

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING  
BLINDERN/BREKKE

0-84/75

STRØMUNDERSØKELSE VED UTNES,  
ARENDALSOMRÅDET

Blindern, 9. august 1976 IMA/EDA

Saksbehandler: Jan Magnusson

Medarbeidere: Birger Bjerkeng  
Frank Kjellberg  
Norman Green

Instituttetsjef: Kjell Baalsrud

## F O R O R D

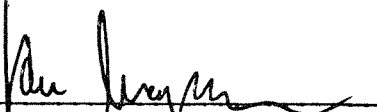
Foreliggende rapport er utarbeidet av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) etter forespørsel fra Arendalsregionens Interkommunale Avløpsanlegg (AIA).

Utslippsberegninger og diffusorutforming i kap. 5 er gjort av siv.ing. Birger Bjerkeng. Forskningsassistentene Norman Green og Frank Kjellberg har deltatt i feltarbeide og primær data-bearbeidelse.

En spesiell takk til avdelingsingeniørene Erik Andreassen og Aage Krüger ved Utbyggingsavdelingen i Aust-Agder samt Bjørn Hanaas ved AIA, som har hatt ansvar for og gjennomført det hydrografiske feltarbeidet.

Datamaterialet fra undersøkelsen oppbevares dels ved NIVA og dels ved Utbyggingsavdelingen i Arendal.

Blindern, 9. august 1976



Jan Magnusson  
fil. kand.

1.	INNLEDNING	5
	SAMMENDRAG	6-9
2.	OMRÅDETS TOPOGRAFI OG GENERELLE HYDROGRAFI	10
2.1	Topografi	10
2.2	Hydrografi	13
2.3	Vindforhold	16
3.	MATERIALE OG METODIKK	19
3.1	Hydrografi	19
3.2	Strømmålinger	19
4.	RESULTATER FRA UNDERSØKELSEN 1975	22
4.1	Hydrografi	22
4.2	Nidelvens hydrografi	28
4.3	Elvevannets spredning utenfor Utnes	29
4.4	Resultat av strømmålingene	34
4.4.1	Statistiske resultater	34
4.4.2	Diskusjon	41
4.4.3	Sammenheng mellom vind, strøm og hydrografi	45- 67
5.	UTSLIPP AV AVLØPSVANN	68
5.1	Generelt	68
5.2	Dimensjonerende avløpsmengder	69
5.3	Overflateutslipp	71
5.4	Dyputslipp - primærfortynning og innlagring	73
5.4.1	Beregningsmetodikk	73
5.4.2	Utløpsdata	73
5.4.3	Tetthetsprofiler	75
5.4.4	Presentasjon av resultatene	76-82
6.	SEKUNDÆR-SPREDNING AV KLOAKKVANN FRA DYPUTSLIPP	83
6.1	Dyputslipp innenfor Ærøy	83
6.2	Valg av utslippssted innenfor Ærøy	85
6.3	Dyputslipp utenfor Ærøy	86
6.4	Kriterier for valg av utslippssted samt anbefalinger	87
	Referanseliste	88
	Appendiks 1	89-91
	Appendiks 2	92

FIGURFORTEGNELSE

		Side
Figur 1	Sjøkart	11
2	Topografi innenfor Ærøy	12
3	Vannføring i Nidelven	14
4	Kyststrømmen	15
5	Vindroser fra Torungen fyr månedsmidler for perioden 1957 - 74	17
6	Vindroser fra Troungen fyr juni - november 1975	18
7	Salinitetsvariasjoner juni-november 1975 (Stasjon S 1)	23
8	Salinitetsvariasjoner juni-november 1975 (Stasjon N 2)	23
9	Salinitetsvariasjoner juni-november 1975 Ærøydypet (Stasjon U 4)	24
10	Døgnmiddel av vinden ved Torungen fyr og saltholdighetsvariasjoner en gang pr. døgn ved Flødevigen på 19 m dyp.	25
11	Vindindusert strømsystem ved forskjellige vindsituasjoner	26
12	Strøm og saltinnhold ved stasjon E 1 den 3.9.75	27
13	Salinitetsvariasjoner ved stasjon N6 (5 m dyp) og N4 (5 m dyp) samt vannføringen i Nidelv ved Lunde Mølle.	31
14	Strømkorsbaner den 29.9.75 kl 1440 - 1630	32
15	Strømkorsbaner den 29.9.75 kl 1640 - 1800	33
16	Frekvensspektra av strømmen på 15 m dyp (Rødskjær) 18.8 - 29.9.1975	35
17	Strømmålinger utenfor Hisøy 18.8 - 29.9.1975	39
18	Strømmålinger utenfor Hisøy 29.9 - 12.11.1975	40
19 a	Strømmålinger på forskjellige stasjoner og dyp ved Hisøy	42
19 b	do.	43
19 c	do.	44
20 a	Dekomponert strøm samt temperatur og salinitet ved Stasjon A (20 m dyp) 18.8 - 28.9.1975	46

		Side:	
Figur	20 b	Dekomponert strøm samt temperatur og salinitet ved Stasjon A (15 m dyp) 29.9 - 12.11.1975	52-58
	21	Overflatefortynning	72
	22	Spredning av kloakkvann fra dyputslipp	83
	23	Siktedyp utenfor Hisøy, høsten 1975	93

TABELLFORTEGNELSE

		Side:	
Tabell	1	Observasjonsfrekvens høsten 1975	20
	2	Volumet av vannmassene utenfor Hisøy	10
	3	Overflatesalinitet	30
	4	Strømmens midlere hastighet og stabilitet	36
	5	Reststrøm	37
	6	Vind og strøm ved Stasjon A 20.8 - 29.9.1975	59
	7	Vind og strøm ved Stasjon A 30.9 - 9.11.1975	60
	8	Middelstrømretningen ved økende salinitet	62
	9	Middelstrømretningen ved avtagende salinitet	64
	10	Salinitetsvariasjoner ved forskjellige vinder 19.8 - 29.9	65
	11	Salinitetsvariasjoner ved forskjellige vinder 30.9 - 9.11.	65
	12	Sammenheng mellom den sydvestlige vindens variasjon og saltvariasjonen	66
	13	Prognoser for vannføring ( $m^3/s$ ) til renseanlegg og i utløpsledning	70
	14	Vannføring pr. hull ( $m^3/s$ ) ved forskjellige hastigheter og diametre av utløpsstråle	74
	15	Tetthetsprofiler	75
	16	Innlagring og fortykning. Minste og største verdier for hvert sett av utløpsdata	77
	17	Innlagring og fortykning. Vanlig variasjonsområde for hvert sett av utløpsdata	78
	18	Prosent av beregnede profiler som gir mulighet for en viss opptrengning til overflaten ved ulike utslippsdyp og diametre	79
	19	Kloakkvannets egenspredning	84
	20	Vannføringen ved Stasjon N6 og El i prosent av vannføringen ved Lunde Mølle	71

## 1. INNLEDNING

Arendalsregionens Interkommunale Avløpsanlegg (AIA) planlegger et nytt renseanlegg ved Utnes på Hisøy. Kloakkvannet vil passere skivefilter før utslipp i havet. Utslippsmengden til kystområdet vil bli omtrent 90 l/s 1978, for å økes til gjennomsnittlig 200 - 230 l/s 1995, resp. år 2010 (pers. meddelelse fra Østlandskonsult A/S).

For å velge best mulig utslippssted og arrangement utenfor Hisøy, har AIA initiert en større respipientundersøkelse i Arendalsområdet, hvor først og fremst Statens Biologiske Stasjon i Flødevigen har ansvaret for kjemiske og biologiske undersøkelser, og hvor NIVA i løpet av sommeren-høsten 1975 utførte en hydrofysisk studie av området utenfor Hisøy.

Denne rapport inneholder dels en generell gjennomgåelse av innsamlede data, dels en vurdering av gunstige utslippssteder og arrangementer i området, sett fra rent fysiske kriterier. Med fysiske kriterier menes kloakkvannets primærfortynning og oppholdstid i selve utslippsområdet. Det har ikke inngått i NIVAs oppgave å bedømme effekten av kloakkvannet på området.

## S A M M E N D R A G

For å kunne anbefale gunstig utslippssted og arrangement for husholdningskloakk til kysten utenfor Hisøy, har det blitt utført observasjoner av saltinnhold (salinitet) og temperatur på 12 stasjoner i tiden juli - oktober 1975, samt utplassering av selvregistrerende strømmålere (5 stk) på 3 stasjoner i tiden august - november 1975. Det er dessuten målt siktedyp og foretatt utslipp av driv-legemer. Det har også vært foretatt opplodninger av området innenfor Ærøy.

- 1) Området mellom Hisøy og Ærøy har et største dyp på 35 meter og et "midlere" dyp på 25 meter. Sadeldypene mot Sømskilen i sydvest er omtrent 15 meter, og til området mellom Hafsøy og Ærøy i nordøst omtrent 10 meter. Sadeldypet mot Ærøy-dypet er ca. 15 meter.
- 2) Ferskvannstilførsel lokalt skjer hovedsakelig fra Nidelven, som har en "midlere" lav-vannføring på 40 - 60 m<sup>3</sup>/s under sommerperioden, og vannføring i flomperioder på over 240 m<sup>3</sup>/s. Elvens flomperioder er om våren (april-mai) samt en mindre om høsten (oktober-november).
- 3) Omtrent 50% av Nidelvens vann tilføres området utenfor Utnes via Odderklevstrømmen. Elvevannets videre spredning varierer med vindforholdene, men hovedsakelig strømmer det mot Sømskilen, delvis også ut forbi Skjellbergsholmene. Ved en vannføring på omtrent 50 m<sup>3</sup>/s i Odderklevsstrømmen og svake sydøstlige vinder, ble et driv-legeme ført fra Rødskjær forbi Skjellbergsholmene i løpet av to timer.
- 4) De hydrografiske observasjonene har vist at oppholdstiden for vannmassene innenfor Ærøy varierer fra en uke til 14 døgn. Det var ingen nevneverdige forskjeller mellom de forskjellige bassengene innenfor Ærøy, og det er lite sannsynlig at det forekommer områder med stagnante vannmasser.



- 5) Utenfor de ytre øyer går den norske kyststrømmen som transporterer relativt lavsalint vann mot sydvest. Det må være den kombinerte effekten av varierende vindforhold og kyststrømmen som resulterer i den relativt hyppige vannutskiftningen i området innenfor Ærøy.

Resultatene fra strøm- og sjiktningsmålinger har vist at det ved sydvestlige vinder skjer en utskiftning i området innenfor Ærøy med vann av høyere salinitet fra de dypere deler av Ærøy-dypet, og at det ved nordøstlige-sydøstlige vinder skjer en utskiftning med vann av lavere salinitet. Lokalt kan nordlige vinder også medføre en uttransport av overflatevann og en inntransport av vann i de dypere vannlag. De dominerende vindretninger er likevel kystparallelle.

- 6) Kystparallelle vinder vil generelt kunne føre til at dypere vann tvinges opp mot overflaten (upwelling), hvis kysten ligger til venstre for vinden på den nordlige halvkule (d.v.s. sydvestlige vinder ved Arendal). I det netto-transporten i de vindpåvirkede vannlag vil være fra kysten (Ekmantransport), vil kompensasjonsstrømmer i dypere lag oppstå. Det er antakelig denne effekt som i høy grad styrer utskiftninger av vann innenfor Ærøy. Det skisserte strømmesystemet vil reverseres hvis vinden istedet kommer fra nordøst.
- 7) Vindene ved Arendal er stort sett kystparallelle med overveiende sydvestlige om sommeren og nordøstlige om vinteren. Vindforholdene under måleperioden høsten 1975 avvek ikke fra det generelle forholdet på en slik måte at de målte forholdene skulle avvike fra "normal-tilstanden".
- 8) Strømmålingene har ikke kunnet avsløre noe generelt strømmesystem under 10 meters dyp. Derimot har et system av kompensasjonsstrømmer til Odderklevstrømmen blitt registrert ned til 5 meters dyp ved Rødskjær og ned til 10 meters dyp ved Skjellbergsholmene. Utenfor Hisøy (ved Stasjon A) har strømmene ned til 10 meters dyp i stor utstrekning vært kystparallelle

- 9) Avløpsvannet vil spres i resipienten i to faser. Like etter utslippet skjer blandingen ved hjelp av bevegelses-energien i strålen (primærfortynning). Denne fasen ender normalt med at det fortynnede avløpsvannet legger seg i et lag på det dyp hvor det hører hjemme ifølge sin letthet. Videre spredning skjer ved gravitasjonsspredning og naturlige spredningsprosesser i resipienter (sekundærfortynning).

Overflateutslipp, - d.v.s. utslipp i brakkvannsstrøm eller kompensasjonsstrøm. Primærfortynningen vil da bare ha betydning nær utslippet.

Dyputslipp, - Primærfortynning og innlagringsdyp vil variere med diameter, hastighet og utslippsdyp for vannstrålene. Utslippet vil sette opp en strøm inn mot utslippet mellom utslippsdyp- og innlagringsdyp, og en strøm vekk fra utslippet rundt innlagringsdyp og vil kunne modifisere den hydrografiske situasjonen. Primærfortynningen og innlagringsdyp kan ha betydning for forholdene i hele området.

- 10) Fortynnings- og innlagringsforhold ved dyputslipp er beregnet for horisontalt rettede avløpsstråler, med utløpshastighet 2, 4 og 8 m/s, og strålediameter 5, 10 og 20 cm. Utslippsdyp er variert med 10, 20 og 30 meter.

Beregningene er utført for 24 tetthetsprofiler, de fleste i tidsrommet 10/6 - 21/10 1975. Innlagringsdyp og fortynning varierer sterkt med hydrografien, mest kortperiodisk (1 uke), men også i lengre perioder (1 - 2 måneder).

Innlagringsdyp bestemmes hovedsakelig av utslippsdyp, men varierer en del med strålediameter. Direkte gjennomslag til overflaten er lite sannsynlig, men kan forekomme for utslippsdyp 10 meter og store strålediameter. En viss innblanding i overflaten må man regne med for utslippsdyp 10 meter, og for 20 meter ved store strålediameter. Forholdsvis sikker innlagring under estuarinstrømmene kan oppnås ved utslippsdyp 20 meter og liten strålediameter ca. 5 cm. Mer fordelaktig vil det antagelig være å øke diameteren til rundt 10 cm, for å unngå driftsproblemer, og øke utslippsdypet til ca. 30 meter. En vil da få innlagring rundt

20 - 25 meter, med små sjanser for innblanding på dyp mindre enn 10 meter.

Fortynningen øker med avtagende strålediameter. Utløpshastigheten har generelt liten innvirkning på resultatene.

- 11) Ved dyputslipp innenfor Ærøy er gunstigste utslippssted et sted utenfor Utnes ved stasjon U 2, eller retning mot stasjon U 3. Med de utslippsmengder som er angitt for 1978 vil en i vannmassene under 15 meters dyp ha konsentrasjoner av avløpsvann opp mot det som primærfortynningen gir bare nærmest utslippsstedet. Som et gjennomsnitt for området vil konsentrasjonen av avløpsvann være lavere (2-8 ganger ytterligere fortynning). Overflatevannet vil inneholde de største konsentrasjoner av avløpsvann ved visse utskiftnings-situasjoner, men den kraftige turbulensen vil da innebære at avløpsvannet kommer til å være ytterligere fortynnet - anslagsvis godt over 100 - 150 ganger.

Ved utslippsmengder tilsvarende prognoser for 1995, vil utslippsmengden i forhold til vannutskiftningen under 15 meters dyp kunne bli kritisk. Da vil en kunne få konsentrasjoner opp mot det primærfortynningen gir over hele området rundt innlagringsdypet

- 12) Dyputslipp utenfor Ærøy vil medføre lavere konsentrasjoner av avløpsvannet i området innenfor Ærøy. Den ovenfor beskrevne utskiftningsmekanisme vil dog innebære at avløpsvann vil føres inn mot Hisøy.
- 13) Ut fra fysiske kriterier anbefales et dyputslipp innenfor Ærøy på 30 meters dyp for den utslippsmengde som vil gjelde for 1978. Gjennom kjemiske og biologiske studier vil en etter driftsstarten kunne danne seg et bilde av den effekt dette utslipp har på området. For å avgjøre om området tåler en belastning tilsvarende den som venter 1995, vil den ovennevnte oppfølging gi informasjon. Når utslippet kommer i drift, kan en også simulere fremtidige utslippsmengder ved å pumpe "merket" ferskvann ut i området og måle overkonsentrasjoner, som siden direkte kan brukes ved en bedømmelse av hvorvidt en bør velge utslipp utenfor Ærøy eller bedre rensning i 1995.

## 2. OMRÅDETS TOPOGRAFI OG GENERELLE HYDROGRAFI

### 2.1 Topografi

Området utenfor Hisøy har et største dyp på 35 meter, mens dypeste forbindelse med Ærøy-dypet er omtrent 15 meter. Sadeldypene mot Sømskilen i sørvest og dypområdet mellom Ærøy og Hafsøy er omtrent 15, respektive 10 meter. Sømskilens dypeste forbindelse med utenforliggende områder går via sundet mellom Gjervoldsøy og Skjellbergsholmene, mens området i nordøst har dypere forbindelser direkte mellom Hafsøy og Ærøy (se Fig. 1 og 2).

Området innenfor en linje mellom Ærøy og Skjellbergsholmene har et midlere dyp på over 25 meter med et lite grunnområde syd for Utnes, med dyp på 15 meter.

Øvrige detaljer i topografien fremgår av Fig. 2, som er resultat av opplodninger utført av Utbyggingsavdelingen og AIA i 1975.

Ut fra disse opplodninger er volumet på vannmassene beregnet for forskjellige dybdeintervaller (planimetrering). Det volumbestemte området er avsatt på Fig. 2. Da grunnlaget for beregningene er usikkert, må volumene i tabell 2 ikke oppfattes som eksakte tall.

Tabell 2. Volumet av vannmassene utenfor Hisøy			
Dypintervall (m)	Volum ( $\times 10^4 \text{ m}^3$ )		
	Område 1	Område 2	Område 1 + 2
5- 10	690	230	920
10 - 15	540	180	720
15 - 20	410	140	550
20 - 25	290	90	380
25 - 30	160	50	210
30-bunn	60	20	80
SUM	2150	710	2860



Fig. 1 Arendalskysten (Hydrografiske stasjoner i Nidelven.)

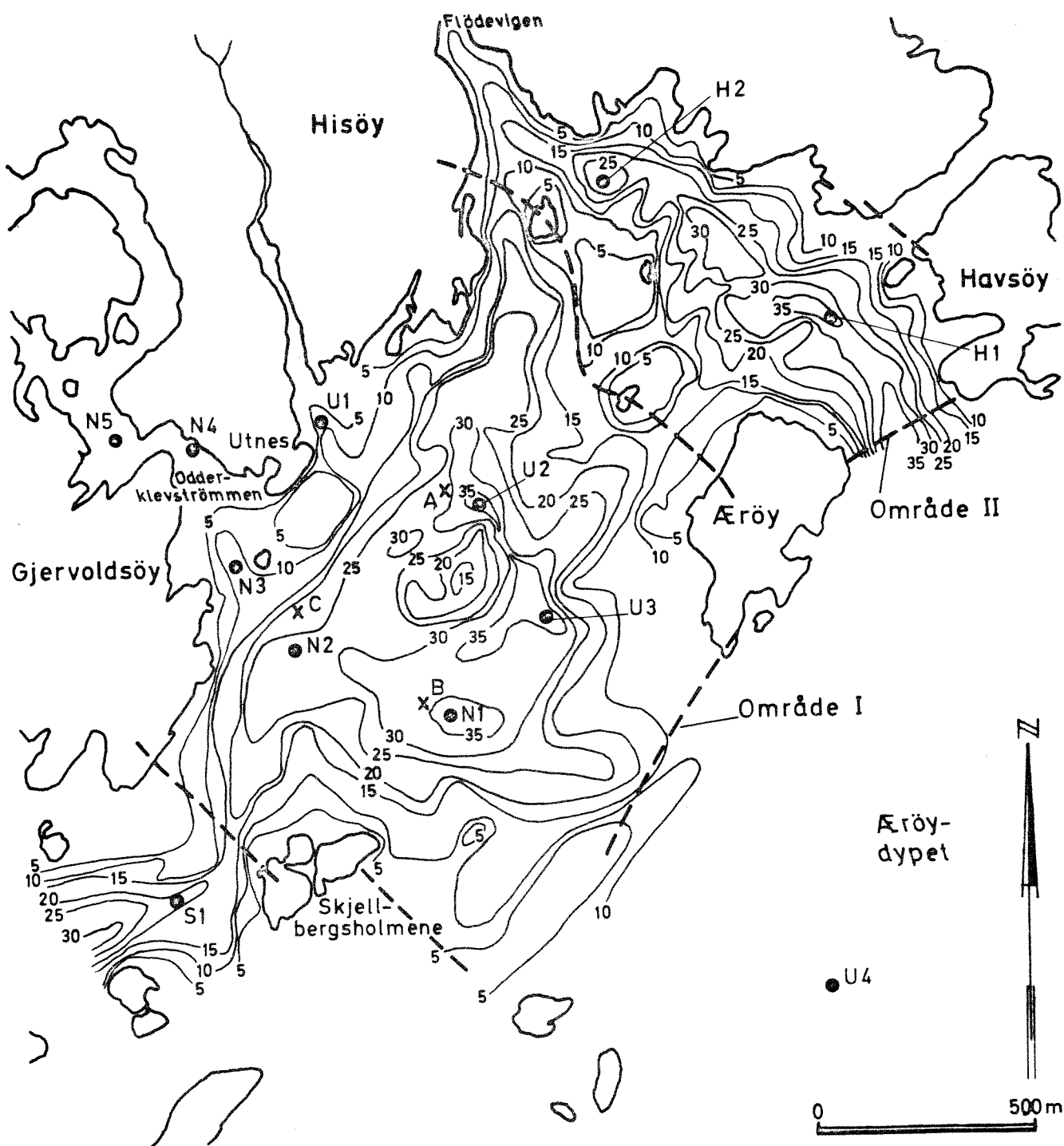


Fig.2 Topografi ( oppmålt av Utbyggingsavdelingen og I.T.A. i Arendal sommeren 1975 )

- Hydrografiske stasjoner
- x Strømmålerbøyer
- Avgrensing av område for volumberegninger

## 2.2 Hydrografi

Tilførselen av ferskvann til kystområdet skjer fra Nidelven. Denne deler seg først i Vrængen, hvor en del fortsetter mot Arendals havneområde, og den andre delen av grenen går mot syd (se Fig. 1).

Syd for Vippha bru deler elven seg igjen. Den sydlige delen av elven munner ut i Sømshilen, mens den østlige munner ut mellom Gjervoldsøya og Hisøya ved Utnes. I selve munningsområdet kalles denne grenen av elva for Odderklevstrømmen.

