at ekstreme hastigheter i sundet sannsynligvis vil kunne komme opp i noe over 100 cm/s eller ca. 2 knop.

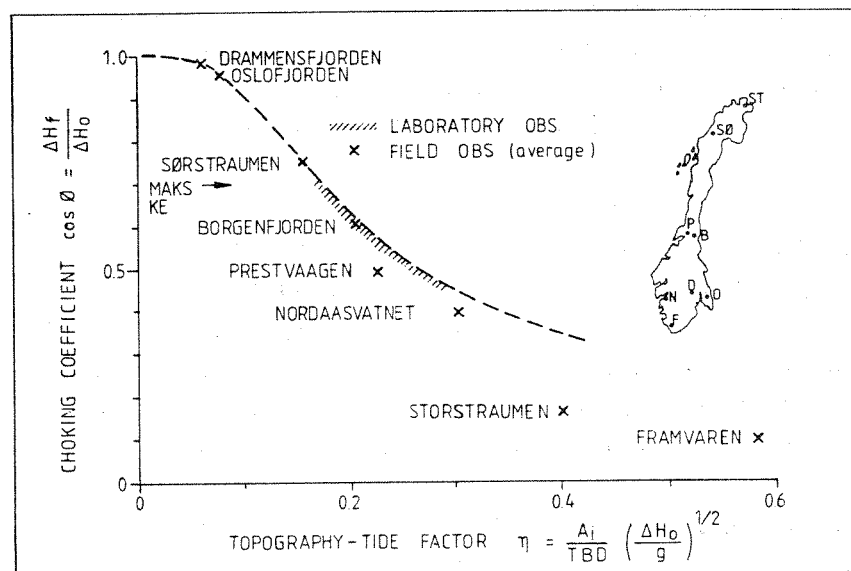
Det må understrekes at dette er et konservativt estimat. Mest sannsynlig vil transporten gjennom Bolsøysund bli noe redusert som følge av brufyllingene. Fyllingene i Bolsøysund vil redusere det totale gjennomstrømningsarealet inn til Molde-/Fannefjorden med henholdsvis

ca 5, 7 og 11%. Dersom en antar at den totale transporten inn og ut av fjordsystemet ikke blir endret, og at transportøkningene blir like store gjennom alle innløp, vil følgelig farten i Bolsøysund øke med 5-11% som følge av fyllingene.

Det er ikke forventet at økningene i strømhastighetene i Bolsøysund vil medføre noen problemer av betydning for skipstrafikken gjennom sundet.

## 7.2 Endringer i den tidevannsgenererte vannutskiftningen i Fannefjorden som følge av brufyllinger i Bolsøysund

I følge McClimans (1981) vil tidevannsamplituden innenfor en fjordmunning,  $H_f$ , kunne reduseres i forhold til tidevannsamplituden utenfor munningen,  $H_o$ , dersom strupningen av strømfarten i fjordmunningen blir stor nok. I figur 7.2.1, McClimans (1981), er vist sammenhengen mellom strupningskoeffisienten,  $\eta$ , og  $\cos\theta = \Delta H_f / \Delta H_o$ .



Figur 7.2.1 Tidevannsstrupning til en fjord med innløpskanal av bredde B og terskeldyp D, McClimans (1978).

$\Delta H_f$  = tidevannsforskj. innenfor tersk. B = terskelbredde

$\Delta H_o$  = " " utenfor " " D = terskeldybde

A = overflateareal

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$

T = tidevannsperiode

Det følger av figuren at dersom strupningskoeffisienten  $\eta \leq 0.02$ , vil det ikke være noen signifikant forskjell i tidevannsamplituden innenfor og utenfor fjordmunningen.

Verdier på strupningskoeffisienten for Fannefjorden med og uten fyllinger i Bolsøysund er gitt i tabell 7.1.

Tabell 7.1 Beregnede strupningskoeffisienter,  $\eta$ , for Fannefjorden med og uten de ulike bruffyllingene i Bolsøysund.

FYLLINGS- ALTERNATIV	BREDDE FJORDMUNNING	STRUPNINGS- KOEFFISIENT
INGEN FYLLING	4900M	0.00141
A	4500M	0.00154
B	4450M	0.00155
C	4350M	0.00159

Det følger av tabell 7.1 at strupningskoeffisienten vil være mye mindre enn 0.02 for alle fyllingsalternativene i Bolsøysund. Innsnevringene vil derfor ikke få noen innflytelse på den totale tidevannsdominerte utskiftningen av vannmassene i Fannefjorden.

Ved å snevre inn deler av de grunneste partiene, dvs redusere gjennomstrømningsarealet i brakkvannslaget, vil dette kunne medføre en noe redusert tidevannsgenerert utskiftning i dette øvre laget. Dette vil imidlertid medføre en tilsvarende økning i den tidevannsgenererte utskiftningen i de dypere lag.



### 7.3 Endringer i de hydrografiske forholdene i Fannefjorden som følge av brufyllinger i Bolsøysund

For å få et kvantitativt overslag over eventuelle endringer i de hydrofysiske forholdene som følge av brufyllinger i Bolsøysund, er det i det følgende benyttet teorier for to-lags-strømning i fjorder. Resultatene av de teoretiske beregningene stemmer relativt godt med observerte hydrografiske forhold i Fannefjorden.