Nidelvens vannføringsvariasjon fremgår av Fig. 3, som er fremstillet ved data fra "Hydrologiske undersøkelser i Norge" (1958). Av figuren fremgår at elven normalt har to flomperioder, en i perioden april - mai og en mindre i perioden september - november. Den laveste vannføringen inntreffer i januar - mars og juli. Den midlere vannføringen er  $120 \text{ m}^3/\text{s}$  med "flommidler" på over  $240 \text{ m}^3/\text{s}$ . Elven vil i fremtiden reguleres, slik at midlere vannføring sommerstid vil være  $40 - 50 \text{ m}^3/\text{s}$  og høyest mulig om vinteren (omtrent  $120 \text{ m}^3/\text{s}$ ). De naturlige klimavariasjoner vil dog kunne medføre flomperioder på høsten, som tidligere, og vårflommen vil også komme normalt.

Det utstrømmende elvevannet øker i salinitet fra Vippha bru og ned til Utnes. Dette er en følge av at inntrengende saltvann ved bunnen i elveløpet innblandes i den utgående strømmen. Når elvevannet når kysten, øker innblandingen av saltere sjøvann. Kompensasjonsstrømmen varierer først og fremst med vannføringen i Nidelven, men også som funksjon av ytre hydrografiske og meteorologiske forhold. Pålandsvind medfører at saltvannslaget skyves ut mot havet, og fralandsvind at saltvannslaget strømmer lenger inn i floden.

Utenfor kysten går den norske kyststrøm i sydvestlig retning, Fig. 4. Denne strøm går utenfor de ytterste øyene og påvirker direkte de innenforliggende områdene. Sterk pålandsvind kan tvinge strømmen opp mot land, mens fralandsvind kan presse den ut mot sydøst.

Strømmen kan også bremses opp eller gå mot nordøst ved visse meteorologiske forhold (Aure 1976).

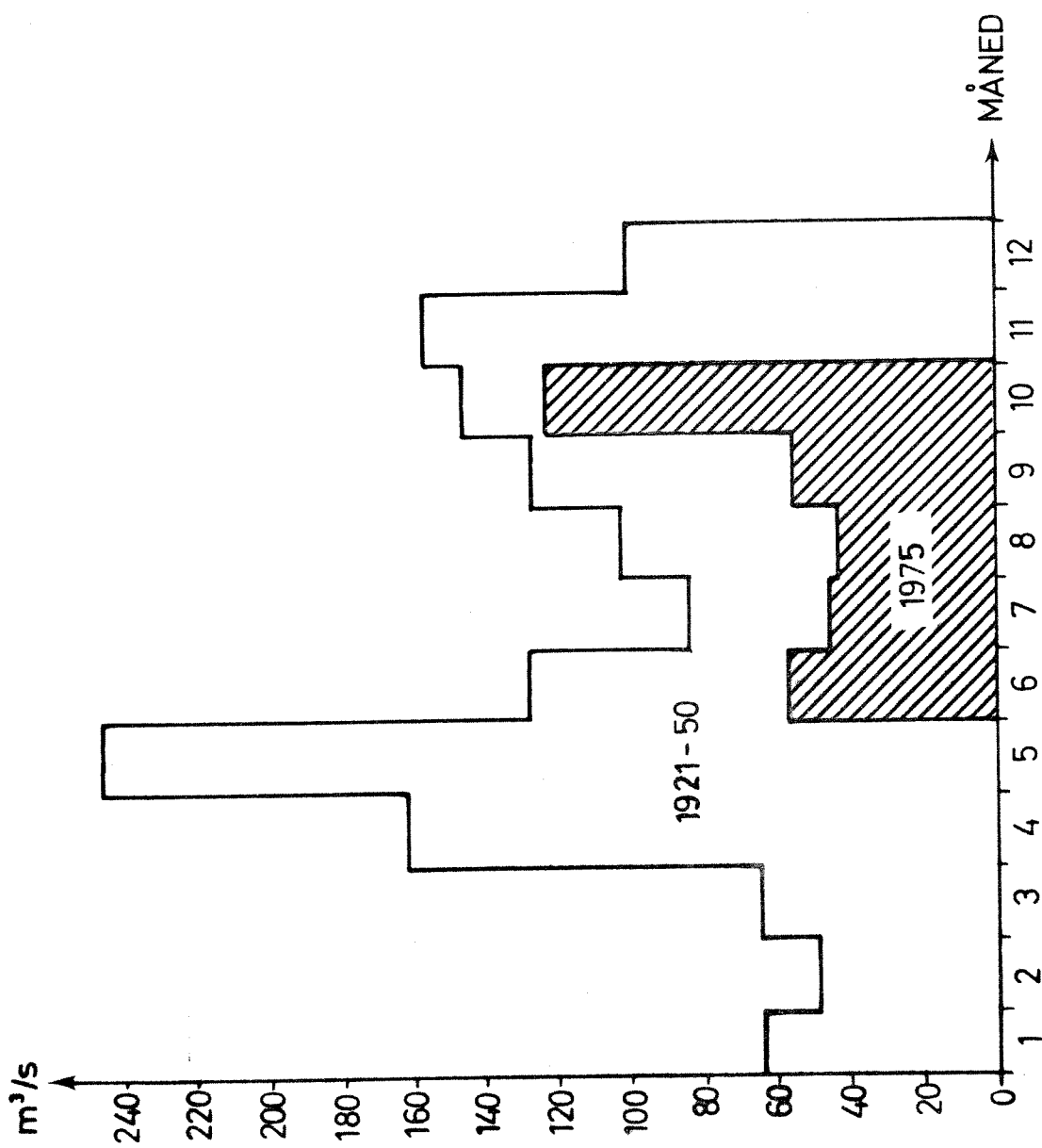


Fig.3 Midlere månedsvannføring i m<sup>3</sup>/s ved Lunde Mølle i Nidelva basert på perioden 1921-50 samt midlere månedsvannføring 1975 juni - november.



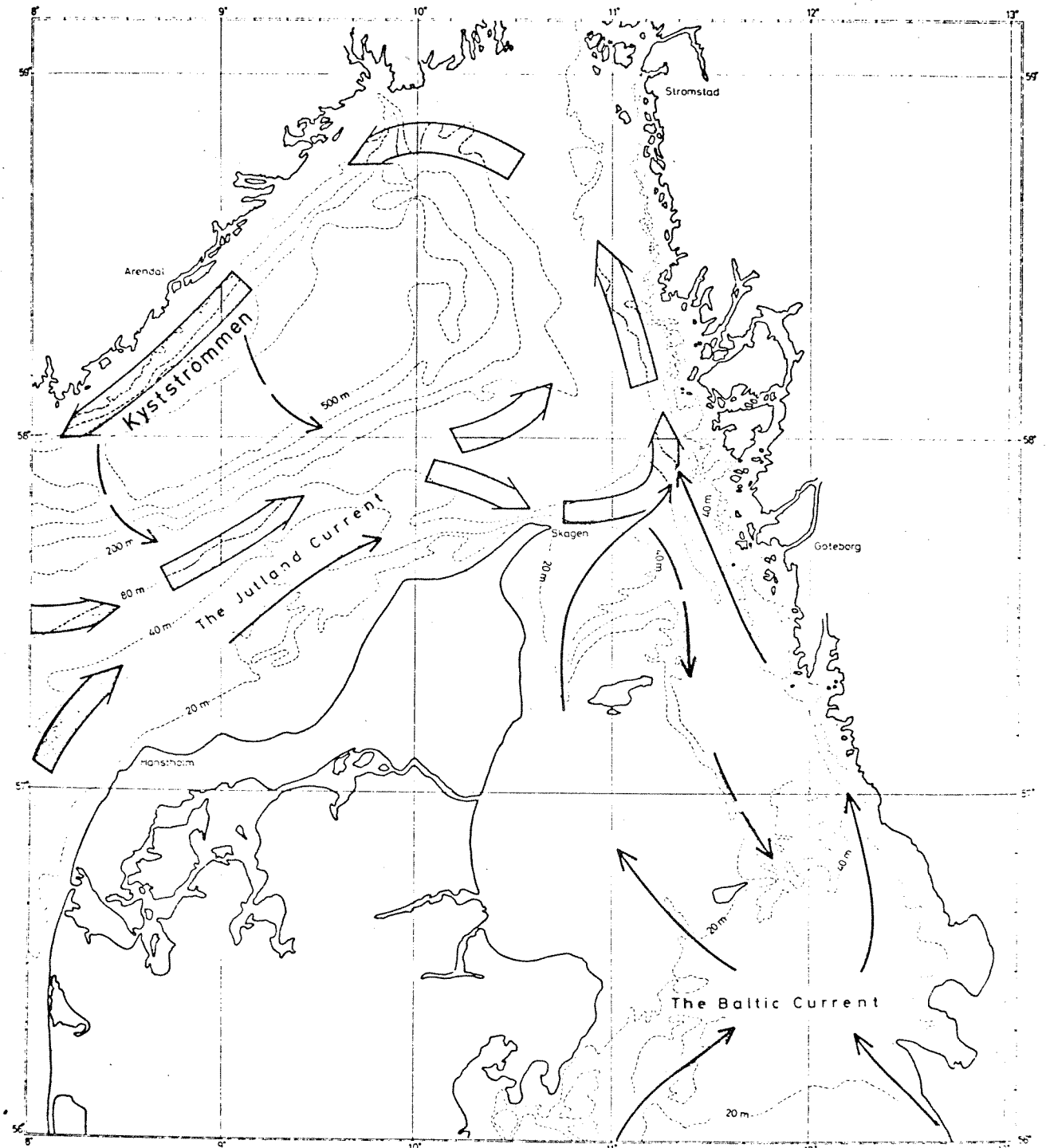


Fig. 4 Et forenklet bilde av overflatestrømmene  
i Skagerrak og Kattegat.  
(Svansson 1972)

### 2.3 Vindforhold

Østlandsområdet har generelt fremherskende vinder fra nord om vinteren og fra syd om sommeren. Dette fremgår av vindroser fra Torungen fyr (Fig. 5). (Data fra Meteorologisk Institutt).

Friksjonskrefter medfører at vinden i hovedsak har en bane parallell med kysten, d.v.s. nordøst-sydvest. Figur 6 viser vindroser fra måleperioden juni - november 1975. De sydvestlige vindene var mer dominerende enn normalt, og i oktober var det mer nordlige vinder enn normalt.

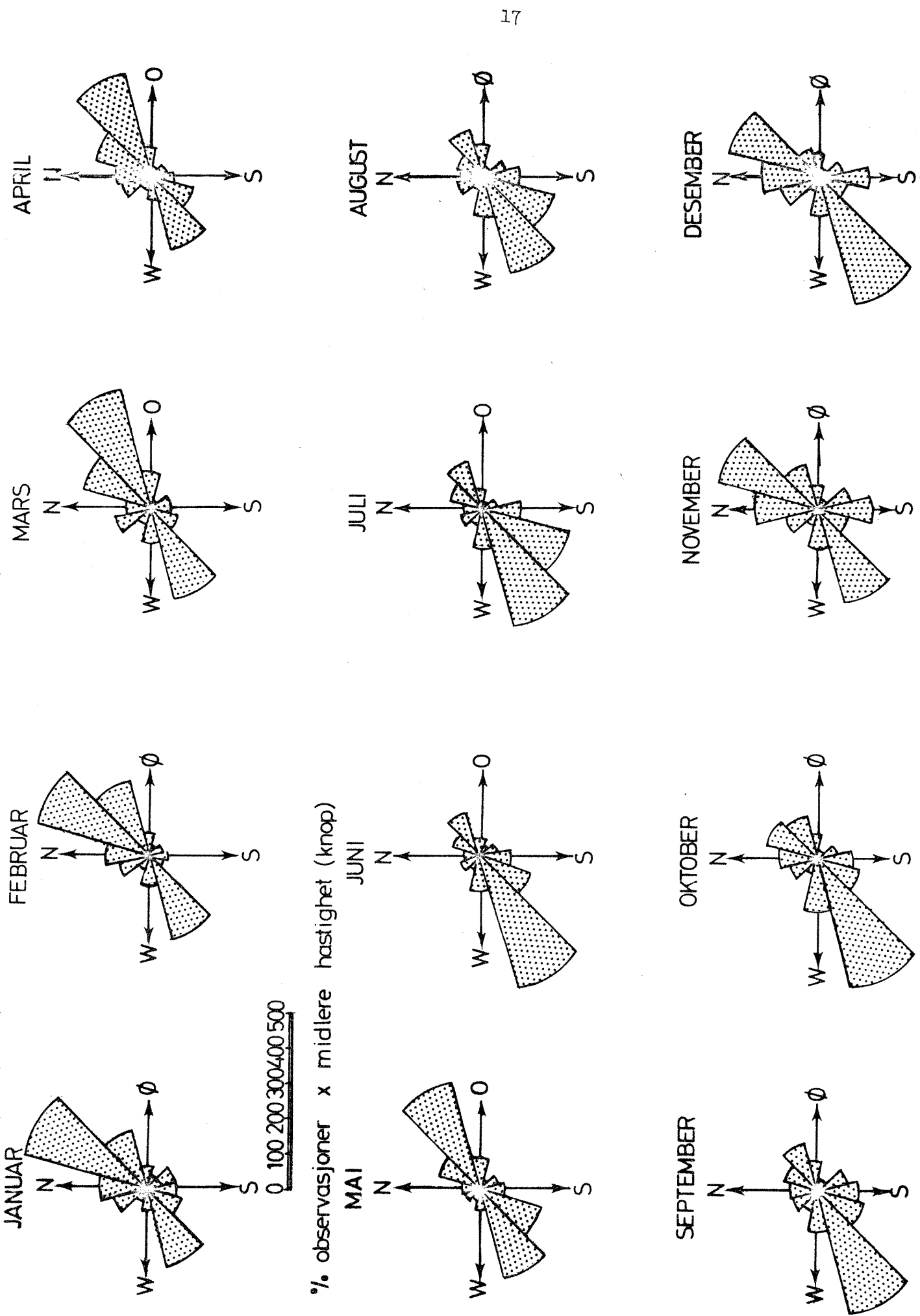
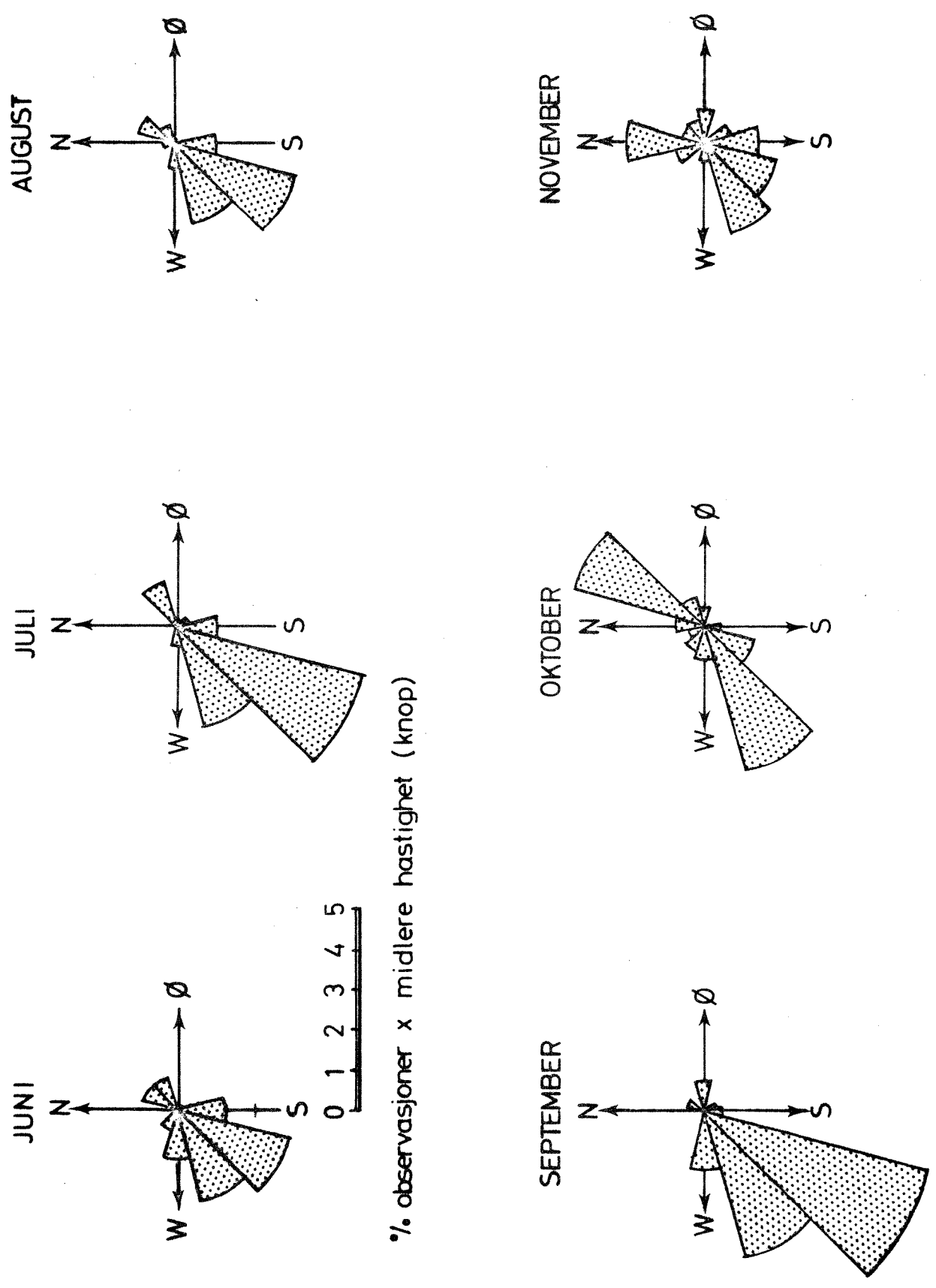


Fig. 5 Vindroser fra Torungen for månedsmidler for perioden 1957 - 74. ( Data fra Meteorologisk institutt)



%. observasjoner x midlere hastighet (knop)

Fig.6 Vindroser fra Torungen fra Torungen for juni - november 1975. ( Data fra Meteorologisk institutt.)

### 3. MATERIALE OG METODIKK

#### 3.1 Hydrografi

Observasjoner av salinitet og temperatur ble utført av lokale medarbeidere fra utbyggingsavdelingen i Arendal. Ønskemålet var ett tokt pr. uke i perioden juni - oktober 1975. Stasjonsplasseringen fremgår av Fig. 2, og observasjonsfrekvensen av Tabell 1. Da tokt-tiden var begrenset til én dag, ble visse stasjoner i blant sløyfet, som følge av andre målinger eller dårlig vær.

På hver stasjon ble temperatur, salinitet (saltholdighet) og, i den senere delen av perioden, siktedyp observert. Målingene av salinitet og temperatur in situ ble utført med en salinoterm. Det ble målt hver meter til 10 meters dyp, og deretter hverannen meter til 20 meters dyp. Under 20 meter ble det målt hver 5. meter. Teoretisk unøyaktighet på salinitet og temperatur er mindre enn  $\pm 0,1$  o/oo og  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ . Siktedyp ble bestemt på vanlig måte, som det dyp hvor en hvitfarget skive på 25 cm diameter nedsenket i vannet ikke lenger kan iakttas. De salinitetsdata som er stillet til disposisjon av Statens Biologiske Stasjon Flødevigen er bestemt med et aerometer. Nøyaktigheten av disse målinger er kontrollert av Flødevigen i en test mot et laboratorie-salinometer. Resultatene av disse tester tyder på en nøyaktighet i salinitetsbestemmelsen på omtrent  $\pm 0,3$  o/oo.

#### 3.2 Strømmålinger

Selvregistrerende strømmålere av type AANDERAA var satt ut på to stasjoner (Fig. 2) i tiden 18.8 - 29.9.-75. Ved punkt A var målerne plassert på 10, 15 og 20 meters dyp, og ved punkt B på 10 og 20 meters dyp. Målerne registrerer strømmens styrke og retning samt temperatur hvert 10. minutt. Strømstyrken måles som et middel for hele 10 minutters-perioden, mens strømretning og temperatur er øyeblikksverdier. Saliniteten (konduktiviteten) ble registrert som øyeblikksverdi på en av målerne ved punkt A (20 meters dyp).

Strømmåleren på 10 meters dyp i punkt A fungerte i bare to uker, og resultatene fra denne måleren er ikke blitt nærmere behandlet. Strømmåleren på 20 meters dyp registrerte ikke strøm i sektoren syd

Tabell 1 OBSERVASJON AV SALTINNHold, TEMPERATUR og PENDELSTRØM-MÅLINGER JUNI - NOVEMBER 1975

S = salinoterm P = pendelstrømmåling.

Dato:	Stasjon:	N 6	E 1	N 5	N 4	N 3	N 2	N 1	U 1	U 2	U 3	U 4	S 1	H 1	H 2
10.6		S		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	
18.6		S		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	
25.6		S		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	
2.7							S	S	S	S	S	S	S	S	
9.7					S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	
16.7		S		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	
23.7		S		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	
30.7		S		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	
6.8		S		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	
11.8		S		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	
12.8							S	S	S	S	S	S	S	S	
18.8							S	S	S	SP	S	S	S	S	
25.8		S	S	S	S	SP	S	SP	S	SP	S	S	S	S	
3.9		S	SP	P	S	SP	S	SP	S	SP	S	S	S	S	
10.9		SP	SP		S	S	S	SP	S	SP	S	S	S	S	
22.9		S			S	S	S	SP	S	SP	S	S	S	S	S
8.10		S			S	S	SP	S	S	SP	S	S	S	S	S
16.10		S			S	S	SP	S	S	SP	S	S	S	S	S
21.10		S			S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
12.11		S			S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

(dessuten pendelstrømmålinger på stasjon U 2 & N 2 den 21.10)

til sydvest, antagelig på grunn av en feil ved måleren. Strømmålinger ble også utført i perioden 29.9 - 12.11.-75. Strømmålerne i punkt A ble flyttet til 5, 10 og 15 meters dyp. Strømmålerne i punkt B ble flyttet til punkt C og til 5 og 10 meters dyp.

Som komplement til de selvregistrerende strømmålerne ble det under et par hydrografiske tokt målt vertikale strømprofiler med pendelstrømmålere (Haamer, 1972). Observasjonene fremgår av Tabell 1.

Av to dagers planlagte strømkorsmålinger for å studere Nidelvens spredning fra Odderklevstrømmen ble det kun utført én måling den 29.9. Dårlig vær den 30.9 forhindret ytterligere målinger.

I denne rapport vil en angitt strømretning bety at strømmen går mot denne retning, mens angitt vindretning betyr at vinden kommer fra denne retning.

#### 4. RESULTATER FRA UNDERSØKELSEN 1975

##### 4.1 Hydrografi

De hydrografiske variasjonene er vist i figur 7 til 9. Saltvariasjonene fra Flødevigen på 20 meters dyp er innlagt på Fig. 10, sammen med vindfeltet. På denne figur er også avmerket observasjonsfrekvensen for de lokalt utførte hydrografiske målingene.

Som det fremgår av figurene, er det store hydrografiske variasjoner i området, hvor Flødevigens saltdata viser en hyppigere variasjon enn de data som er innsamlet med ca. en ukes intervall.

Flødevigens saltobservasjoner er utført omtrent klokken 10.00 hver dag, og gir i sin tur et filtrert bilde av saltvariasjonene i området, sammenlignet med kontinuerlige målinger på 20 meters dyp utenfor Hisøy.

Stasjonene S 1, N 2 og U 4 viser samme bilde under hele undersøkelsesperioden. Dette innebærer at forandringer i hydrografien i vannmassene under overflaten skjer omtrent samtidig i alle deler av området, og at ingen nevneverdige lokale forskjeller eksisterer.

Ut fra de ukentlige observasjoner av saltholdighet ser det ut til at vannmassenes oppholdstid i området innenfor Årøy varierer mellom en uke og 14 døgn. De daglige observasjonene fra Flødevigen bekrefter dette. Utskiftningene er tilstrekkelig kraftige til å presse ut forholdsvis tungt vann i nivåer under sadeldypet til Årøydypet.

Figur 7 viser hvordan bunnvann i Sømskilen på 33 - 34 o/oo i løpet av en uke har blitt utskiftet med en vannmasse som har en saltholdighet under 31% siste del av juni. Observasjonene peker således på at det er lite sannsynlig at det skal kunne forekomme stagnante vannmasser i området. Som allerede omtalt ovenfor, kan de vannmasser som ligger under dypeste forbindelse med Årøydypet utskiftes med vann som har større eller lavere egenvekt (saltholdighet). Den drivende mekanismen bak utskiftningene kan være dels kyststrømmen og dels vinden, samt dens innvirkning på kyststrømmen. En kraftig sydvestående strøm utenfor en kyst som ved Arendal vil gi en transport (Ekmantransport) av vann inn mot kysten i overflatelaget og derved "bremse" utstrømmende ferskvann fra elver. Langs bunnen ved kysten vil da vann strømme ut fra kysten.



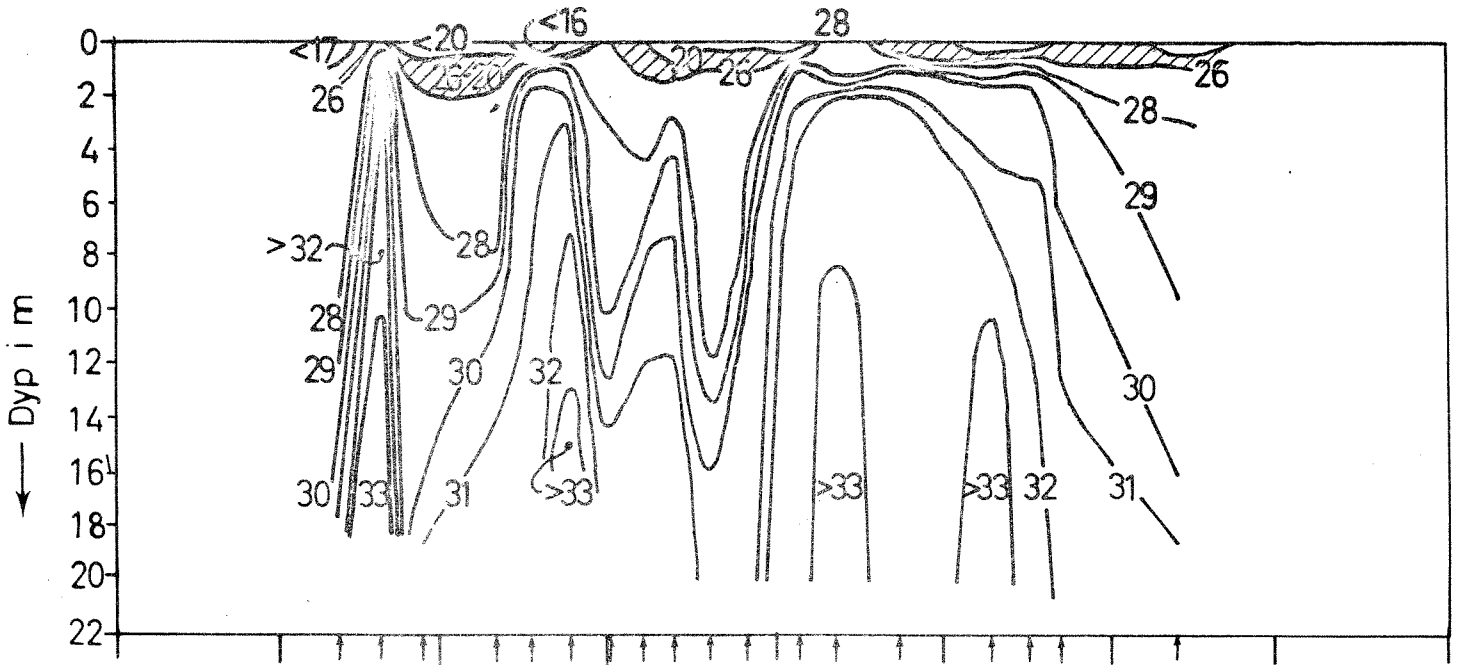


Fig. 7 Sömskilen 1975 (stasjon S1).

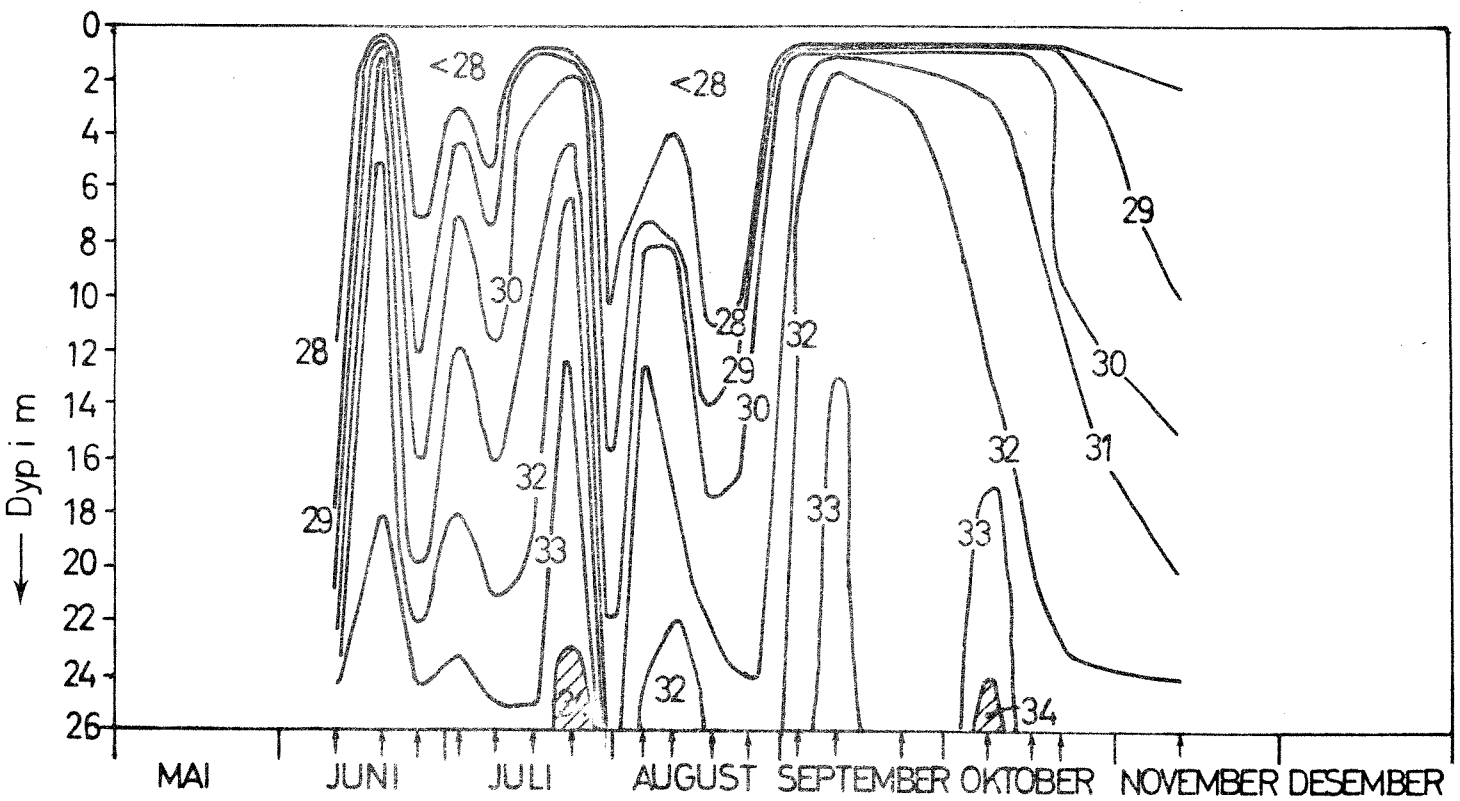


Fig. 8 Salinitetsvariasjoner juni-november 1975 (stasjon N2)  
 † = Observasjonstidspunkt

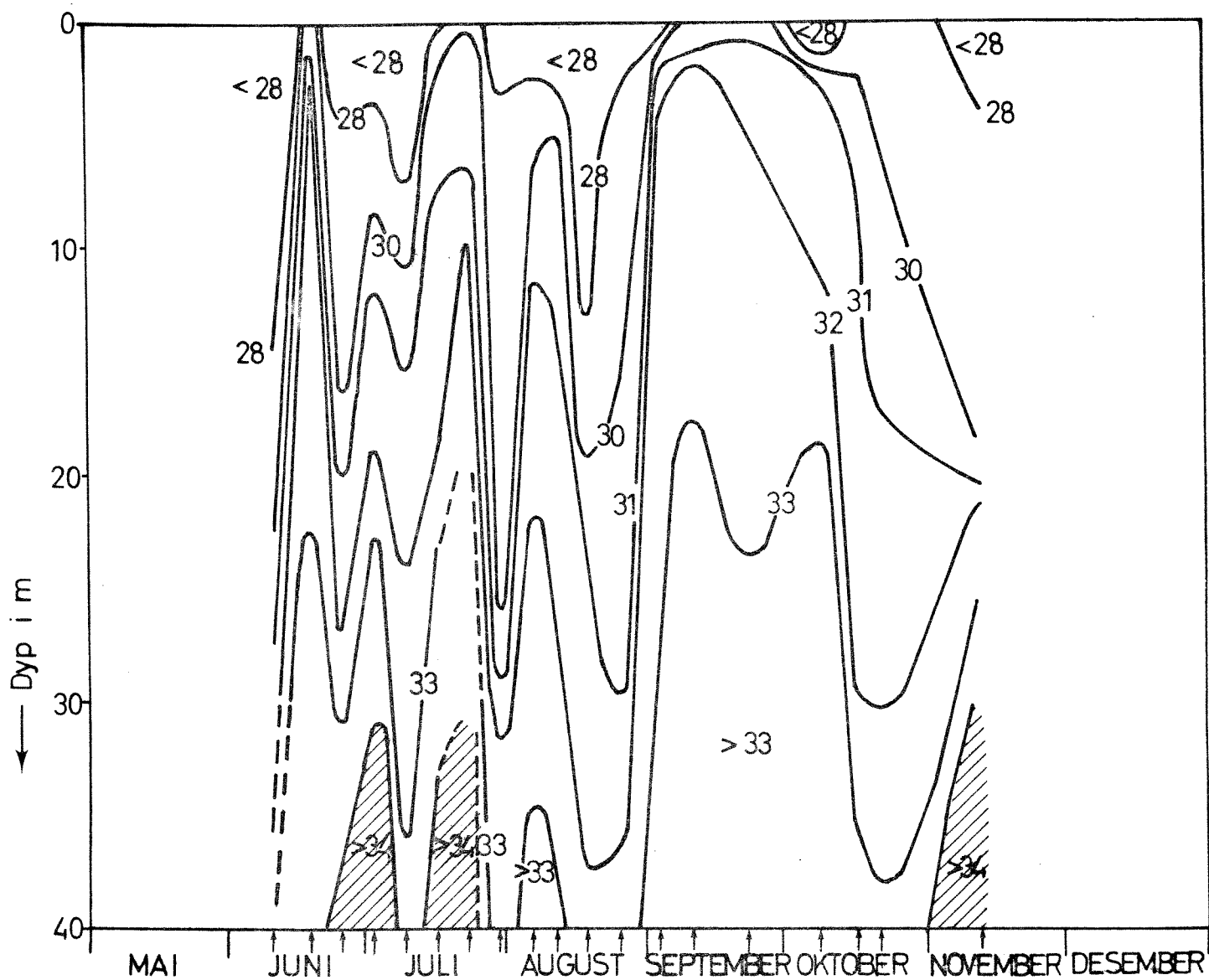


Fig.9 Salinitetsvariasjoner juni - november 1975 Ærøydypet (stasjon U 4)  
 † = Observasjonstidspunkt

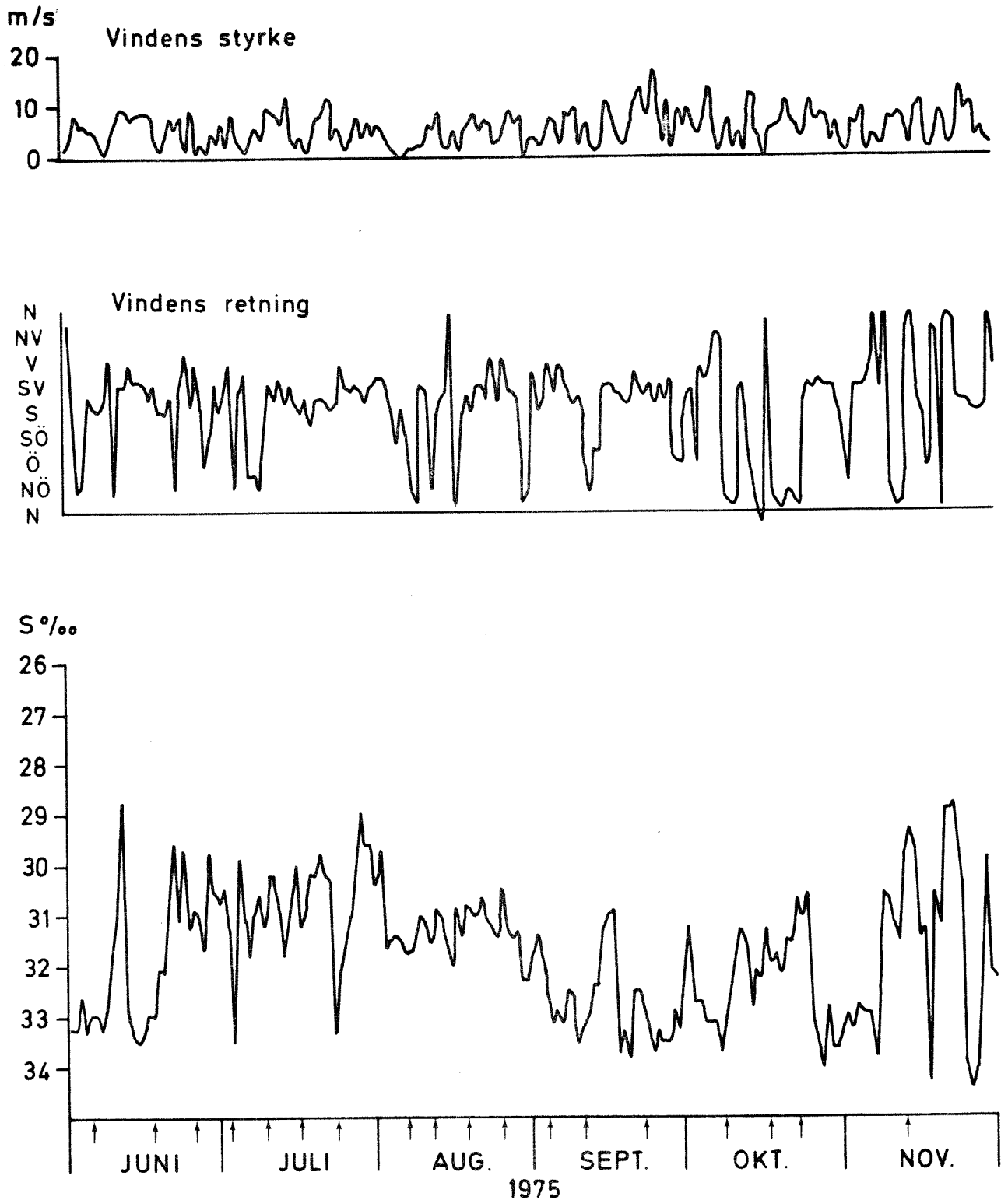


Fig.10 Dögnmiddelvinden ved Torungen fyr (data fra Meteorologisk institutt) og saltholdighetsvariasjoner en gang pr. døgn ved Flödevigen på 19 meters dyp (data fra Statens biologiske stasjon Flödevigen)

↑ = Hydrografiske observasjoner

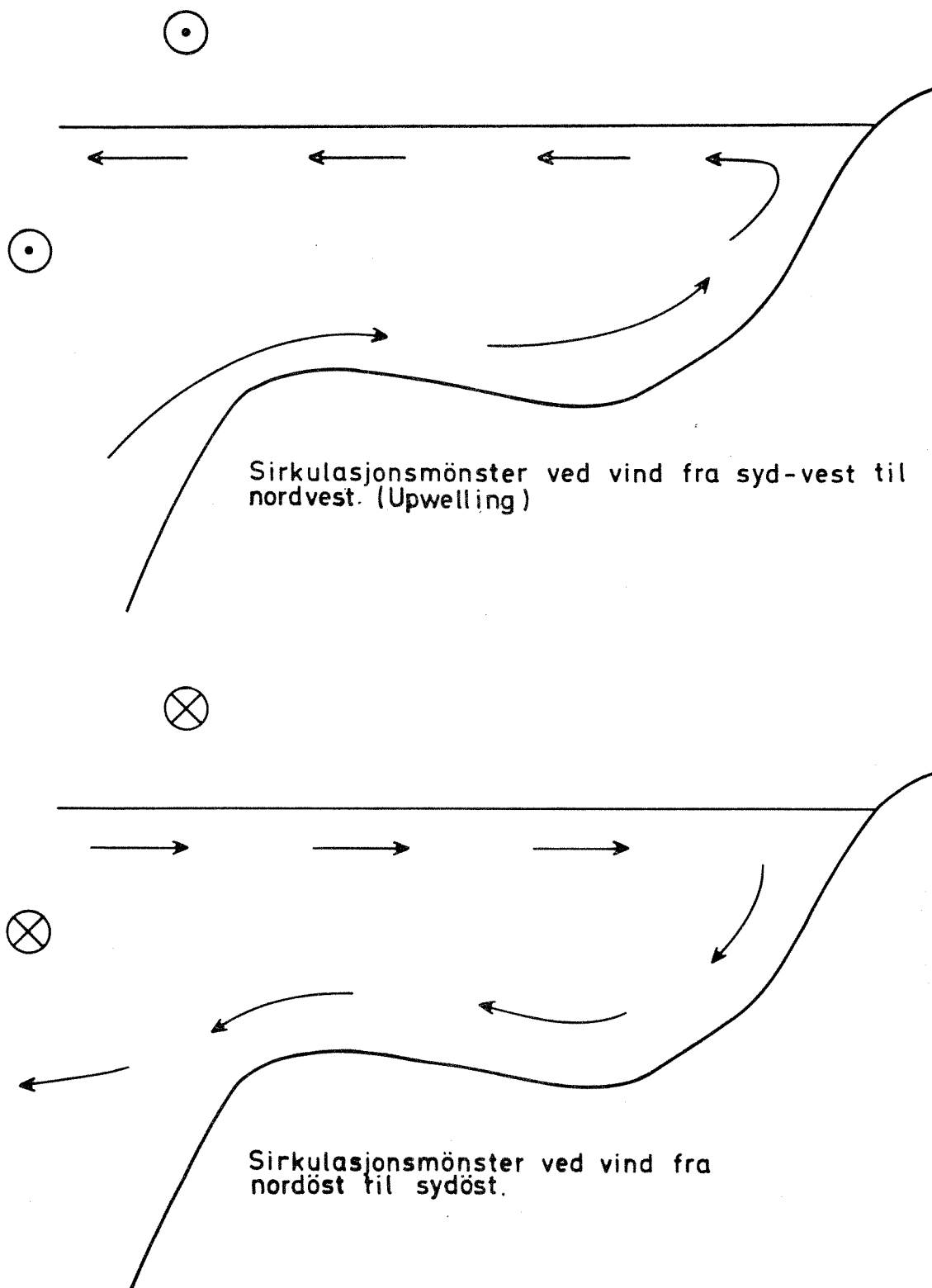


Fig. 11 Vindindusert strømsystem ved forskjellige vindsituasjoner (sterkt forenklet bilde)

⊗ Vind / strøm inn i figuren.

⊙ Vind / strøm ut av figuren.

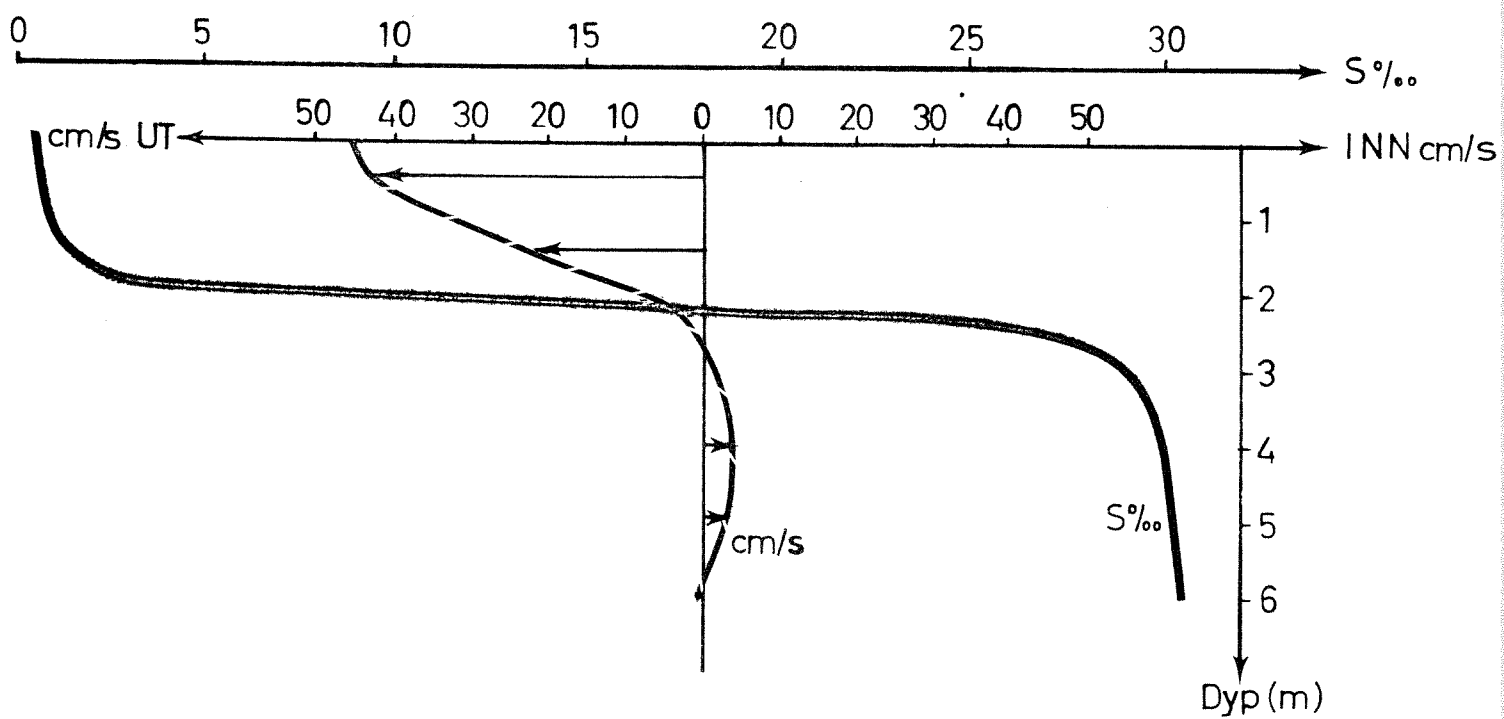


Fig. 12 Ström og saltinnhold ved stasjon E1 den 3.9.75.