Ifølge Stigebrandt, (1975), og Gjerp et al (1982), kan tykkelsen på brakkvannslaget ved fjordmunningen  $H_{1B}$  under visse forutsetninger angis med følgende uttrykk:

$$H_{1B} = \frac{K_n \cdot u_*^3 \cdot A}{q_f \cdot g \cdot \beta \cdot S_2} + \frac{3}{2} \cdot \left( \frac{q_f^2}{g \cdot \beta \cdot S_2 \cdot l_m^2} \right)^{1/3} \quad (7.3.1)$$

Her er:

$K_n = 2.5$	: proporsjonalitetsfaktor
$u_* = 1.25 \cdot 10^{-3} \cdot w$ (m/s)	: blandingsvind og w er registrert vindstyrke
$A = 150 \cdot 10^6$ (m <sup>2</sup> )	: overflatearealet av fjordene innenfor Bergsøya
$\beta = 8 \cdot 10^{-4}$	: proporsjonalitetsfaktor
$g = 9.81$ (m/s <sup>2</sup> )	: tyngdens akselerasjon
$S_2 = (^\circ/00)$	: saltholdighet i nedre lag
$q_f = (m^3/s)$	: ferskvannstilførsel til fjordsystemet
$l_m = (m)$	: bredden av fjordmunningen

Differansen mellom  $S_2$  og midlere saltholdighet i overflatelaget i hele fjordens lengde,  $S_1$ , kan da finnes fra følgende uttrykk:

$$S_2 - S_1 = \frac{1}{H_{1B}} \cdot \frac{3}{2} \cdot \left( \frac{S_2^2 \cdot q_f^2}{g \cdot \beta \cdot l_m^2} \right)^{1/3} \quad (7.3.2)$$

Det er først valgt å se på endringer i tykkelsen på brakkvannslaget ved fjordmunningen og midlere saltholdighet for hele Fannefjorden. Bredden på fjordmunningen inn til Fannefjorden er da definert som summen av åpningene mellom Molde og Hjerteøya, mellom Hjerteøya og Sæterøya og Bolsøya og mellom Bolsøya og Teinskaget. Totalt er denne bredden ca 4900m. Fyllingsalternativ C vil redusere denne bredden til ca 4300m, se figur 3.1 og tabell 7.2.1.

Det er også valgt å se på endringer i brakkvannslagets tykkelse og midlere saltholdighet i den delen av Fannefjorden som ligger øst for et tverrsnitt over fjorden på det smaleste partiet mellom Bolsøya og Arøy. Bredden på denne fjordmunningen vil da være ca 2300m.

I følge Liseth et.al. (1973) er maksimal, midlere og minimal årlig midlere ferskvannstilførsel til hele Fannefjorden henholdsvis ca  $24\text{m}^3/\text{s}$ ,  $17\text{m}^3/\text{s}$  og  $1.4\text{m}^3/\text{s}$ . Tilsvarende tilrenning til Fannefjorden innenfor Bolsøya er ca 75% av den totale tilrenningen til Fannefjorden.

Til beregningen av tykkelsen på brakkvannslaget ved fjordmunningen og midlere saltholdighet i overflatelaget, er det valgt en midlere tilrenning på  $20\text{m}^3/\text{s}$  sommerstid og  $5\text{m}^3/\text{s}$  om vinteren til hele Fannefjorden. Tilsvarende tall for fjorden innenfor Bolsøya er valgt til  $15\text{m}^3/\text{s}$  og  $5\text{m}^3/\text{s}$ . Det er antatt at saltholdigheten i nedre lag er  $32^0/00$  i begge fjordsystemene.

Den midlere blandingsvinden som inngår i likning 7.3.1 er valgt lik 3 og 5m/s. Vinden er antatt jevnt fordelt over hele fjorden. Tabell 7.2 viser resultatene av beregningene av brakkvannstykkelser,  $H_{1B}$  og midlere saltholdighet  $S_1$  i overflatelaget.

Tabell 7.2 Overslagsberegninger av  $H_{1B}$  og  $S_1$  for hele Fannefjorden og for fjordsystemet innenfor Bolsøya.

FERSKVANNS- TILRENNING	VIND	BREDDE FJORDMUNNING	BRAKKVANNS- TYKKELSE	MIDLERE SALTHOLDIGHET
(M <sup>3</sup> /S)	(M/S)	(M)	(M)	(S <sup>0</sup> /oo)
20	3	4900	0.74	29.3
20	3	4300	0.75	29.2
20	5	4900	3.22	31.1
20	5	4300	3.23	30.7
5	5	4900	2.76	31.7
5	5	4300	2.76	31.7
15	3	2300	0.65	28.1
15	3	1700	0.66	27.3
15	5	2300	2.67	31.1
15	5	1700	2.69	30.8
5	3	2300	1.72	30.8
5	3	1700	1.73	30.5
5	5	2300	7.82	31.98
5	5	1700	7.83	31.98

Det følger av tabell 7.2 at økningen i brakkvannstykkelsen som følge av brufyllingsalternativ C i Bolsøysundet, blir helt uvesentlig. Reduksjonen i midlere saltholdighet i de to fjordsystemene, vil også for de fleste vind og ferskvannstilrenninger bli svært små. Størst reduksjonen ble beregnet for tilrenning på 15m<sup>3</sup>/s og blandingsvind på 3m/s i det indre fjorsystemet, henholdsvis fra 28.1-27.3<sup>0</sup>/oo.

Det dannes i dag is innerst i Fannefjorden. I følge personlig kommunikasjon med Molde kommune, legger isen seg ofte ut til mellom Kortgarden og Nes. En reduksjon av saltholdigheten innerst i fjorden, vil kunne føre til økt fare for islegging innerst i fjorden. Spesielt vil kuldeperioder med nesten vindstille vær, bli ugunstig. Det følger av likning 7.3.1 at tykkelsen på brakkevannslaget avtar med avtagende vind. Reduksjonen i midlere saltholdighet i brakkevannslaget vil i følge likning 7.3.2, øke med avtagende vind. Dette medfører at overflatelaget som følge av brufyllingene, vil fryse ved noe høyere temperatur enn det som er tilfelle i dag.

I følge Stigebrandt (1975) kan ferskvannets oppholdstid i en fjord som funksjon av tilrenningen, under visse forutsetninger bestemmes fra følgende uttrykk:

$$T = 3/2 * A * (g * \beta * S_2 * (B^2))^{1.3} * Q^{-1.3} \quad (7.3.3)$$

I tabell 7.3 er angitt beregnede verdier av oppholdstiden T, for ferskvannet i det indre fjordsystemet, for ulike tilrenninger og med og uten brufylling i Bolsøysundet.