Hvis kyststrømmen snur mot nord-øst vil den gi en overflatetransport ut fra kysten. Dypere liggende vann vil da trenge opp langs kysten (upwelling). Figur 11 illustrerer de to tilfellene.

Kyststrømmens variasjoner utenfor denne kysten er forholdsvis lite studert. I samband med undersøkelser for Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen ble strømmen utenfor Frierfjordområdet studert ved to anledninger (Aure 1976). Bortsett fra strømmens "naturlige" retning mot sydvest, ble det også observert at den iblant var nord-østlig. Den drivende kraften bak strømmen er fortsatt under diskusjon, men vinden anses å ha en betydelig innvirkning (Ljøen 1972). Sterke sydvestlige vinder vil kunne bremse strømmen, eller tvinge den ut fra kysten. Sydlige til sydøstlige vinder vil presse kyststrømmen opp nærmere kysten. Et varierende vindfelt vil kunne variere kyststrømmens beliggenhet og strømrørninger. Det bølgelignende bilde av saltvariasjonene utenfor Hisøy, som fremtrer i figurene 7 - 9, kan således være en funksjon av variasjoner i kyststrømmen drevet av variasjoner i vindfeltet.

#### 4.2 Nidelvens hydrografi

Figur 3 viser at vannføringen i Nidelven var mindre enn normalt i måleperioden juni - oktober 1975. En kort flomperiode, som inntraff i månedsskiftet september/oktober, medførte at vannføringen kom opp i normalverdi for oktober. Totalt vil måleperioden likevel være forholdsvis representativ for ferskvannstilførselen til kystområdet, idet reguleringsplanene i området tar sikte på en middelvannføring på 40 - 50 m<sup>3</sup>/s under sommerhalvåret.

Figur 12 viser vertikal salt- og strømprofil i Nidelven ved stasjon E 1 den 3.9.1975. Brakkvannet strømmer fra kysten i et 2 meter dypt lag over et innstrømmende sjøvann. Vannføringen ved Lunde Mølle<sup>1)</sup> var denne dag omtrent 40 m<sup>3</sup>/s. Ut fra lignende observasjoner er det gjort enkle beregninger på ferskvannsfordelingen i elven (Knudsens relasjoner), (Proudmann 1953, se Appendix 1). Resultatet av disse beregninger har variert noe. Dette skyldes dels at feltmålingene er konsentrert om området utenfor elven - og derved er observasjonene av fremfor alt strøm noe spinkelt, og dels at elven har tre grener hvor observasjoner kun er gjort i en av grenene. Alle observasjoner av strøm er også

1) Lunde Mølle er siste vannmerke før Vrøngen.

gjort ved lav vannføring, og fordelingen av ferskvann kan variere ved varierende vannføring.

Rent topografiske forhold indikerer at den største ferskvannsstrømmen følger den gren som munner ut i Odderklevstrømmen. Hvis 10 - 20% av den totale ferskvannstransporten ved Lunde Mølle går i den nordlige elvegrenen ved Vrængen, vil 20 - 30% tilføres Sømskilen direkte og 50 - 60% tilføres Odderklevstrømmen.

Ferskvannet blandes lite i selve elven med det underliggende saltvannet. Den store innblandingen skjer i selve munningssonen til havet.

Reaksjonsstrømmen til Odderklevstrømmen beregnet ut fra pendelstrømmålinger har variert mellom 0,5 - 3 m<sup>3</sup>/s. Vannføringen i elven var relativt konstant under alle måletilfellene, og variasjoner i reaksjonsstrømmen avhang mest av de hydrografiske forhold i kystsonen. Saltkilen strekker seg forbi Vippra Bru ved lav vannføring i elven og kan teoretisk gå opp mot Vrængen. Ved større vannføring presses saltkilen ut mot kysten. Figur 13 viser saltvariasjonene på 5 meters dyp ved Vippra Bru - stasjon N 6 og Odderklevstrømmen - stasjon N 4. Stort sett følger saltholdigheten samme mønster på de to stasjonene, bortsett fra når vannføringen overstiger 60 m<sup>3</sup>/s ved Lunde Mølle. Den 8.10 var vannføringen ca. 170 m<sup>3</sup>/s ved Lunde Mølle og hele elveleiet ved Vippra Bru var fylt med ferskvann.

#### 4.3 Ellevannets spredning utenfor Utnes

Ferskvannet fra Nidelva tilføres, som nevnt, kysten via tre utløp. I syd munner en gren av elven ut i Sømskilen, ved Utnes kommer den største ferskvannsstrømmen, og via Arendal havneområde og Galtesundet tilføres både vann fra Nidelven og andre elver. I hele kystområdet vil det således skje en transport av ellevann som stadig innblandes med saltvann. Den utgående brakkvannsstrømmen genererer en innovervendt kompensjonsstrøm av sjøvann. Denne sjøvannstransport skjer både under det utstrømmende brakkvannet og i overflatelaget ved siden av brakkvannsstrømmen.

Figurene 14 og 15 viser resultat av to utslipp av drivlegemer (strømkors) med vertikal flate ned til 1 meters dyp. Målingene skjedde den 29.9 med utslipp i Odderklevstrømmen. Ved den første målingen var vinden østlig (2 - 3 m/s.) Senere ble vinden syd-østlig og økte. Det første utslippet viste at Rødskjær i Odderklevstrømmen delte brakkvannsstrømmen, og at en virvel ble dannet på utsiden av skjæret. De drivlegemer som ikke havnet i denne virvelen gikk alle øst for Skjellbergsholmene. Ved det andre utslippet gikk strømkorsene hovedsakelig i en bane innenfor Skjellbergsholmene mot Sømskilen. Et avvikende drivlegeme i andre utslippet var satt litt dypere enn de øvrige (0.5 - 1.5 m), og den underste delen kom inn i kompensasjonsstrømmen. Denne strøm var like sterk som den utgående brakkvannsstrøm, slik at drivlegemeet sto stille under hele måleperioden (ved S i fig. 15).

De beskrevne strømkorsforsøkene støtter de hydrografiske observasjoner som er utført. Tabell 3 viser midlere saltholdighet i overflaten på de forskjellige stasjoner i området under ulike vindretninger. Saltinnholdet i tabellen kan kun sammenlignes relativt innenfor hver vindretning.

Tabell 3. Salinitet (‰)

Stasjon:	N4	N3	N2	N1	U1	U2	U3	U4	S1	H1	Flød.
Vind fra:											
Syd	3	14	18	23	24	19	19	27.5	18	25	25
N-NØ	2	-	17	24	24	28	28	28	20 <sup>x</sup>	26	28
SV	2	15	15	18	26	24	23	25	18	25	28
Sterk SV	2	-	19	23	30	25	26	30	26 <sup>x</sup>	28	29.5

x = En observasjon utelatt. (Salinitet ikke målt).

Tabellen viser sammen med strømkorsforsøkene at sydlige vinder driver brakkvannet fra Odderklevstrømmen både mot Sømskilen og ut mot Ærøy (stasjon U 2 og U 3). Ved nordlige vinder strømmer mesteparten av brakkvannet mot Sømskilen. Ved svake sydvestlige vinder strømmer brakkvannet dels mot Sømskilen, men også ut mot Skjellbergholmene. Ved sterke sydvestlige vinder tenderer brakkvannet å strømme ut øst for Skjellbergsholmene, samtidig som den kraftige vinden øker blandingen



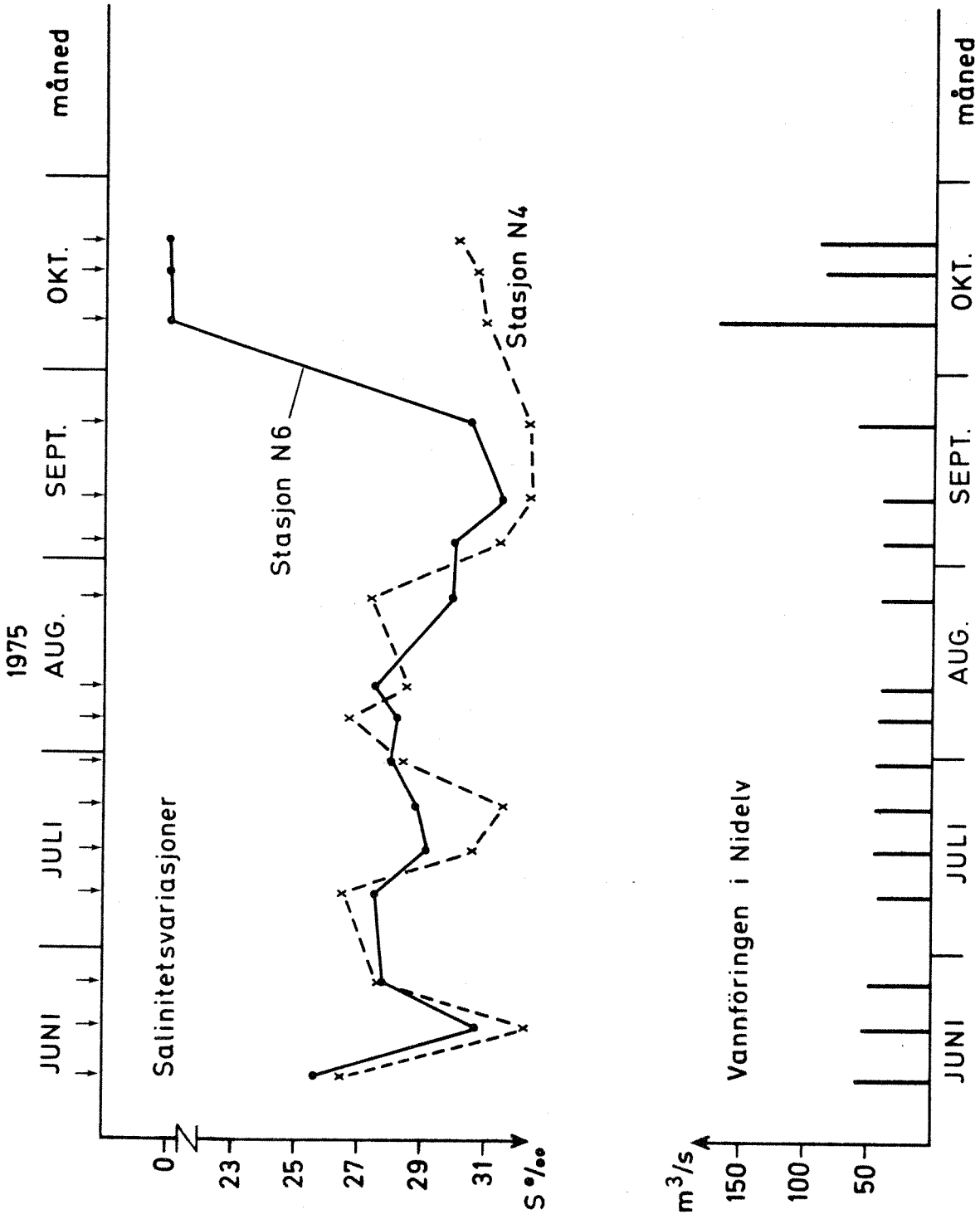


Fig.13 Salinitetsvariasjoner ved stasjon N6 (5 m dyp) og N4 (5 m dyp) samt vannføringen i Nidelv ved Lunde Mølle

↓ = Observasjonstidspunkt

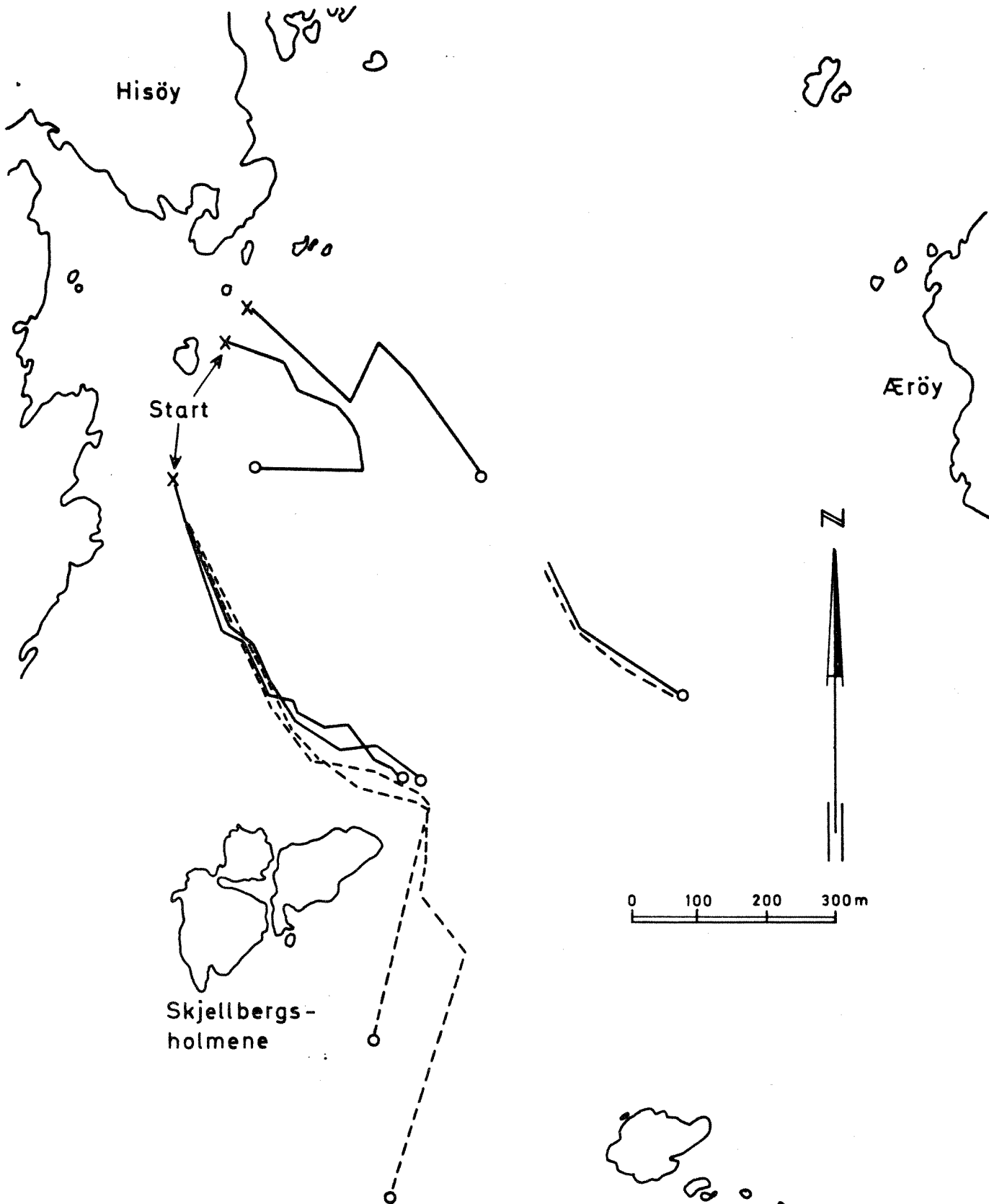


Fig.14

Strömkorsbaner  
den 29/9 -75 kl1440-1630

x Utslipp

o Opptak

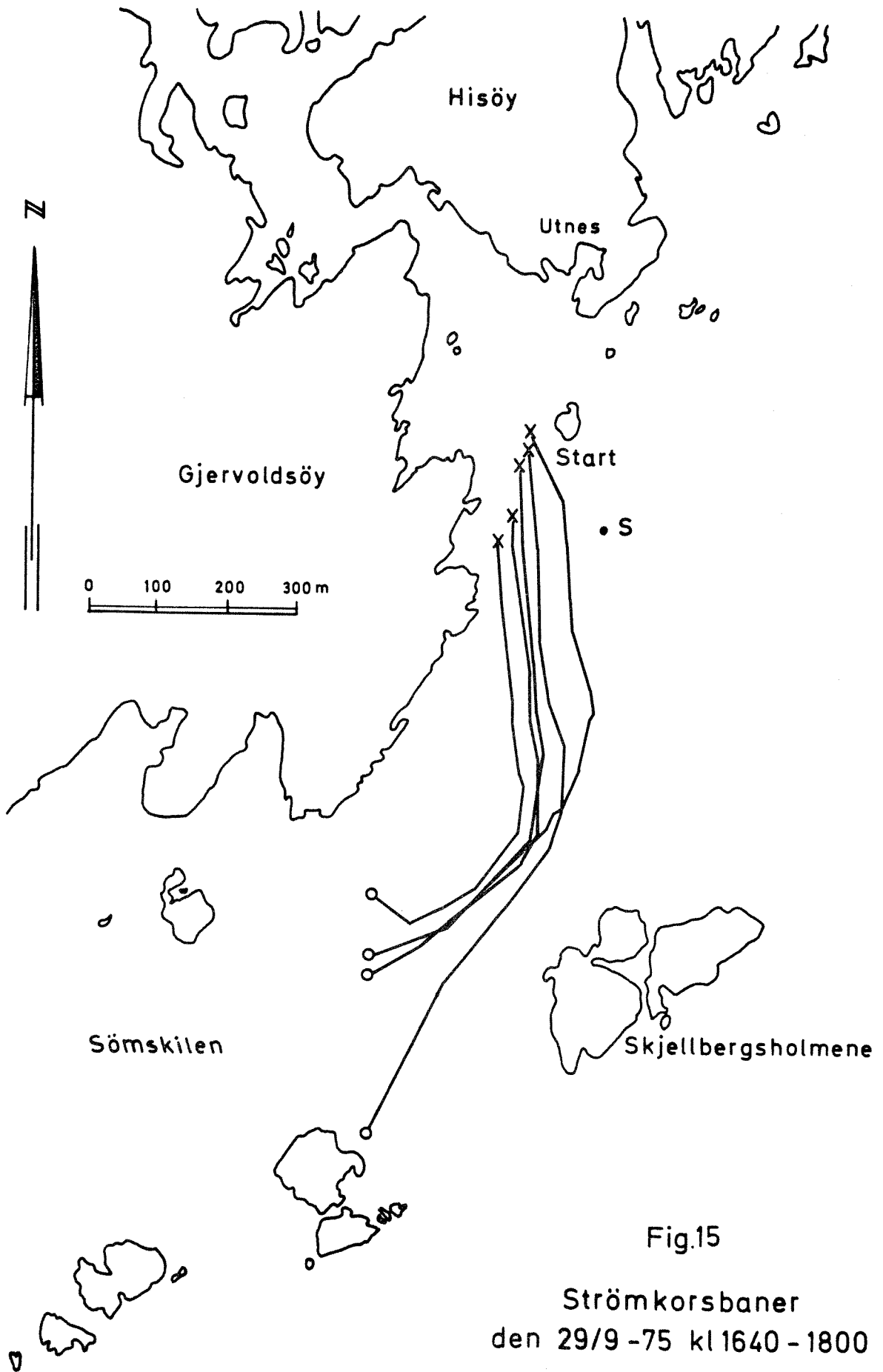


Fig.15

Strömkorsbaner  
den 29/9 -75 kl 1640 - 1800

x Utslipp

o Opptak

mellom ferskvann og underliggende saltvann. Ved sydøstlige vinder går hovedstrømmen av brakkvann mot Sjømskilen.

Med hensyn til de dominerende vindretningene i området vil, i de fleste tilfeller, strømmen gå mot Sjømskilen og Skjellbergsholmene, og derfra ut i havet. En saltfront vil da ligge mellom Ærøy og Skjellbergsholmene, og posisjonen av denne saltfronten vil variere med styrken på vinden og vannføringen i elven.

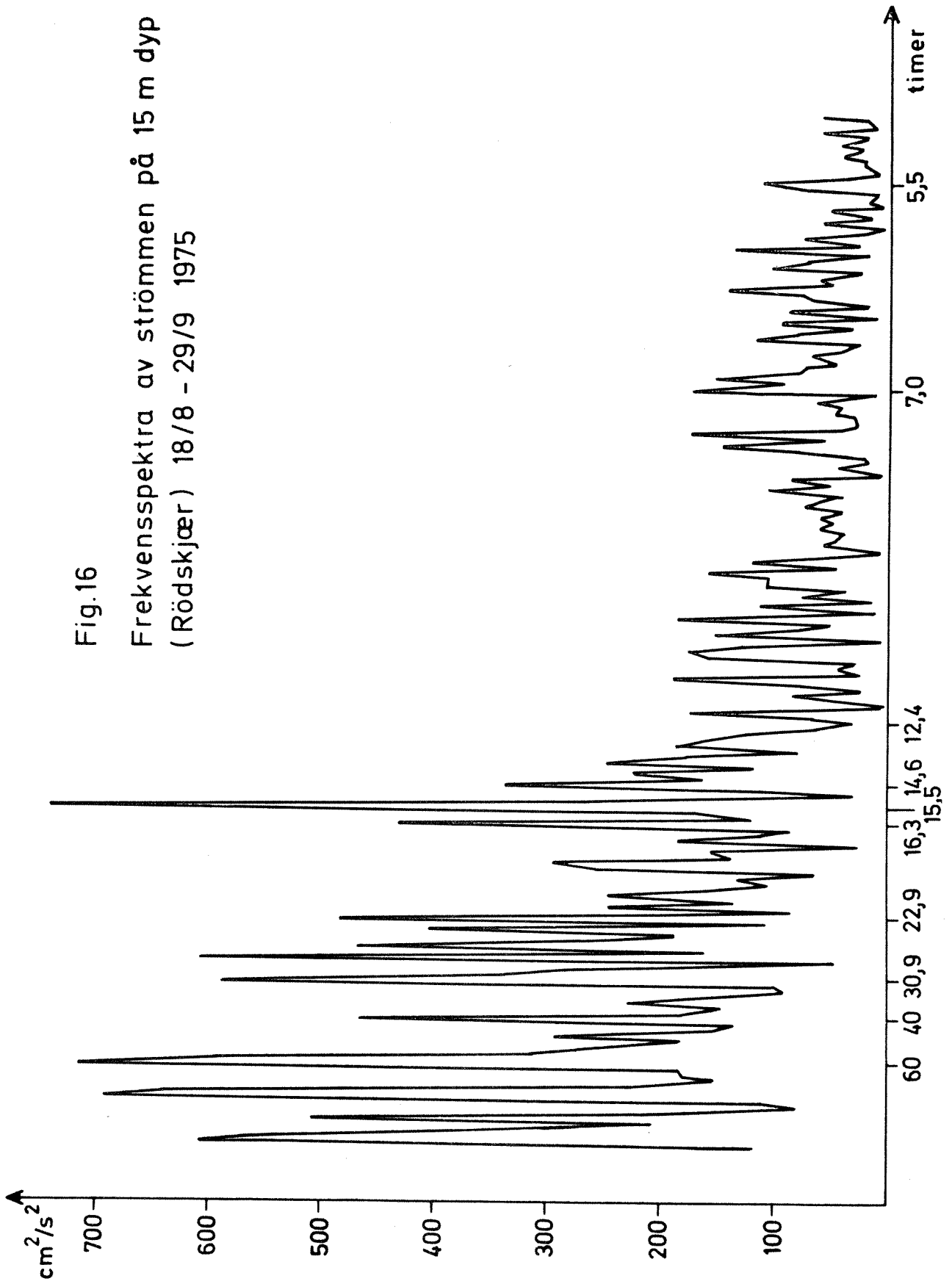
#### 4.4 Resultat av strømmålingene

##### 4.4.1 S t a t i s t i s k e r e s u l t a t e r

Data fra de selvregistrerende strømmålerne har blitt statistisk behandlet ved Vassdrags- og Havnelaboratoriet i Trondheim. Originaldata lagres foreløpig ved dette institutt, mens resultatene oppbevares på NIVA. I denne rapport blir kun en del av det totale materialet presentert.

Figur 16 viser et frekvensspekter fra strømmåleren på 15 meters dyp ved stasjon A i perioden 18.8 - 29.9.1975. Et frekvensspekter viser strømmens periodiske komponenter. Strømmens amplitude ved de forskjellige perioder er proporsjonal med høyden (den vertikale akse på figuren). En regelmessig tilbakekommende bevegelse i vannet, som tidevannet, vil kunne avleses som et lokalt maksimum på figuren. Det halvdaglige tidevannet med en periode på 12,4 timer er, som spekteret viser, meget svakt i området. I stedet dominerer perioder på over et døgn. I dette tilfellet er det meteorologiske mekanismer som genererer strømmer med perioder fra solgangsbrisen (24 timer) og lavtrykksvandringer (flere døgn).

Spektret viser videre et kraftig maksimum omkring 15 timer. Det er uklart hva som genererer disse svingninger i strømmen. Av figur 20 fremgår at svingninger med 15 timers periode ikke er gjennomgående, men opptrer sporadisk. De kan muligens forklares som interne bevegelser (bølger i Skagerak) eller virvler fra kyststrømmen.



Tabell 4 viser den midlere hastigheten på strømmen og dens stabilitet.

Tabell 4.		<u>Strømmens midlere hastighet og stabilitet %</u>			
		MÅLEPERIODE: 18.8 - 29.9.1975			
Posisjon:	<u>Stasjon B</u>		<u>Stasjon A</u>		
Dyp (m):	<u><math>\bar{V}</math> (cm/s)</u>	<u>Stabilitet</u>	<u><math>\bar{V}</math> (cm/s)</u>	<u>Stabilitet</u>	
10	7,5	35	-	-	
15	-	-	8	4	
20	6	37	6	19	
		MÅLEPERIODE: 29.9 - 12.11.1975			
Posisjon:	<u>Stasjon A</u>		<u>Stasjon C</u>		
Dyp (m):	<u><math>\bar{V}</math> (cm/s)</u>	<u>Stabilitet</u>	<u><math>\bar{V}</math> (cm/s)</u>	<u>Stabilitet</u>	
5	6	30	6,8	53	
10	5,9	5	5,8	26	
15	4,9	20	-	-	

Stabiliteten er uttrykt i prosent og er et mål på strømmens variasjon. Hvis f.eks. strømmen bare har vært nordlig under hele måleperioden, blir stabiliteten 100%. (Stabiliteten = forhold mellom vektoriell- og aritmetisk middelverdi).

Tabellen viser generelt avtagende strømstyrke med dypet.

Ved Stasjon B er strømmen forholdsvis stabil, mens den ved Stasjon A under 5 meters dyp har stor spredning. Stabiliteten på 20 meters dyp i første periode og på 15 meter i andre perioden er i tabellen for høy for Rødskjær, da måleren ikke fungerte tilfredsstillende (se kap. 2.2).

Tabell 5 viser beregnet reststrøm for hver uke under måleperioden, samt reststrømmen for hele perioden.

Tabell 5 RESTSTRØM

Dyp	Uke 1		Uke 2		Uke 3		Uke 4		Uke 5		Uke 6		Uke 1-6	
	Retn.	Hast. o cm/s	Retn.	Hast. o cm/s	Retn.	Hast. o cm/s	Retn.	Hast. o cm/s	Retn.	Hast. o cm/s	Retn.	Hast. o cm/s	Retn.	Hast. o cm/s
	<u>STASJON B Skjellbergsholmene 18.8-29.9.1975</u>													
10	293	3.0	257	0.9	240	3.7	267	3.0	214	2.2	239	3.6	249	2.6
20	163	1.7	189	2.2	202	0.8	119	6.5	146	2.3	231	2.5	153	2.3
	<u>STASJON A Rødskjær 18.8-29.9.1975</u>													
10	45	2.7	34	1.5										
15	35	1.0	338	0.5	336	0.8	187	1.0	339	1.0	271	0.8	322	0.3
20	301	1.4	43	1.1	291	1.8	52	2.2	46	2.2	64	1.9	34	1.2
	<u>STASJON A Rødskjær 29.9-12.11.1975</u>													
5	23	3.4	299	1.1	357	4.3	12	1.6	346	1.0	65	1.7	9	1.8
10	69	2.6	297	1.5	174	1.2	294	1.8	207	1.1	1	1.5	347	0.3
15	350	2.6	57	1.4	356	1.4	275	1.2	113	1.2	49	2.0	27	1.0
	<u>STASJON C Odderklevstrømmen 29.9-12.11.1975</u>													
5	312	8.0	281	3.1	281	3.0	314	3.9	285	2.1	300	2.9	299	3.6
10	257	1.5	228	2.1	198	2.8	159	3.2	134	2.7	259	1.4	194	1.5

IMA/KAR

Første måleperiode (18.8 - 29.9) viser overveiende inngående reststrøm på 10 meters dyp ved Stasjon B (mot Sømshilen og Odderklevstrømmen). På 20 meters dyp var strømbildet stort sett motsatt, d.v.s. utgående strøm. Ved stasjon A var strømmen på 15 meters dyp for det meste nordlig, mens strømmen på 20 meters dyp varierte mellom nordøst-nordvest. I den andre måleperioden (29.9 - 12.11) viste strømmåleren på 5 meters dyp ved Stasjon A nordlige strømmer, mens reststrømmen på 10 og 15 meters dyp også hadde perioder med sydlig retning. Ved Stasjon C viste måleren på 5 meters dyp kun innadgående strøm i sektoren vest-nordvest. Måleren på 10 meters dyp på samme stasjon viste derimot i hovedsak sydlige eller utgående reststrømmer.

Figur 17 og 18 viser strømmrosener fra de forskjellige stasjonene og dypene. Strømmrosene motsvarer de tidligere presenterte vindrosene. De er beregnet som transportprosent ifølge:

$$\frac{\bar{V}_i \cdot n_i \cdot 100}{\bar{V}_{\text{tot}} \cdot N} = \% , \text{ hvor } \bar{V}_i = \text{middelhast. i sektoren } i \text{ ( } i = 10^\circ \text{ intervall)}$$

$$\bar{V}_{\text{tot}} = \text{middelhast. uansett retning}$$

$$n_i = \text{antall observasjoner i sektoren}$$

$$N = \text{totalt antall observasjoner}$$

Strømmrosene gir et mer nyansert bilde av strømtransporten enn de beregnede reststrømmene.

På 10 meters dyp ved Stasjon B var strømmen hovedsaklig vestlig, dvs inngående. De fleste observasjoner av strømretningen lå i en intervall mellom 210 - 300 grader. På 20 meters dyp var det to hovedretninger på strømmen - en vestlig og en sydøstlig. De fleste registreringer lå i den sydøstlige sektoren (utgående strøm). Ved stasjon A var strømmen i den første perioden hovedsaklig registrert i tre retninger - nordvest, nordøst og sydøst. På 20 meters dyp savnes helt registreringer i sektoren 170 - 230° på grunn av den tidligere omtalte feilen på måleren. Det virker som om de registreringer som skulle vært lagret i denne sektor i stedet er lagret like ved, d.v.s. i sydøst og vestsydvest.



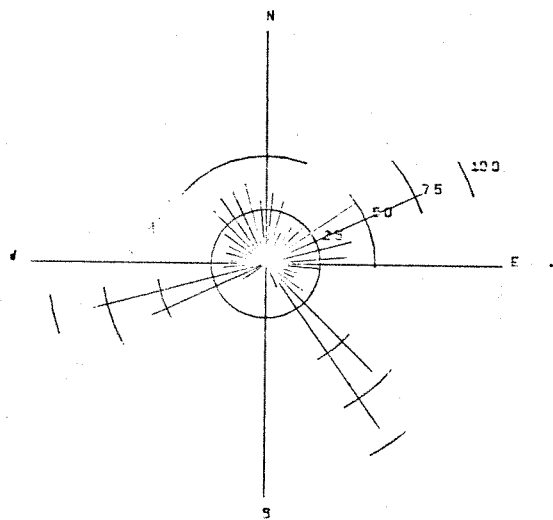
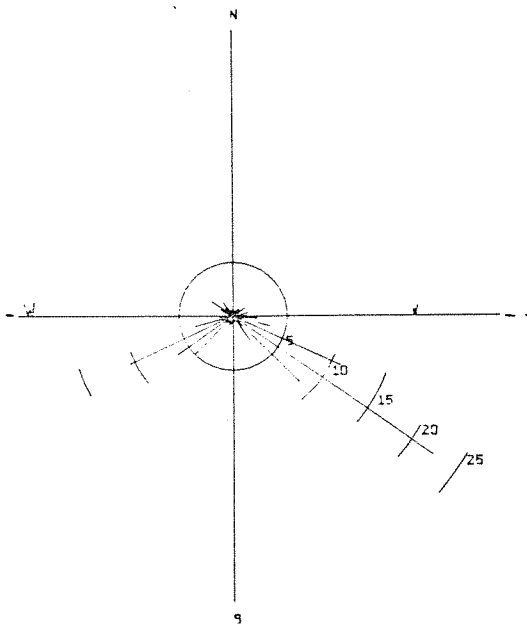
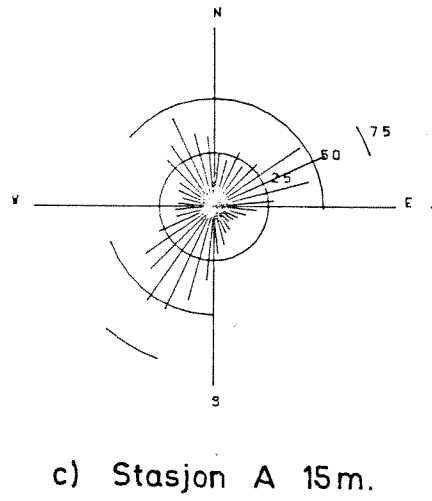
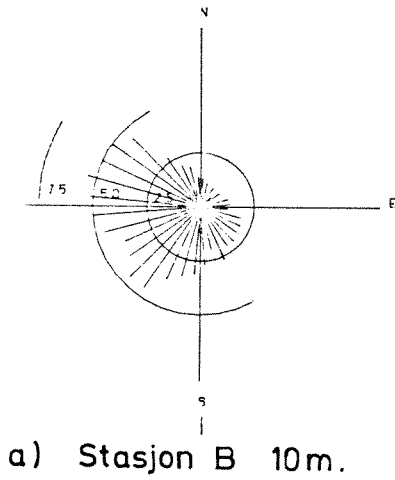
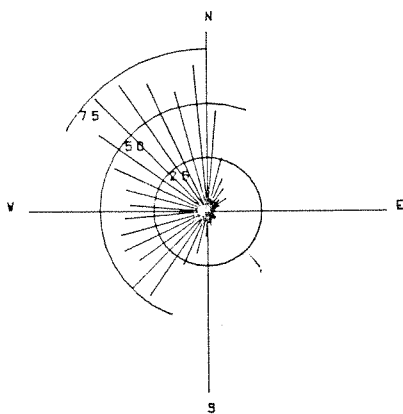
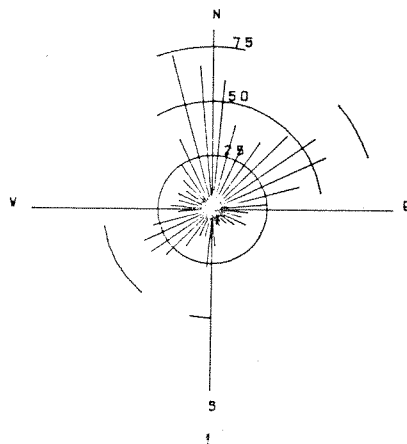


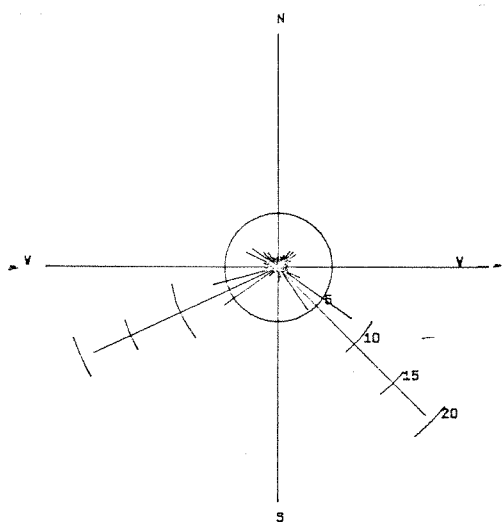
Fig. 17 Strömmålinger utenfor Hisøy 18.8. 29.9. 1975.  
Transport (%) i sektorer på 10°



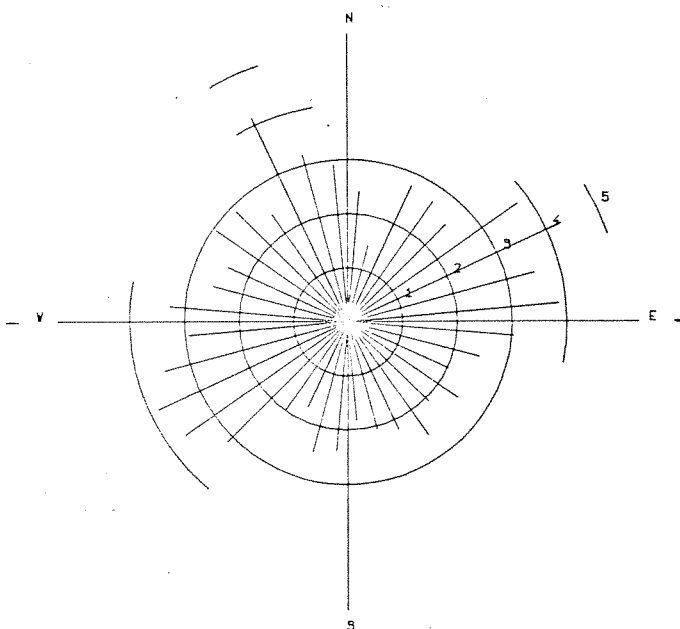
a) Stasjon C 5m.



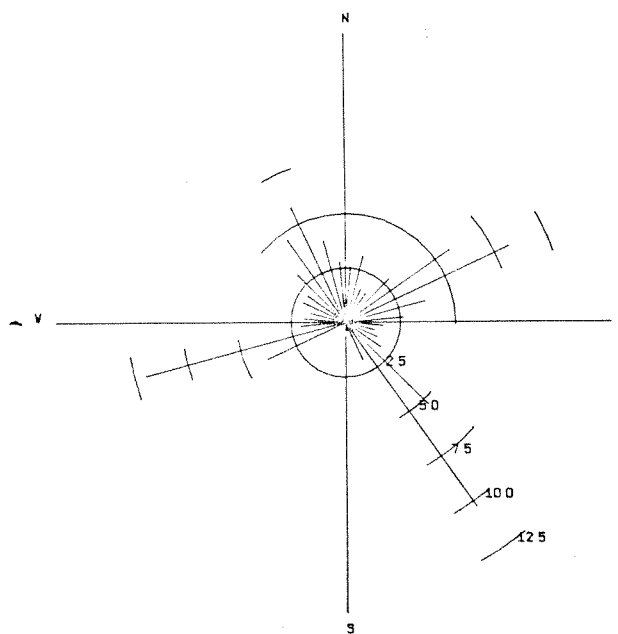
c) Stasjon A 5m.



b) Stasjon C 10m.



d) Stasjon A 10m.



e) Stasjon A 15m.

Fig. 18 Strømmålinger utenfor Hisøy 29.9 - 12.11.1975  
Transport (%) i sektorer på 10°

Da skulle strømmens fordeling være omtrent som for strømmen på 15 meters dyp.

I den andre måleperioden var strømmen ved Stasjon A på 15 meters dyp registrert i samme retninger som i den første perioden. (Den måler som tidligere var på 20 meters dyp var nå på 15 meter). På 10 meter var strømmen jevnt representert rundt kompasset. På 5 meters dyp var strømmen nordlig, med de fleste registreringer i sektoren fra 340 - 10 grader og nordøst samt endel registreringer i sydvest.

Ved Odderklevstrømmen var strømretningen på 10 meters dyp fordelt mellom 240 og 140 grader, mens måleren på 5 meters dyp hovedsaklig registrerte strøm i sektoren 210 - 10 grader, og stort sett ingen registrering i sektoren 60 - 180 grader.

#### 4.4.2 D i s k u s j o n

Strømmålerne ved Odderklevstrømmen har vist inngående strøm på 5 meter. Dette er reaksjonsstrømmen til den utgående brakkvannsstrømmen. Ved målinger med gelatinpendler (figur 19) på samme sted har den utgående brakkvannsstrømmen blitt registrert ned til et dyp av 1.5 meter. Derunder har det vært inngående strøm til 7 - 8 meters dyp. Strømmåleren har ligget ved siden av den hovedsaklige brakkvannsstrømmen og dessuten i ly av Rødskjær i elvemunningen. Dette er antagelig den viktigste grunnen til at reaksjonsstrømmen er blitt registrert så høyt opp (kfr. strømkorsmålingene). På 10 meters dyp har strømmen vært sydlig i store deler av måleperioden. Dette skulle indikere ytterligere et strømsystem under den estuarine delen,

Ved Stasjon B virker det som reaksjonsstrømmen blir dypere, slik at måleren på 10 meters dyp for det meste har registrert inngående strøm. Målinger med gelatinpendler har vist inngående strøm ned til og med 10 meter. Det er trolig at denne måleren har ligget på nederste grense for reaksjonsstrømmen. Måleren på 20 meters dyp viser en utgående strøm mesteparten av tiden.

U 2 18/8.

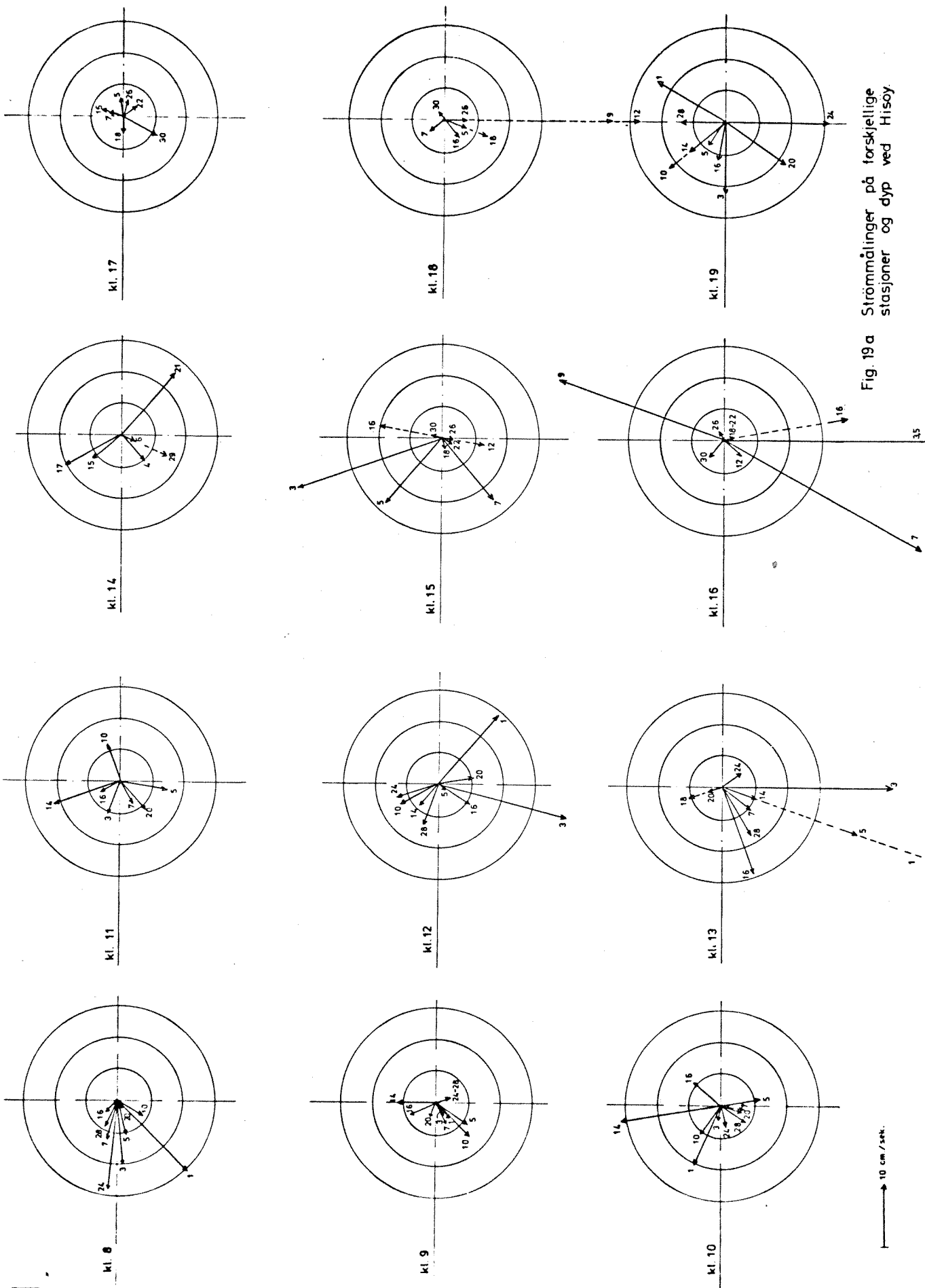


Fig 19a Strømmålinger på forskjellige stasjoner og dyp ved Hisøy.