Tabell 7.3 Beregnet oppholdstid T for ferskvannet i Fannefjorden som funksjon av tilrenningen til fjorden, med og uten brufyllinger i Bolsøysund.

FERSKVANNS- TILRENNING	AREAL FJORDOVERFL	BREDDE FJORDMUNNING	OPPHOLDSTID FERSKVANN
( M <sup>3</sup> /S )	( KM <sup>2</sup> )	( M )	( TIMER )
15	16	2300	24.6
15	16	1700	30.1
5	16	2300	35.4
5	16	1700	43.3

Det følger av tabell 7.3 at den beregnede økningen i oppholdstiden T til ferskvannet fjordsystemet innenfor Bolsøya, er henholdsvis ca 9 og 22%. Denne økningen i oppholdstiden som følge av bru-brufyllingen i Bolsøysund, vil dermed medføre at overflatevannet kan avkjøles over lengre tid og dermed øke faren for islegging i fjorden.

#### 7.4 Marinbiologiske endringer i Fannefjorden som følge av brufyllinger i Bolsøysund

I følge Magnusson og Næs (1986) vil en økning i oppholdstiden i overflatelaget, kunne medføre en økt algeproduksjon i dette laget, dersom produksjonsforholdene er bedre inne i fjorden enn utenfor. Det synes imidlertid rimelig å anta at denne økningen, på grunn av de relativt gode utskiftningsforholdene i Fannefjorden, ikke vil bli stor. Undersøkelser som er utført av bløtbunnsfaunaen i Fannefjorden, (Nilsen, Rygg og Bang 1986) synes også å vise at bunnfaunaen kan akseptere en noe økt sedimentering av organisk materiale.

I de undersøkte områdene i Molde-/Fannefjorden var det ingen påvisbare forurensningsvirkninger på bløtbunnsfaunaen. En viss gradient mot høyere artsmangfold i ytre fjordområde ble observert, men tilstanden i indre fjord var fullt ut normal, sammenliknet med lite påvirkede fjorder ellers.

Hydrofysiske beregninger viste at den foreslåtte utfylling i Bolsøysund neppe vil begrense dypvannsfornyelsene eller hyppigheten av dem. Oksygenforholdene vil derfor ikke bli dårligere i dypvannet dersom ikke tilførselen av organisk materiale fra overflatelaget og dermed oksygenforbruket i dypvannet øker.

## REFERANSER

Aanderaa, I., 1981: Technical description No. 119.

Dahl, O., 1969: The capability of the Aanderaa recording and telemetering instrument. Progress in Oceanography, Vol 5, Pergmon Press.

Gjerp, S.A., Eidenes, G. og Berge, F.S. 1982. Flytebru over Salhusfjorden. Vurdering av flytebruas innvirkning på det marinfysiske miljøet i fjordene innenfor brua. NHL-rapport STF60 A82083.

Magnusson, J. og Næs, K., 1986. Basisundersøkelser i Drammensfjorden 1982-1984. Delrapport 6: Hydrografi, vannkvalitet og vannutskiftning. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 243/86. SFT/NIVA, 77 s.

McClimans, T.A., 1981: On the Hydrography, Dynamics and Energetics offjords. Doktoravhandling. Univ. i Trondheim.

Nilsen, J., Rygg, B. og Bang, K. 1987: Resipientundersøkelser av Fannefjorden. Under utarbeidelse.

Stigebrandt, A. 1975: Stationær tvålagerstrømning i estuarier. VHL-rapport, STF60 A75120.

## VEDLEGG 1. INSTRUMENTER

Observasjonene av strømhastighet ble utført med Aanderaa Recording strømmålere Model 4 (RCM-4), (Aanderaa, 1964; Dahl, 1969; Aanderaa, 1981). Instrumentet, (RCM-4), måler fart med en Savonius rotor og retning med en magnetisk kompass. Ti-minutts middelerverdier av fart og momentan verdier av retningen på den horisontale strømhastighet ble målt samtidig. Temperaturen ble målt med termistor. Med en tidsrespons på 2 minutter er dataene ikke påvirket av korte periodiske fluktuasjoner. Salinitet ble målt med en induktiv konduktivitets celle som måler vannets elektriske ledningsevne. Ledningsevneverdiene blir konverterte til saltholdighet under databehandlingen. Verdier av strømfart og retning, temperatur, og ledningsevne registreres hvert tiende minutt internt på magnetbånd av RCM-4.

En skisse av strømkors er vist i figur 5.2. Korsene består av to vertikalstilte aluminiumsplater. I Bolsøysundet ble strømkorsene plassert ut i 2 og 12m dyp. Fra platene og opp til en liten overflatebøye går et tynt tau med lite strømfang. Korsene driver med vannmassene i de aktuelle måledyp. Korsenes bevegelse kan følges ved å iaktta overflatebøyens driftbaner. Ved å tegne inn driftbanene samt notere tidspunktene for korsenes ulike posisjoner, kan strømfart og retning bestemmes.

En skisse av en elektronisk temperatur- og saltholdighetsmåler er vist i figur 5.3. Fra sonden går en kabel opp til en elektronikk enhet hvor temperatur og saltholdighet kan leses av direkte.

I tabell V.1 er noen tekniske spesifikasjoner for de ulike instrumentene angitt.



Tabell V.1 Noen tekniske spesifikasjoner for de ulike måleinstrumentene anvendt i Bolsøysund.

Specification for the Aanderaa RCM-4 current meter as given by the manufacturer.