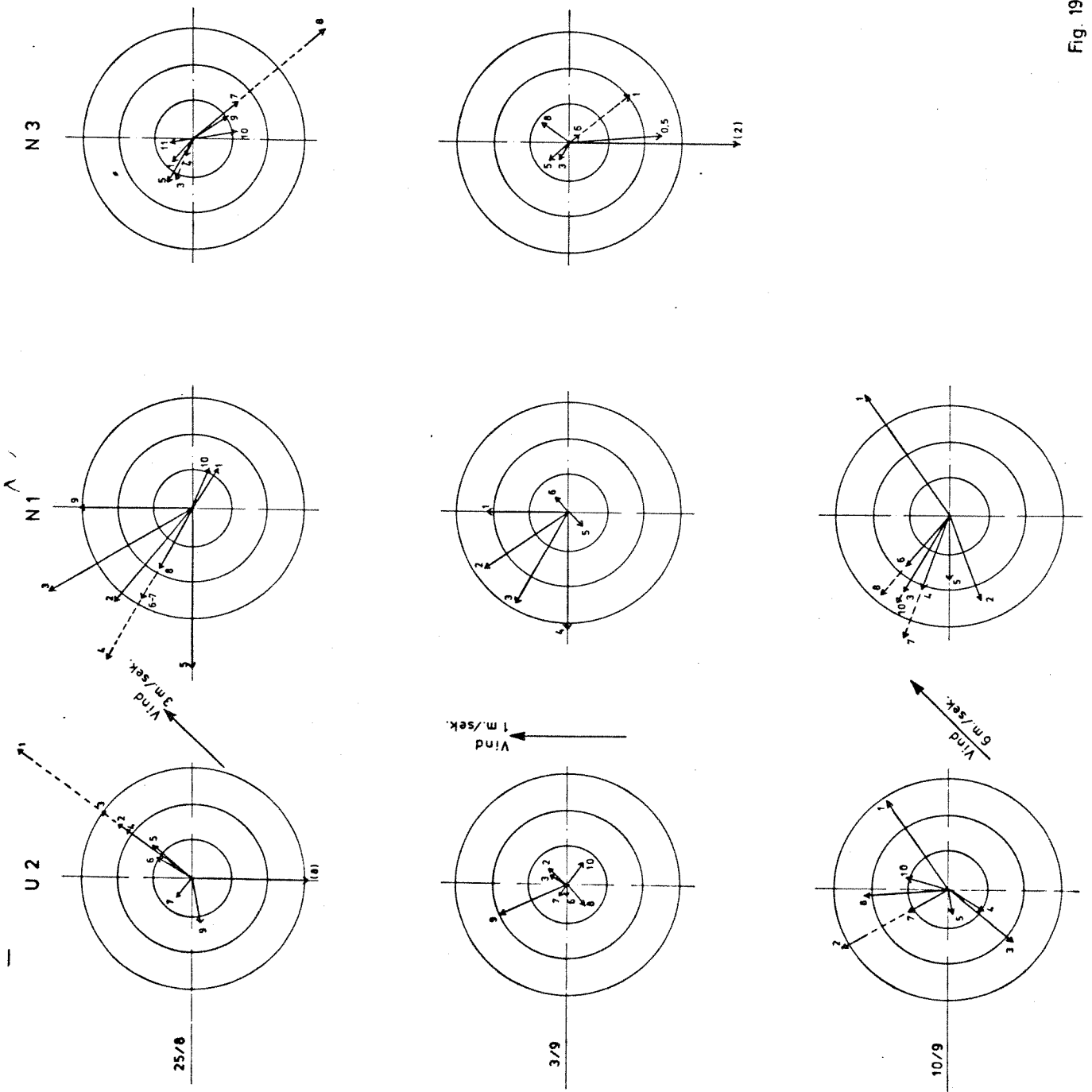


Fig. 19b.

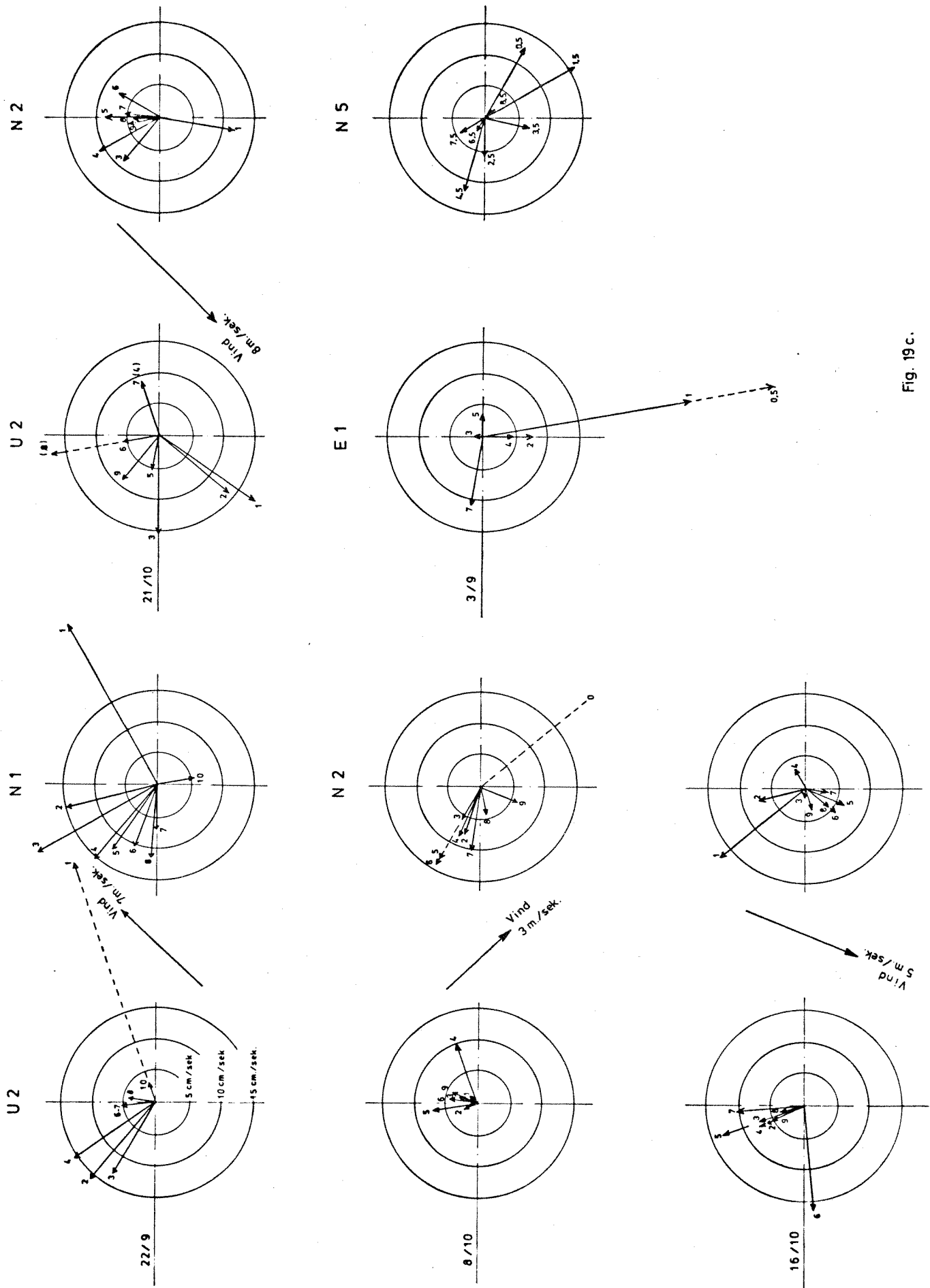


Fig. 19 c.

Ved Stasjon A er strømmen for det meste nordlig eller parallell med kysten fra et par meters dyp og ned til og med 5 meter. På 10 meters dyp er strømmen iblant den samme som på 5 meter, men også iblant motsatt rettet. Både på 15 og 20 meters dyp er strømmen for det meste nordlig og følger topografien.

#### 4.4.3 Sammenheng mellom vind, strøm og hydrografi

Kontinuerlige registreringer av saltholdigheten har blitt foretatt i et punkt i området (Stasjon A). Mellom den 18.8 - 29.9 skjedde saltregistreringen på 20 meters dyp og mellom den 30.9 og den 12.11 på 15 meters dyp. Registreringen skjedde ved måling av konduktiviteten (ledningsevne) og temperaturen i vannet. Sensorene var montert på en Aanderaa-måler. Øvrige målere i området hadde bare temperaturmålere, men en sammenligning mellom salt- og temperaturvariasjonene på måleren ved Stasjon A, og deretter mellom temperaturen på denne måleren og de øvrige målerne, synes å vise at målerne ved Stasjon A kan betraktes som representative for hele området når det gjelder saltvariasjonene.

Resultatene fra strømmålingene er blitt bearbeidet ved at det av timesmiddelverdier er blitt beregnet 25 timers glidende middel på strømmens komponenter i bestemte retninger (figur 20). Denne strøm blir i det følgende betegnet som middelstrømmen. Vindens døgnsmiddel er beregnet fra observasjoner tre ganger pr. døgn ved Torungen fyr.

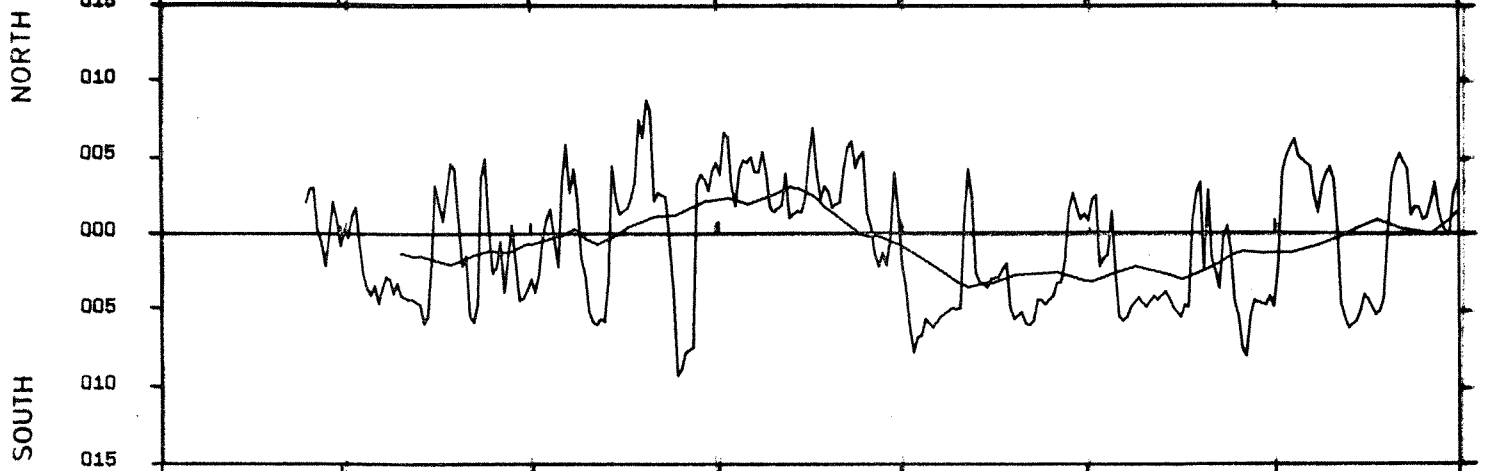
#### V I N D - S T R Ø M

I tabell 6 og 7 er vinden korrelert til middelstrømmen.

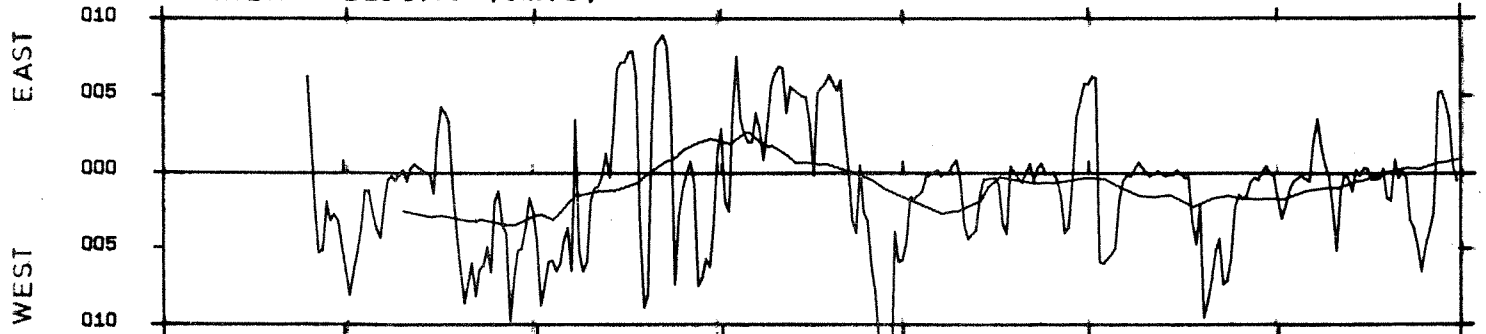
Tabell 6 viser sammenhengen mellom vind og strøm den første måleperioden ved Stasjon A. Over halve perioden var vinden sydvestlig, hvilket medfører at omtrent samtlige strømretninger er representert under denne vindretningen. Ved de få tilfellene med nordøstlig til sydøstlig vind var dog strømmen sydlig på 15 meters dyp, mens dominerende strømretning under sydvestlige

CURRENT VELOCITY (cm/s)

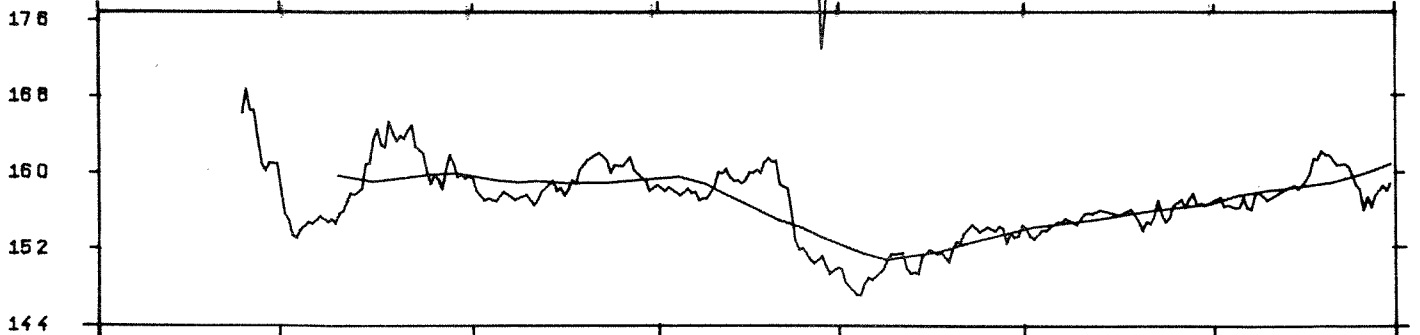
18 08 19 08 20 08 21 08 22 08 23 08 24 08



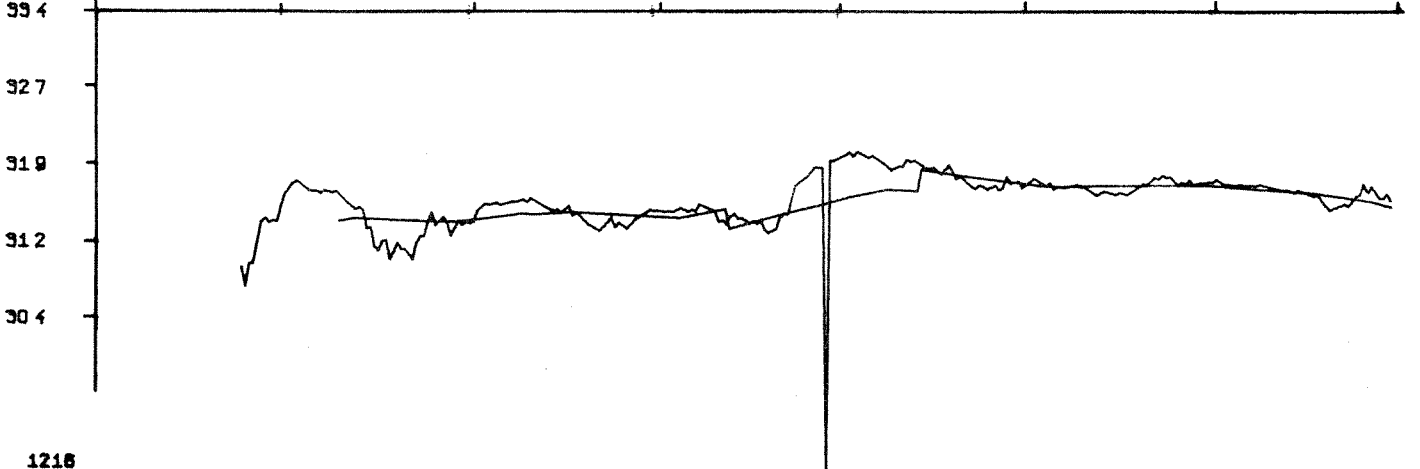
CURRENT VELOCITY (cm/s)



TEMPERATURE (°C)



SALINITY (‰)



1216

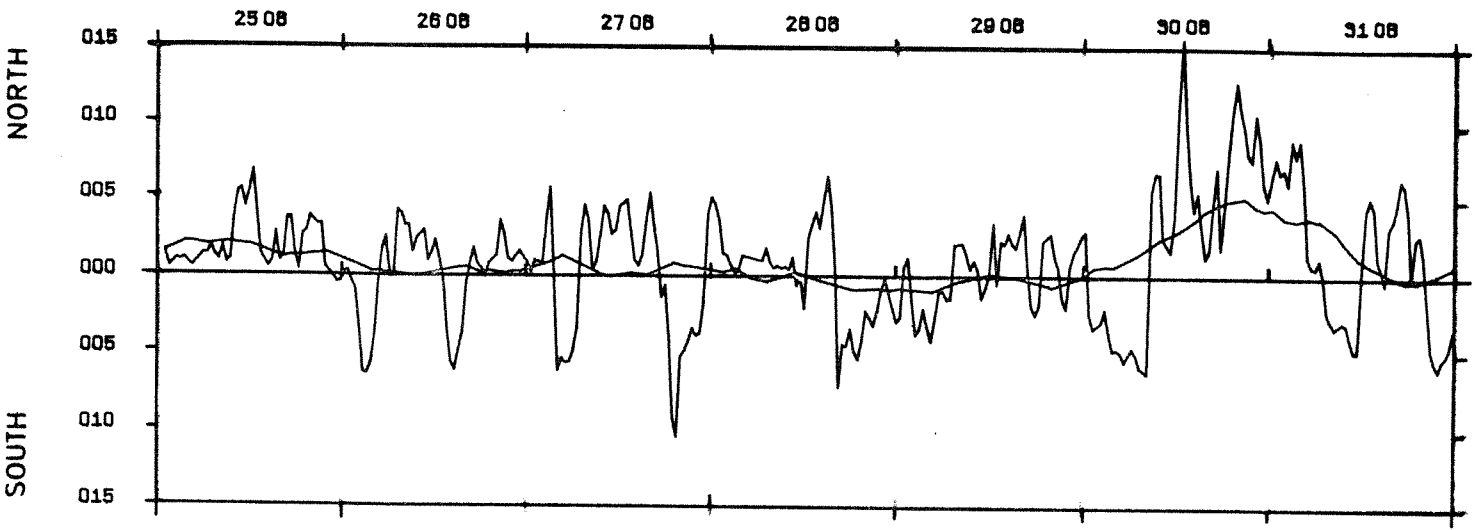
01

Fig. 20 a Dekomponert ström ( N= 65° Ø= 155° ) samt temperatur (°C), salinitet (‰) ved stasjon A 20 m dyp 18. 8. - 28. 9. 1975.