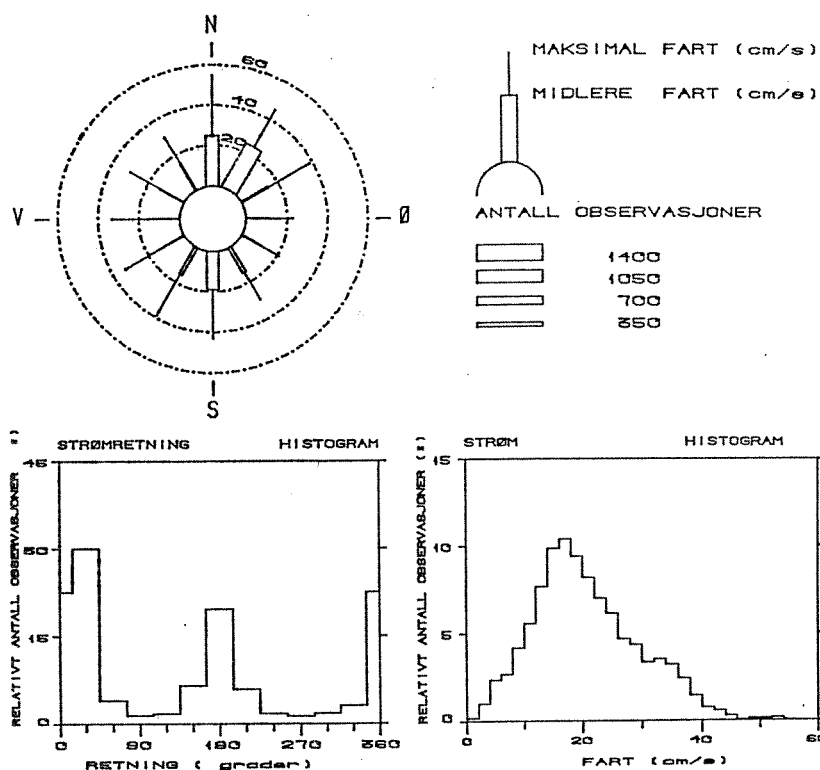
PARAMETER	THRESHOLD	RANGE	ACCURACY	RESOLUTION
Speed ( $\text{cms}^{-1}$ )	2.0	2.5-250.0	$\pm 1$ , or $\pm 2\%$ , whichever is greatest	Variable
Direction ( $^{\circ}$ )		0-360	$\pm 7.5$ for speeds 2.5-5 cm and 100-200 $\text{cms}^{-1}$ , $\pm 5$ for 5-100 $\text{cms}^{-1}$ .	0.35
Temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )		-2.46-21.48, 10.08-36.04 -0.34-32.17	$\pm 0.15$	0.1 % of range
Conductivity ( $\text{mmho cm}^{-1}$ )		0-70, 22, 64		0.1 %
Pressure (psi)		0-100, 0-200 0-500, 0-1000 0-3000	$\pm 1\%$ of range	0.1 % of range
Time (s)		Sampling intervals: 0.5, better than 1, 2, 5, 10, 20, 30, 60 and 180 minutes	$\pm 2$ sec/day	

Nøyaktigheten til den elektroniske temperatur og saltholdighetsmåleren var ca.  $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$  og  $\pm 0.1$  ‰.

## VEDLEGG 2. BEHANDLING AV AANDERAA STRØMDATA

Resultatene fra hver strømmåler er presentert som periodisk statistikk, tidsserier og progressive vektordiagram, sammen med tabeller for harmonisk analyse av tidevannsstrømmer, strømretningsfordeling og retningsfordeling av reststrøm.

### Periodisk statistikk



Strømrosen indikerer middel- og maksimum strømfart og antallet observasjoner i hver  $30^{\circ}$  sektor. Antall observasjoner er proporsjonal mot tykkelsen på pilene.

Histogrammene viser prosentvis fordeling av fart og retning. Retningene er gruppert i bånd på  $30^{\circ}$ , mens bredden på fartsintervallene avhenger av maksimum fart.

## PERIODETABELL

ANTALL OBSERVASJONER	1884
SAMPLINGSINTERVALL (S)	600
MIDLINGSINTERVALL (S)	600
INSTR. TYPE AANDERAA RCM4	
MAKSIMAL HASTIGHET	
FART : 55 cm/s	RETNING : 559°
MIDLERE HASTIGHET	
FART : 8.2 cm/s	RETNING : 27°
MIDLERE FART :	
20.6 cm/s	
MAKSIMALE HASTIGHETSKOMPONENTER (cm/s)	
N: 55	Ø: 28
S: 45	V: 55
STRØM STABILITET	
40 (%)	

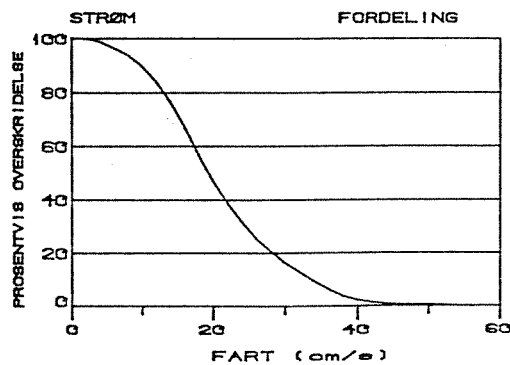
Periode-tabellen viser statistisk informasjon om dataene.

Stabiliteten er definert som

hvor  $N$  = antall observasjoner  
 $T = i \cdot \Delta T$  ( $\Delta T$  = innsamlingsintervall)

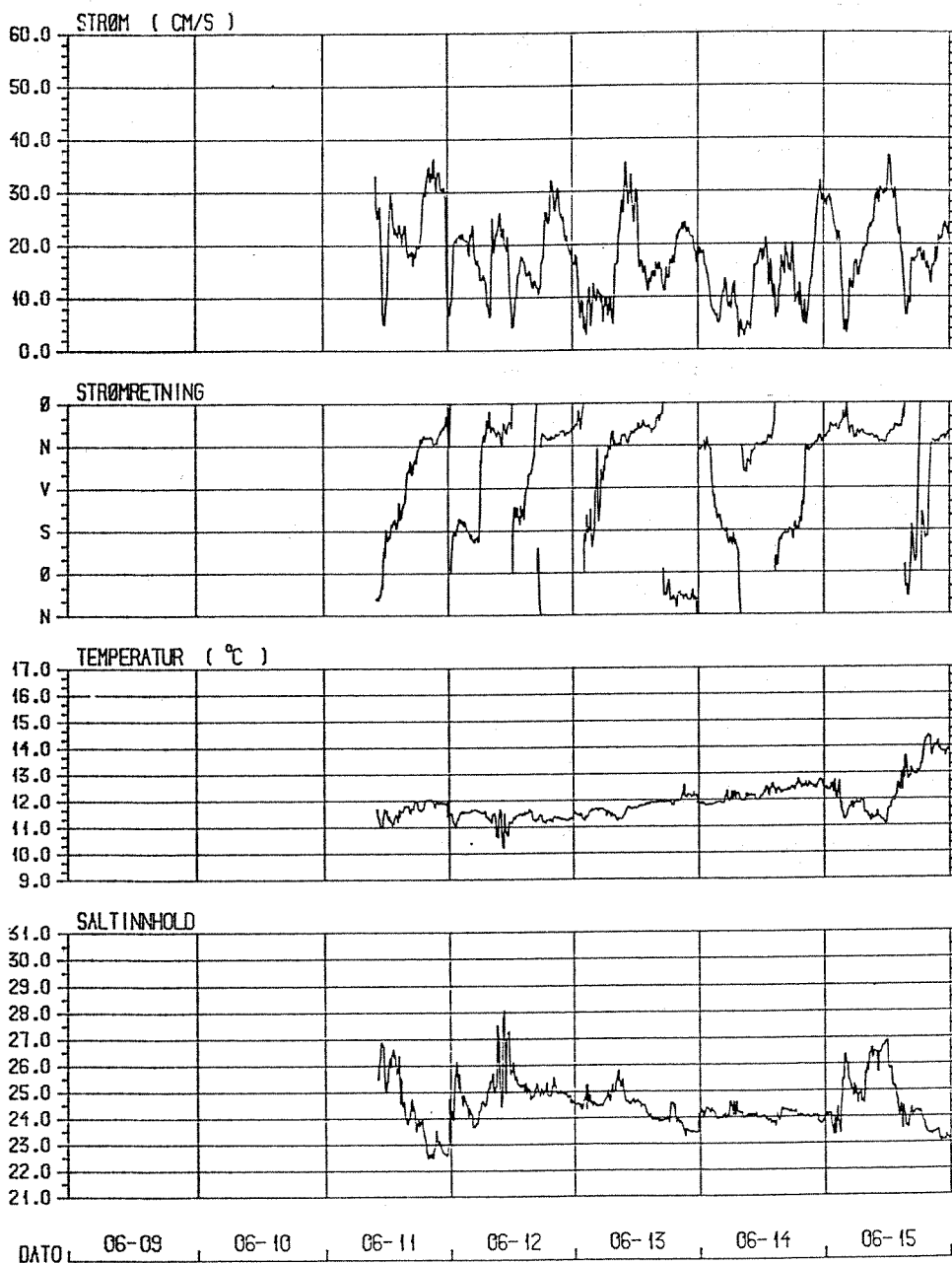
og

$V$  = målt hastighet

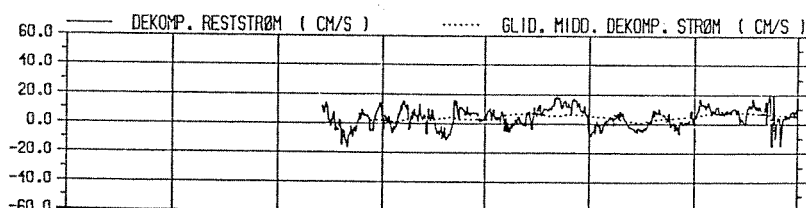
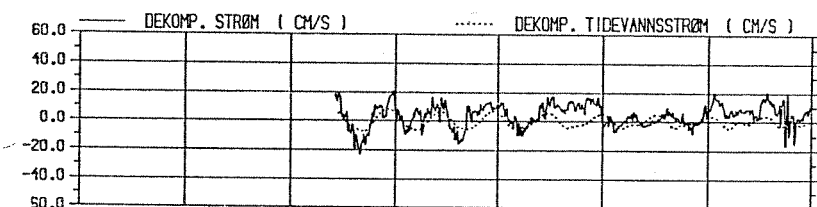
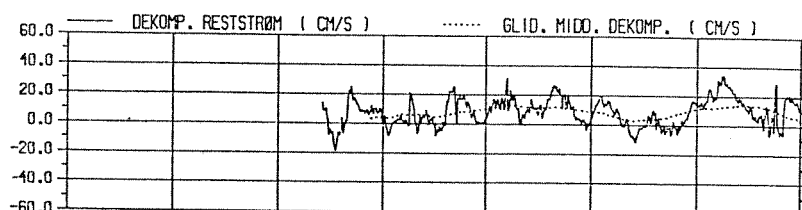
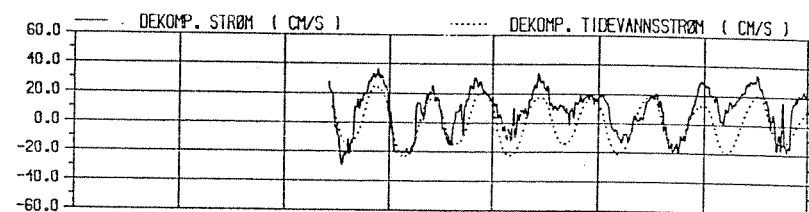


Prosent overskridelses diagrammet viser fordelingen av strømfarten.

Den målte tidsserie er fremstilt grafisk. Data fra en uke er vist på hvert plott. Data fra hver sensor er plottet separat.