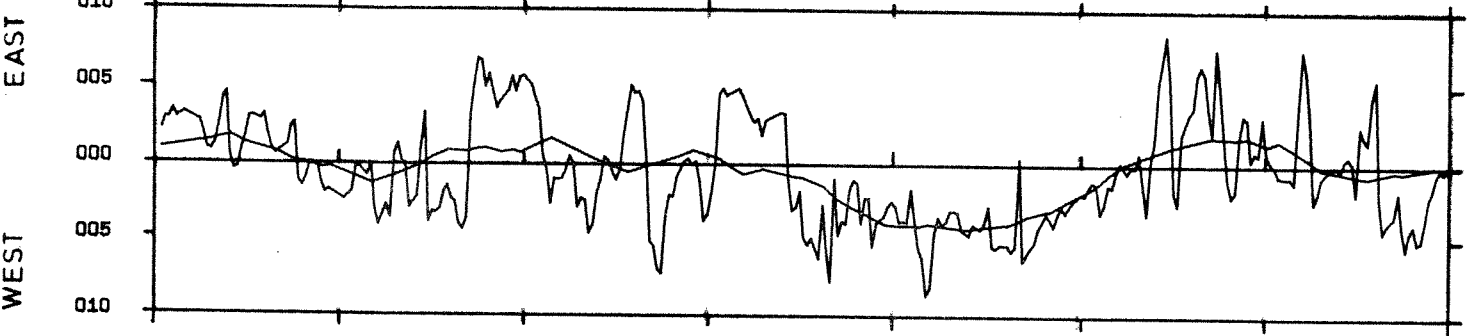


STATION: A  
DEPTH : 20m

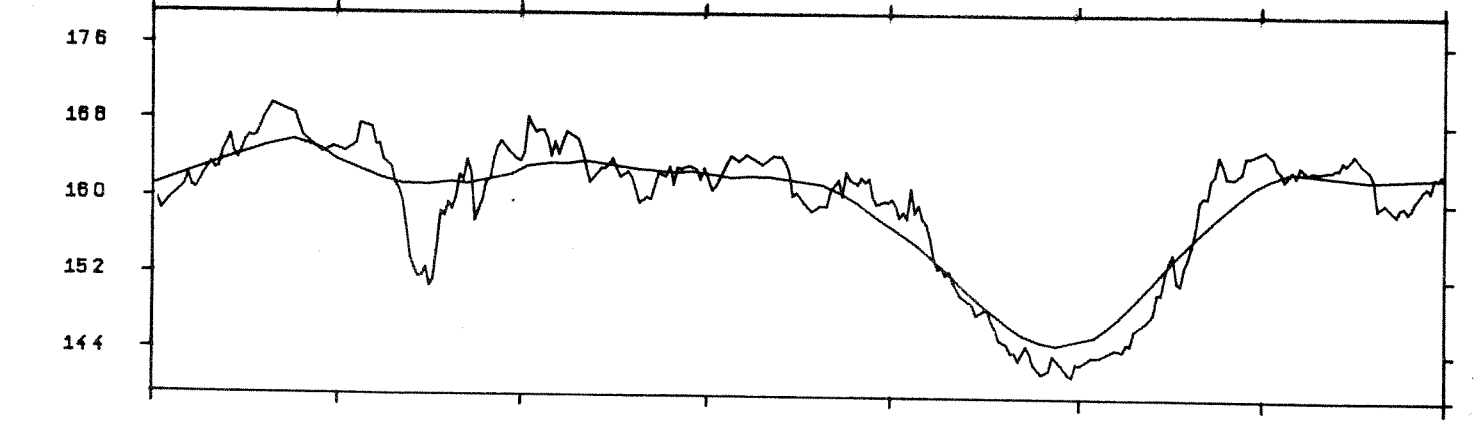
CURRENT VELOCITY (cm/s)



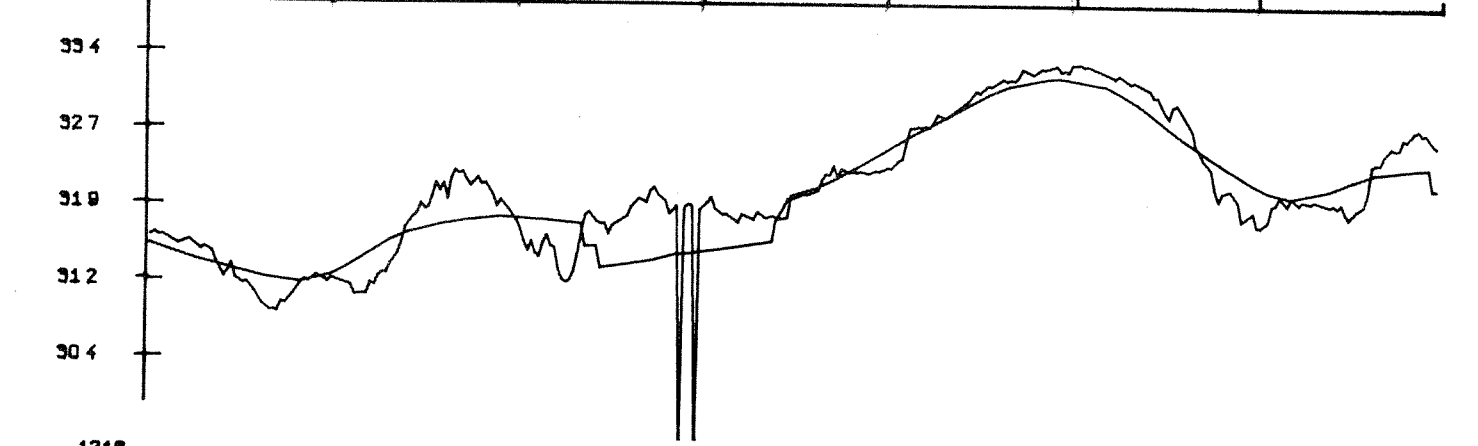
CURRENT VELOCITY (cm/s)



TEMPERATURE (°C)



SALINITY (‰)

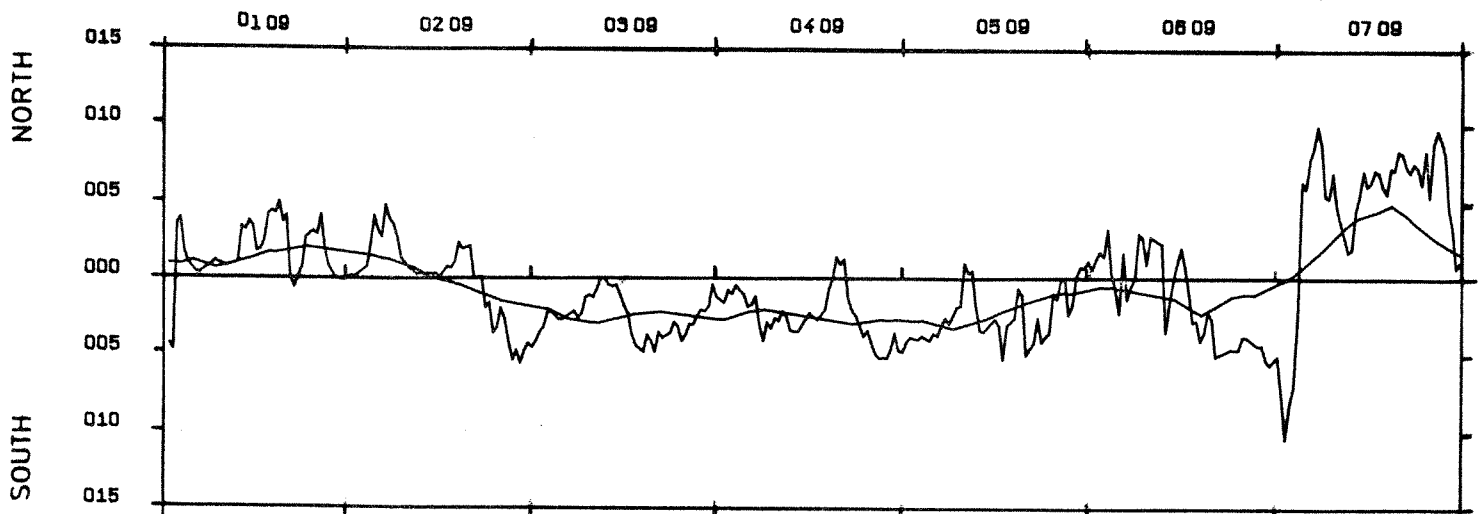


1218

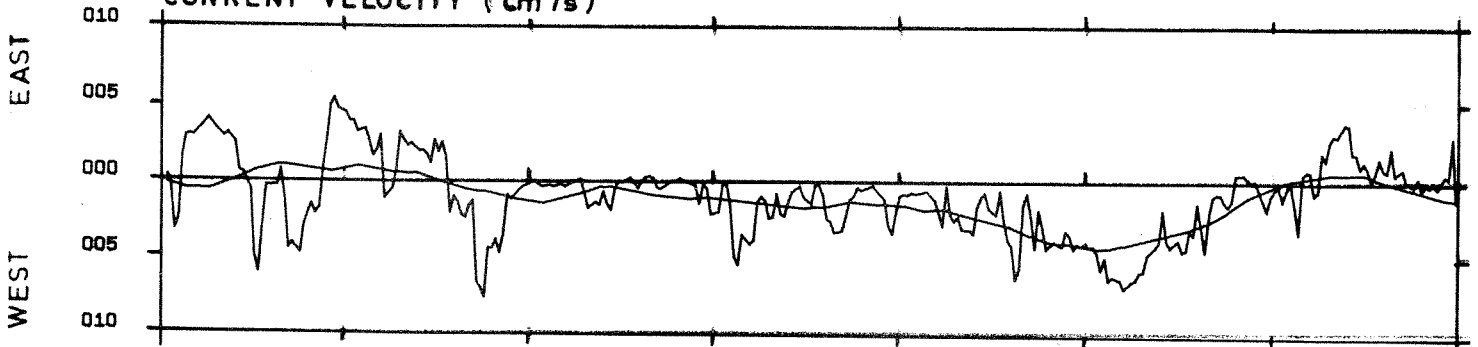
02 Fig. 20 a (forts.)

STATION: A  
DEPTH : 20 m

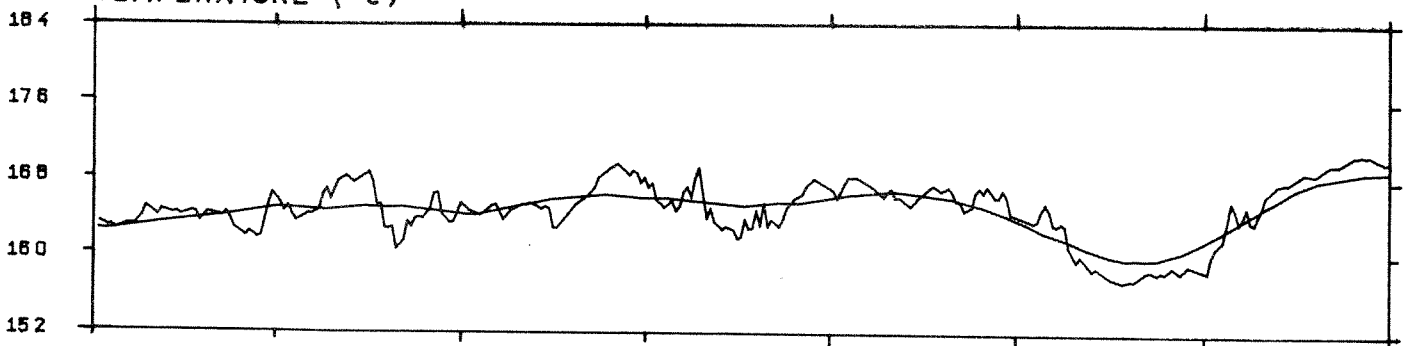
CURRENT VELOCITY (cm/s)



CURRENT VELOCITY (cm/s)



TEMPERATURE (°C)



SALINITY (‰)

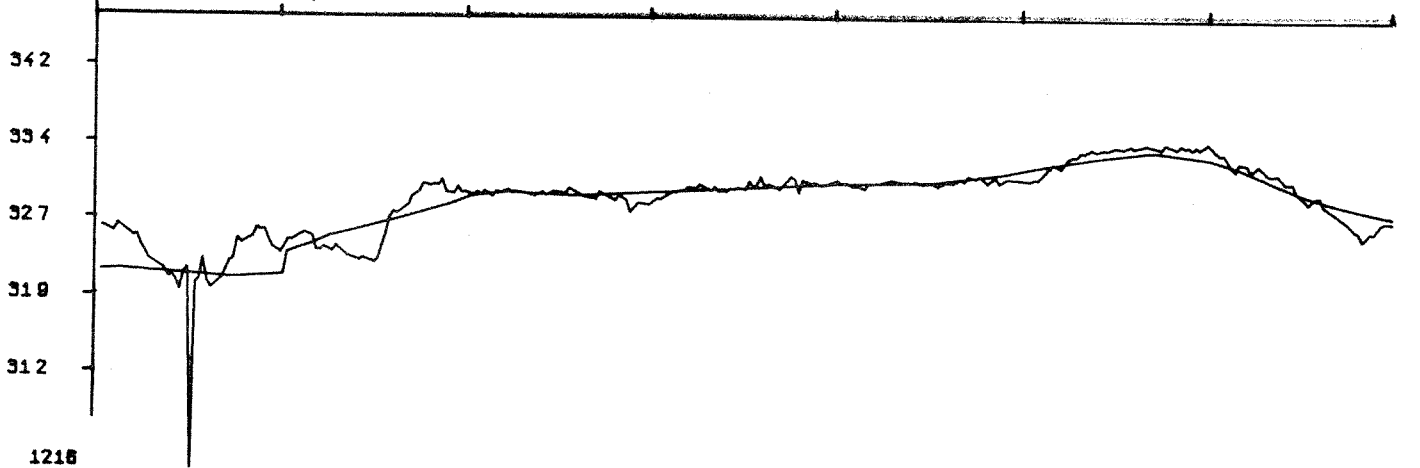
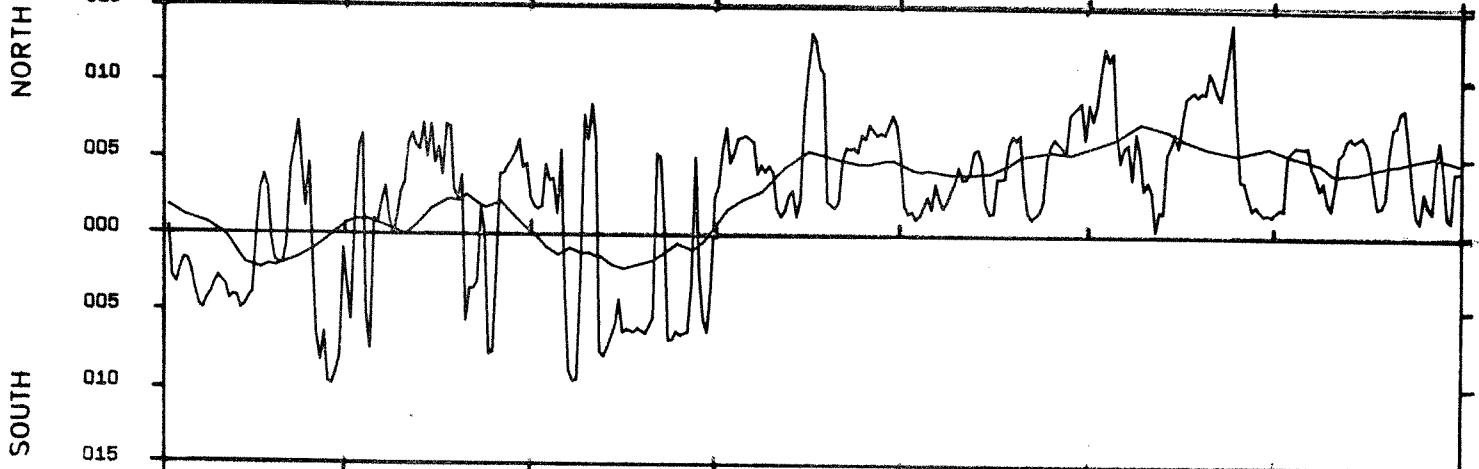


Fig. 20 a (forts.)

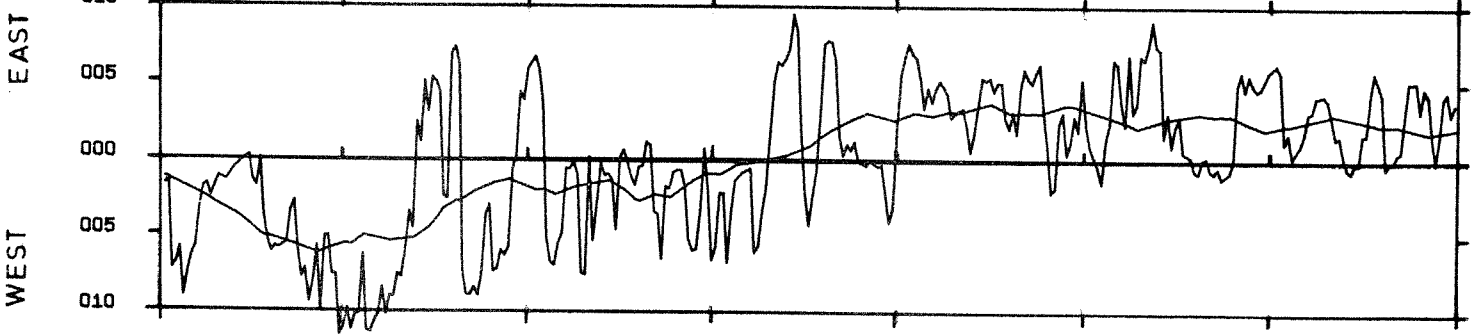
STATION: A  
DEPTH : 20m

CURRENT VELOCITY (cm/s)

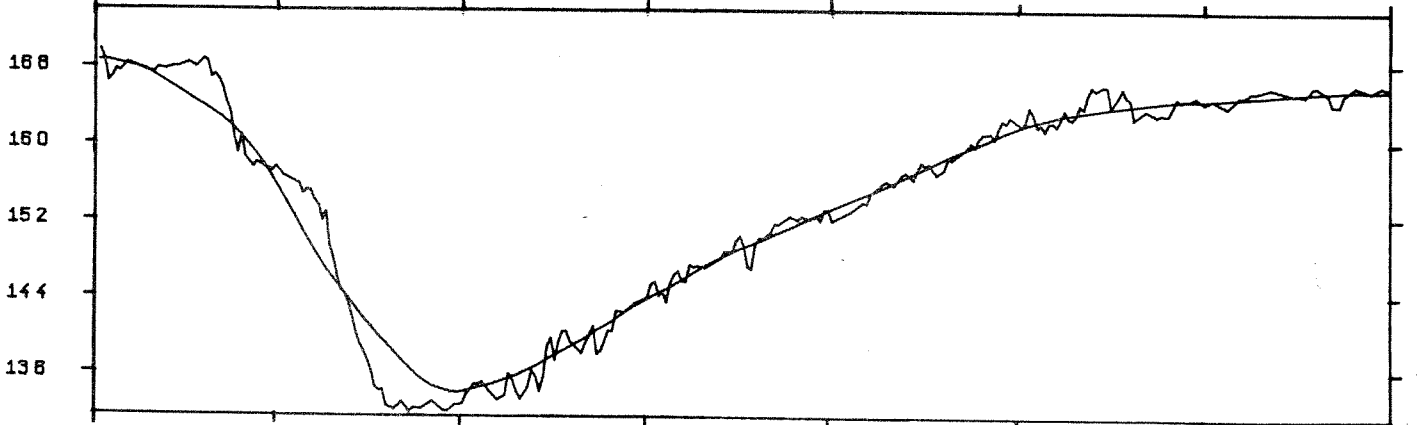
08 09      08 09      10 09      11 09      12 09      13 09      14 09



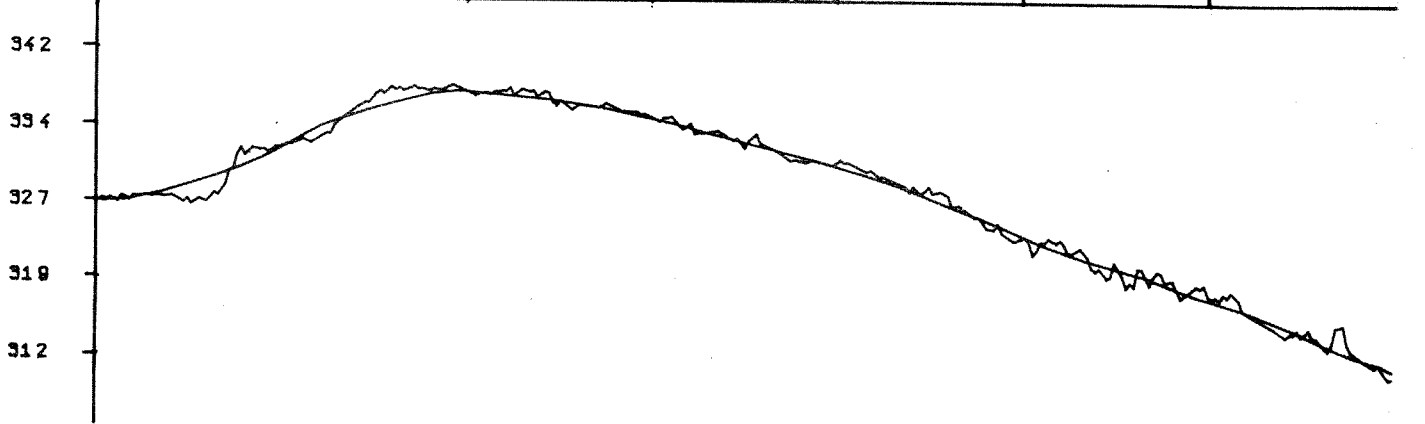
CURRENT VELOCITY (cm/s)



TEMPERATURE (°C)



SALINITY (‰)



1218  
04

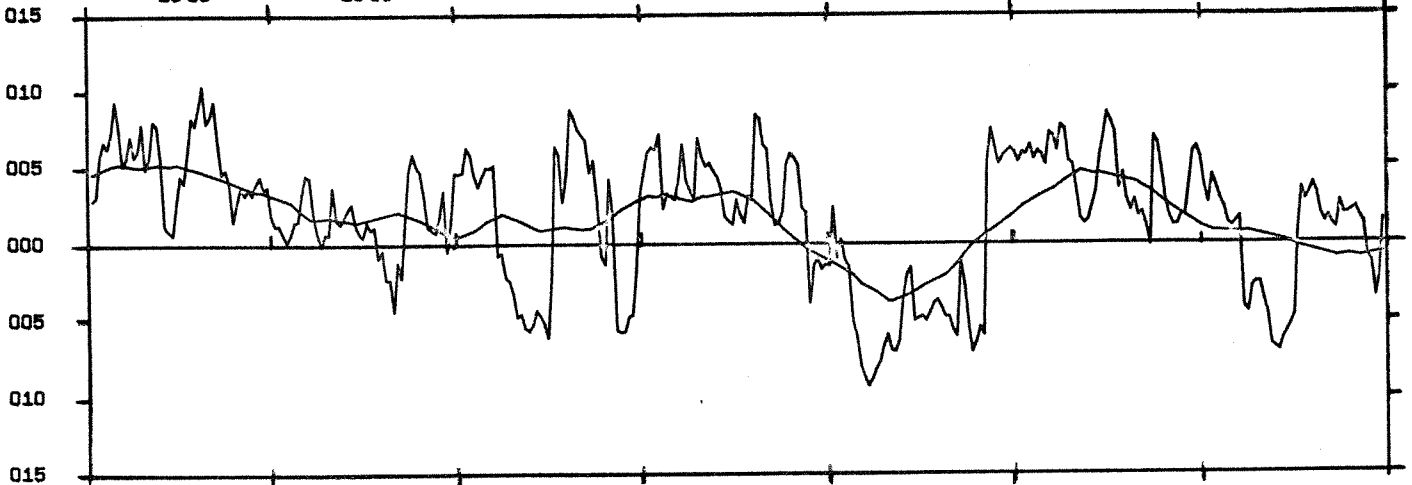
Fig. 20a (forts.)