STRØMHASTIGHET, RETNING, TEMPERATUR OG SALT				INSTRUMENT	
STED	STASJON	VANNDYP	INSTRUMENT DYP	AANDERAA RCM4	
BOLSØYSUND	02	15 m	2 m	OBSERVASJONSPERIODE	
NHL NORSK HYDROTEKNISK LABORATORIUM			PROSJEKT	1986-06-11--07-15 GHT	
				FIGUR	



DATA 06-09 06-10 06-11 06-12 06-13 06-14 06-15

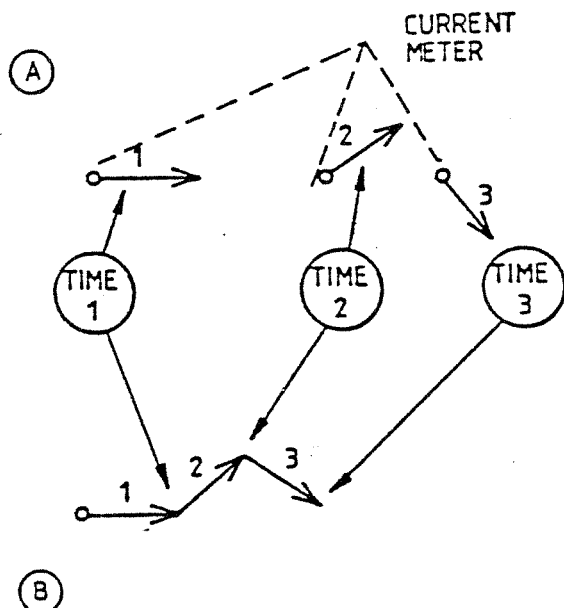
				INSTRUMENT	
STED	STASJON	VAKRDYP	INSTRUMENT DYP	AANDERAA RCM4	
BOLSØYSUND	02	15 m	2 m	OBSERVASJONSPERIODE	GMT
NHL NORSK HYDROTEKNISK LABORATORIUM			PROSJEKT	FIGUR	

Lib-code: 1923

Metacard-label nummer: R/11-025

De målte tidsserier er også dekomponert i nord-syd og øst-vest retning. Tilsvarende tidevannsstrømmer som er funnet ved harmonisk analyse av den observerte strøm er merket på samme figur. Den dekomponerte reststrøm er også vist. Denne reststrøm er definert som det som gjenstår etter subtraksjon av tidevannsstrømmen. 25-timers glidende middel av den dekomponerte totalstrøm er vist prikket linje sammen med den dekomponerte reststrømmen.

### Progressivt vektordiagram



Resultatene av strømmålinger over en bestemt tid, som midlere strømfart og midlere retning, kan presenteres som en vektor.

I figuren (del A) er vist tre forskjellige strømvektorer ved tre forskjellige tidspunkter. Om man imidlertid plasserer begynnelsen av hver hastighetsvektor, multiplisert med tiden (forflytning) ved enden av den foregående (som vist i del B), får man et progressivt vektordiagram. Om det samme

gjøres med hastigheten for en individuell partikkel, vil fremstillingen vise partikkelens virkelige vei. Men siden hastighetene er målt på et bestemt punkt i rommet, viser ikke diagrammene vannpartikkelens bevegelse, og bør derfor tolkes med forsiktighet.

### Harmonisk analyse

For å analysere tidevannsstrømmen har data undergått harmonisk analyse. Analysen tilpasser et bestemt antall harmoniske svingninger med kjente perioder, f.eks. tidevannskomponenter til observerte svingninger i strømmen. Slik kan amplitude og fase estimeres. I denne analysen er det benyttet heldaglige, halvdaglige og kortperiodiske komponenter til å bestemme tidevannstrømmen.

### Strømhastighet og retningsfordeling for målt strøm, beregnet reststrøm og tidevannsstrøm.

Strømfart og retningsfordeling på målt strøm, reststrøm og tidevannsstrøm er beregnet. Her er reststrøm definert som differensen mellom totalstrøm og tidevannsstrøm.

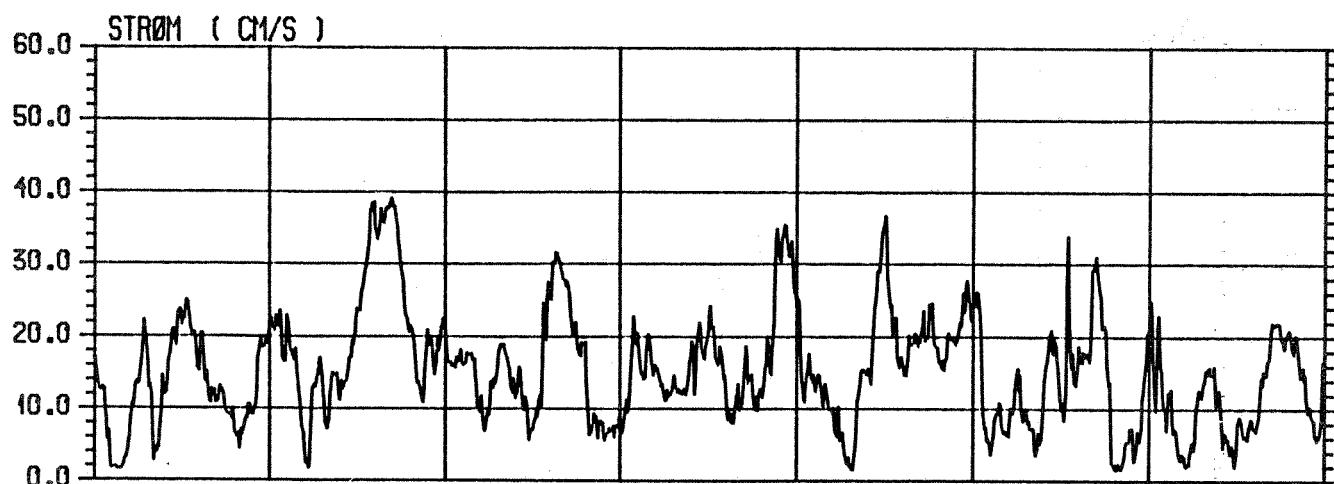
I tabellene er de forskjellige strømhastigheter presentert i intervaller på 2 cm/s og retningsintervaller på  $30^{\circ}$  ved verdier på  $0^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ , ....  $330^{\circ}$ .

**VEDLEGG 3. STRØMFART I 2M MÅLT FRA RIGG I DRIFT**

Figur V3.1--6 viser strømfart målt i 2m dyp fra rigg satt ut på St1, 1986-06-11. Strømfarten viser tydelige tidevannsvariasjoner. Farten var av samme størrelse som de samtidige målingene i 2m dyp på St 2. Dette tyder på at riggens egenbevegelse har vært relativt liten i forhold til strømfarten i sundet. Det er imidlertid valgt ikke å legge vekt på disse dataene i tolkningen av strømforholdene i sundet.

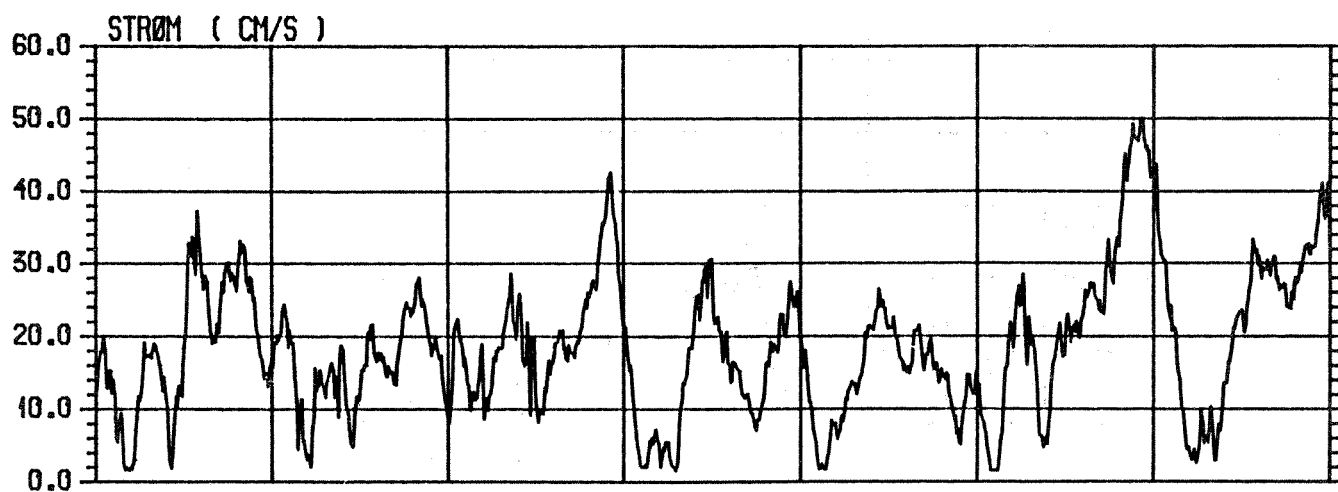






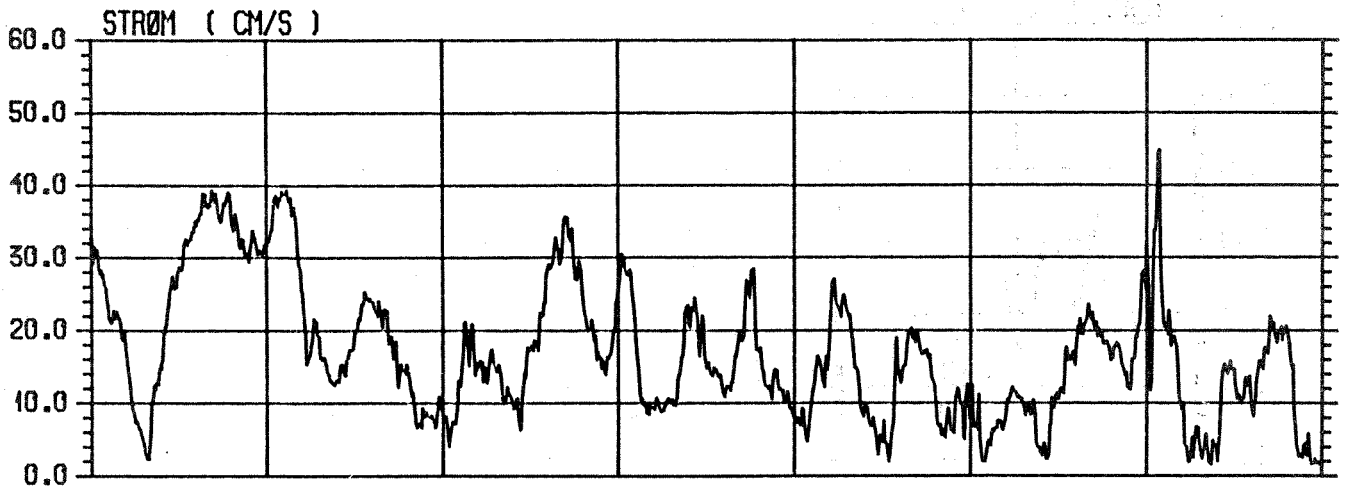
DATE 06-16 06-17 06-18 06-19 06-20 06-21 06-22

STRØMRETNING				INSTRUMENT AANDERAA RCM4	
STED BOLSØYSUND	STASJON 01	VANDYD 28 m	INSTRUMENT DYP 2 m	OBSERVASJONSPERIODE 1986-06-11--07-15	GNT
NHL NORSK HYDROTEKNISK LABORATORIUM			PROSJEKT	FIGUR V3.2.	



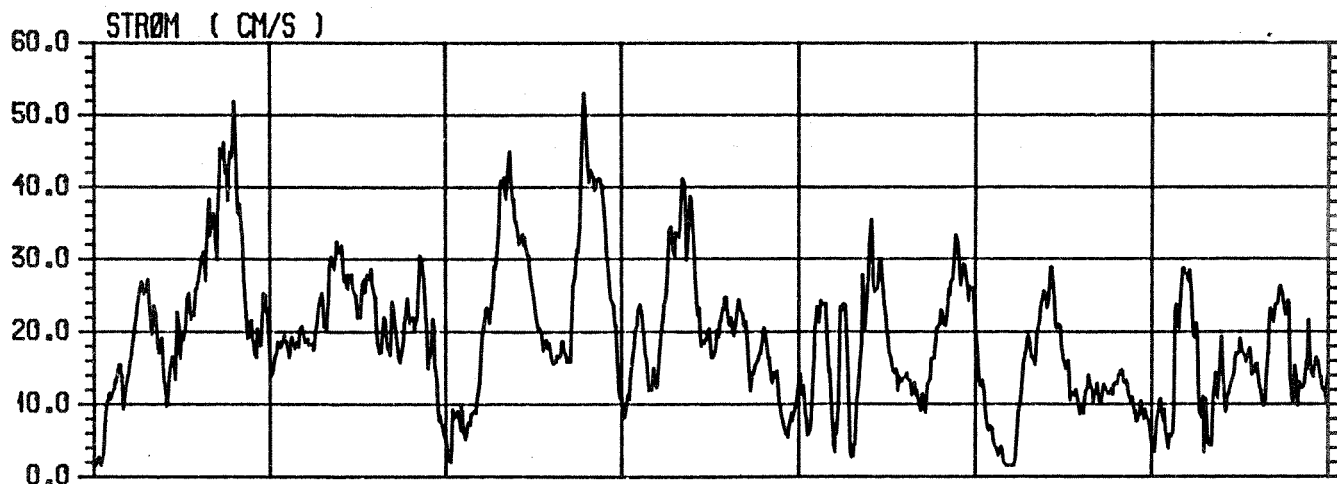
DATO 06-23 06-24 06-25 06-26 06-27 06-28 06-29

STRØMRETNING				INSTRUMENT	
				AANDERAA RCM4	
STED	STASJON	VANDYD	INSTRUMENT DYP	OBSERVASJONSPERIODE	
BOLSØYSUND	01	28 m	2 m	1986-06-11--07-15	
NHL NORSK HYDROTEKNISK LABORATORIUM			PROSJEKT	FIGUR	
				V3.3.	



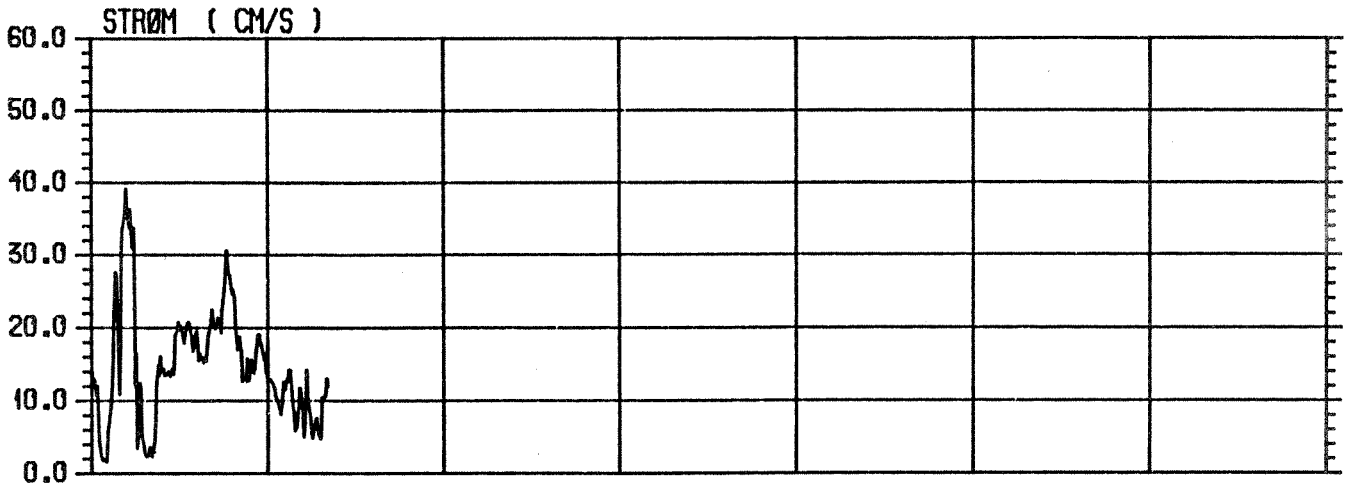
DATO 06-30 07-01 07-02 07-03 07-04 07-05 07-06

STRØMRETNING				INSTRUMENT AANDERAA RCM4	
STED BOLSØYSUND	STASJON 01	VANNDYP 28 m	INSTRUMENT DYP 2 m	OBSERVASJONSPERIODE 1986-06-11--07-15 GHT	
NHL NORSK HYDROTEKNISK LABORATORIUM			PROSJEKT	FIGUR V3.4.	



DATO 07-07 07-08 07-09 07-10 07-11 07-12 07-13

STRØMRETNING				INSTRUMENT AANDERAA RCM4	
STED BOLSØYSUND	STASJON 01	VANNDYP 28 m	INSTRUMENT DYP 2 m	OBSERVASJONSPERIODE 1986-06-11--07-15	GHT
NHL NORSK HYDROTEKNISK LABORATORIUM			PROSJEKT	FIGUR V3.5.	



DATO 07-14 | 07-15 | 07-16 | 07-17 | 07-18 | 07-19 | 07-20

STRØMRETNING				INSTRUMENT AANDERAA RCM4	
STED BOLSØYSUND	STASJON 01	VANNDYP 28 m	INSTRUMENT DYP 2 m	OBSERVASJONSPERIODE 1986-06-11--07-15	GHT
<b>NHL</b> NORSK HYDROTEKNISK LABORATORIUM			PROSJEKT	FIGUR V3.6.	