STATION: A  
DEPTH : 20m

CURRENT VELOCITY (cm/s)

15 09 16 09 17 09 18 09 19 09 20 09 21 09

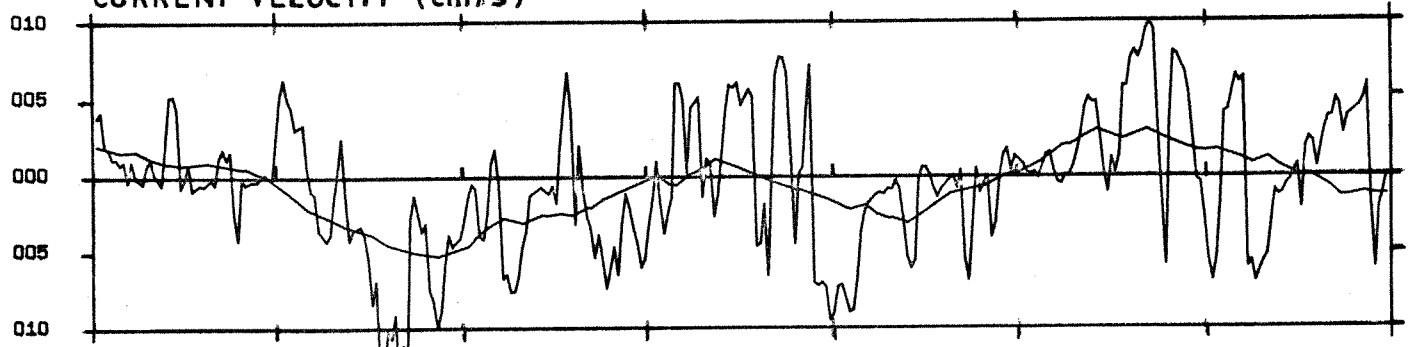
NORTH



SOUTH

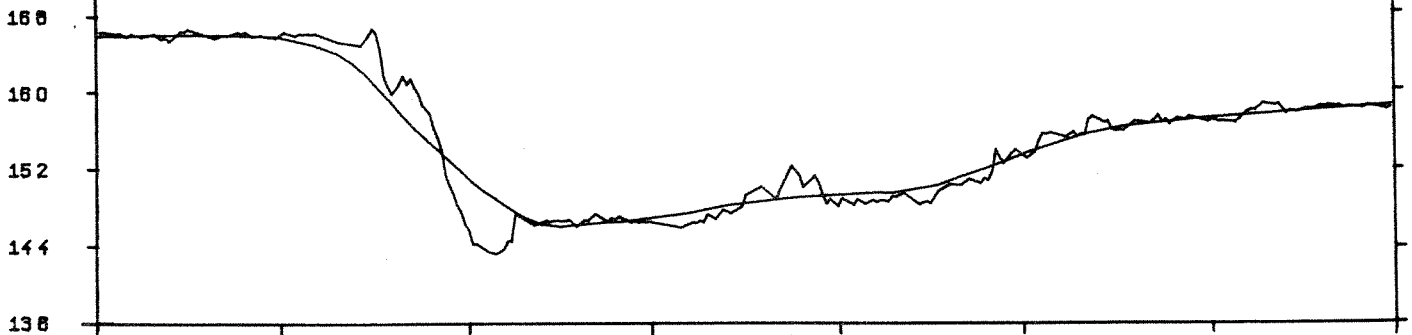
CURRENT VELOCITY (cm/s)

EAST

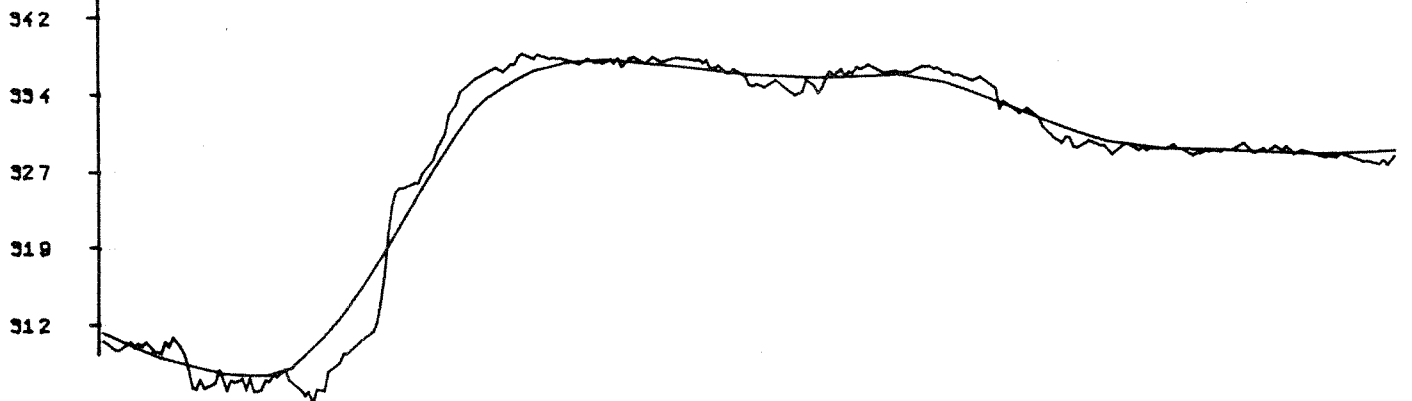


WEST

TEMPERATURE (°C)



SALINITY (‰)

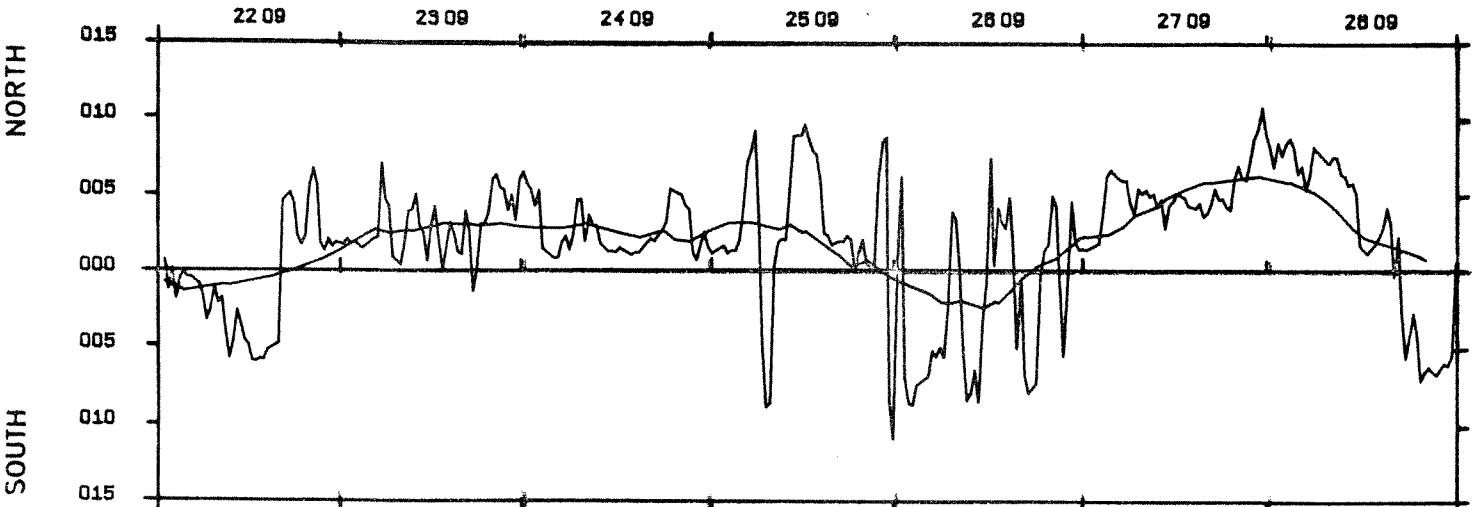


1218  
05

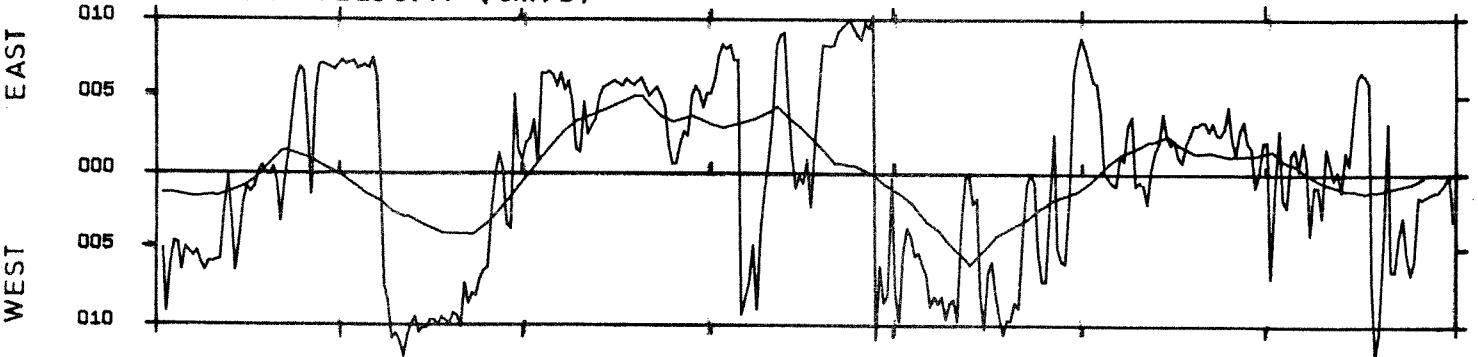
Fig. 20 a ( forts. )

STATION: A  
DEPTH : 20 m

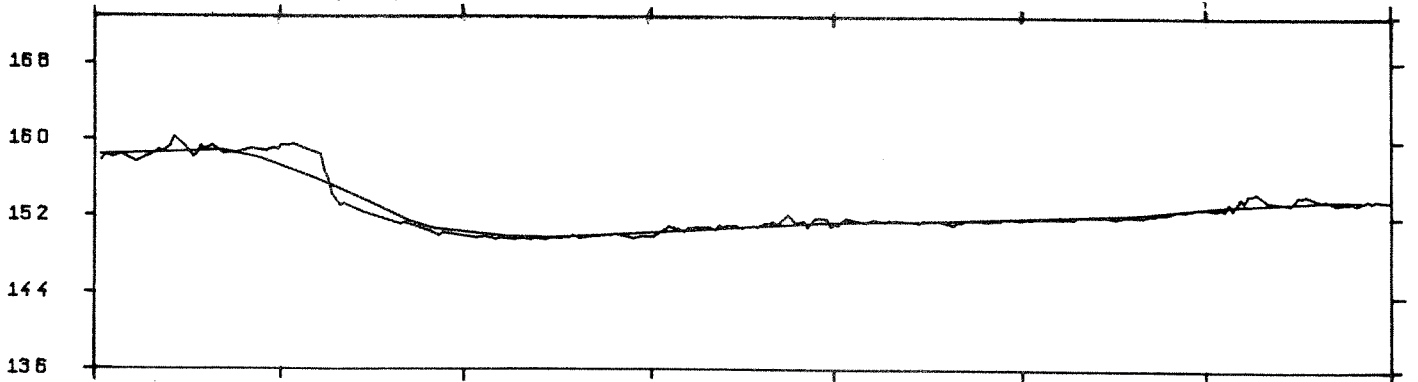
CURRENT VELOCITY (cm/s)



CURRENT VELOCITY (cm/s)



TEMPERATURE (°C)



SALINITY (‰)

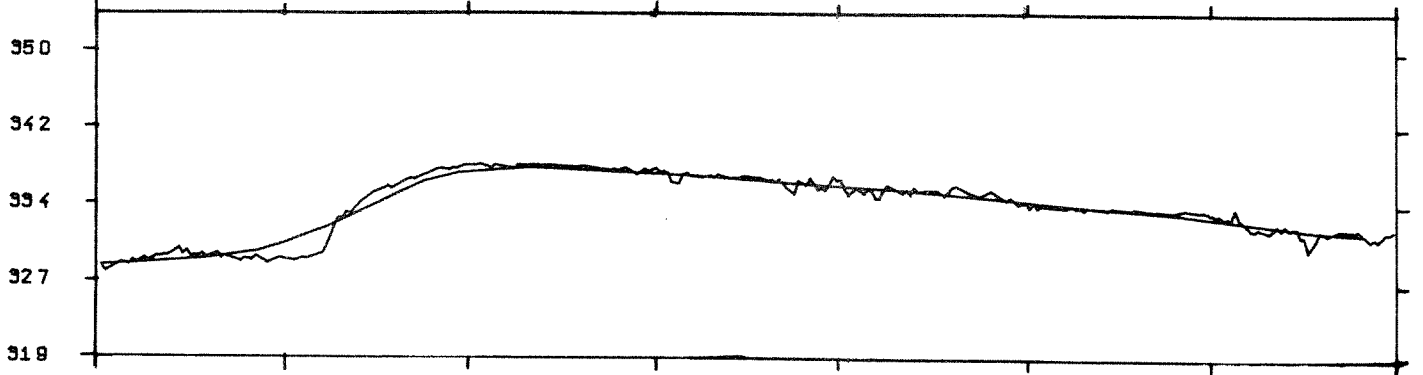
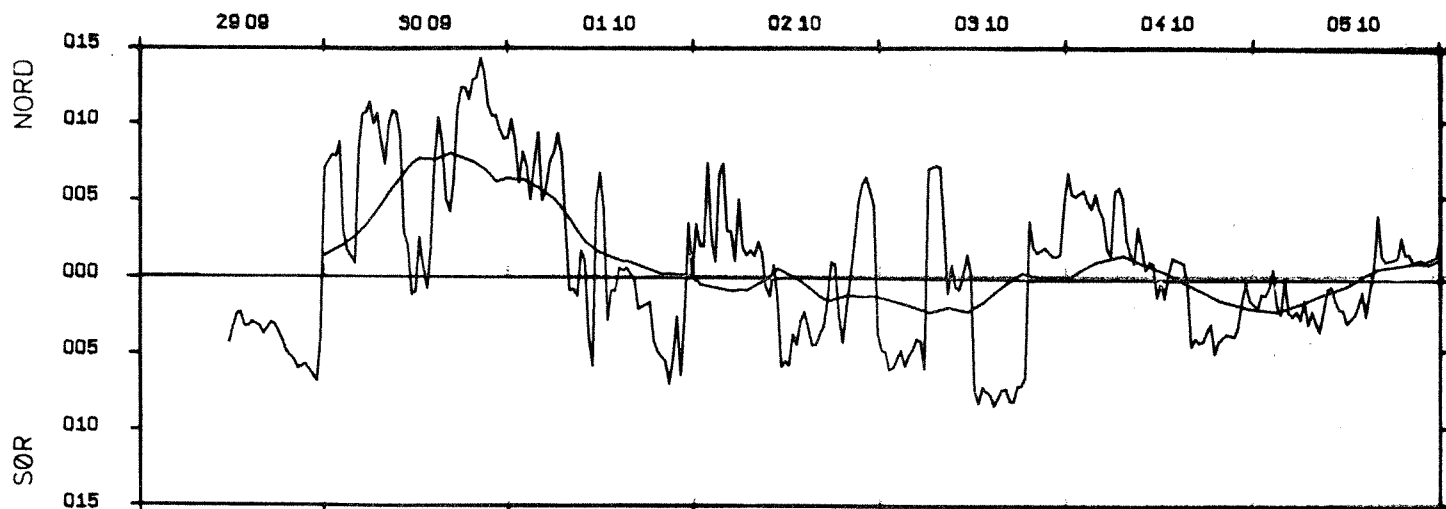


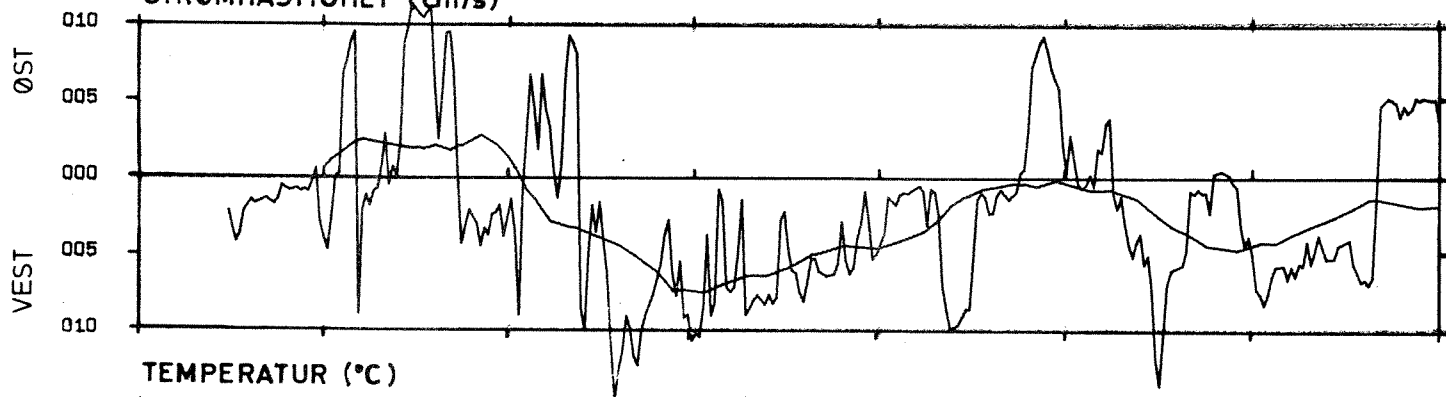
Fig. 20 a (forts.)

STASJON : A  
MÅLEDYP: 15m

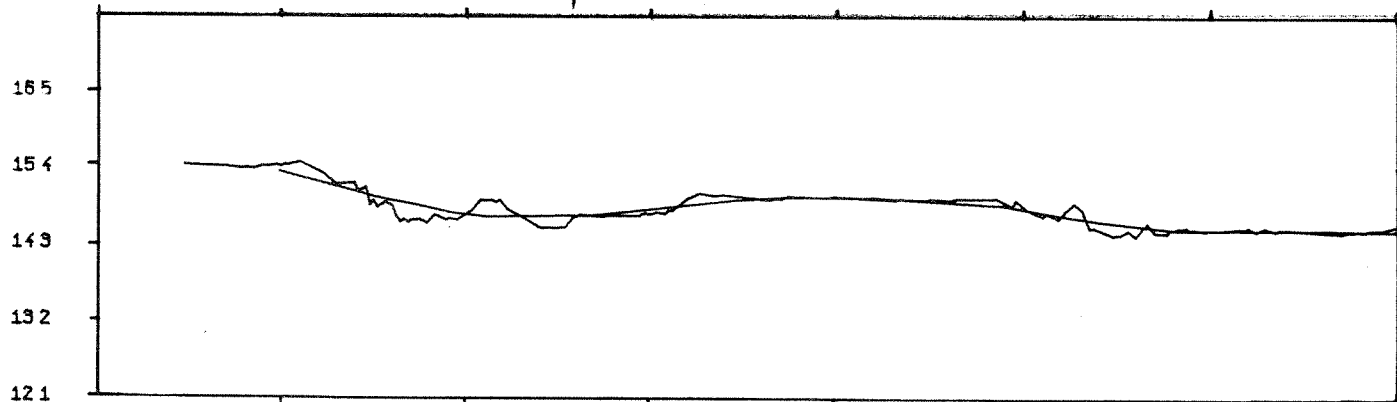
STRØMHASTIGHET (cm/s)



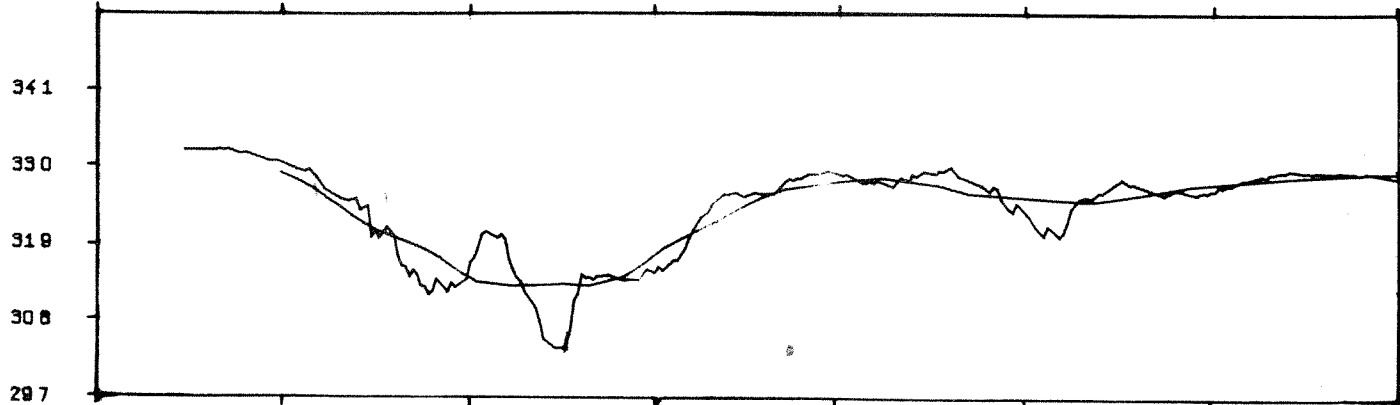
STRØMHASTIGHET (cm/s)



TEMPERATUR (°C)



SALINITET (‰)



32  
01

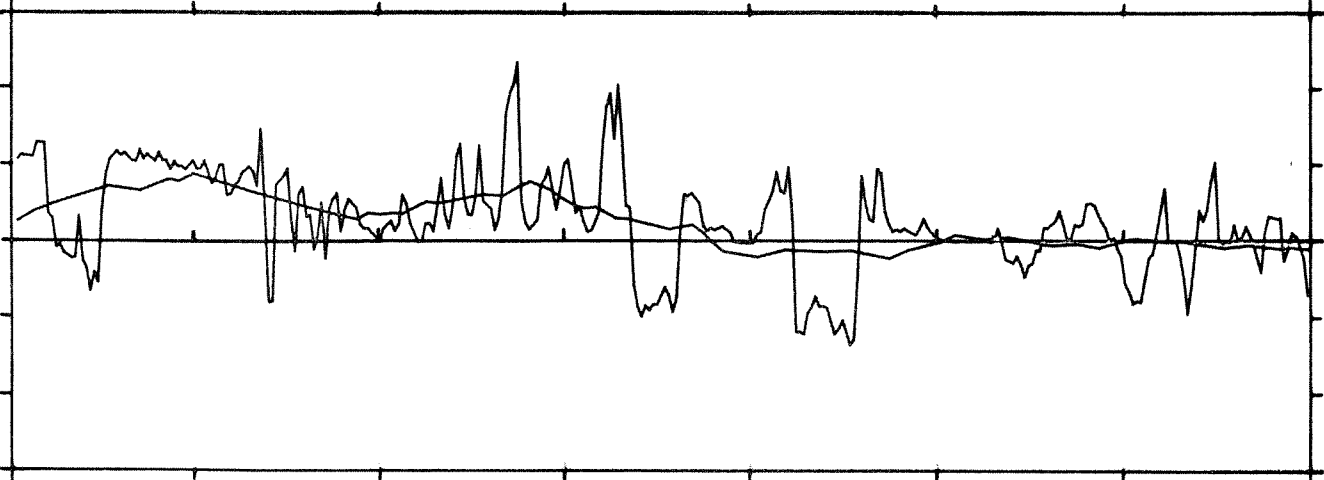
Fig 20b Dekomponert strøm (N=65° Ø=155°) samt temperatur (°C), salinitet (‰) ved stasjon A 15m dyp 29.9. - 12.11.1975.

STRØMHASTIGHET (cm/s)

06 10 07 10 08 10 09 10 10 10 11 10 12 10

NORD

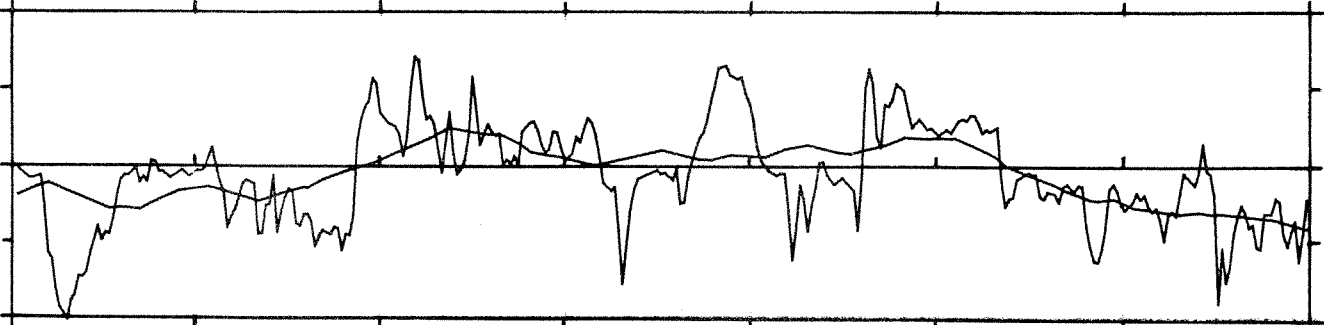
SØR



STRØMHASTIGHET (cm/s)

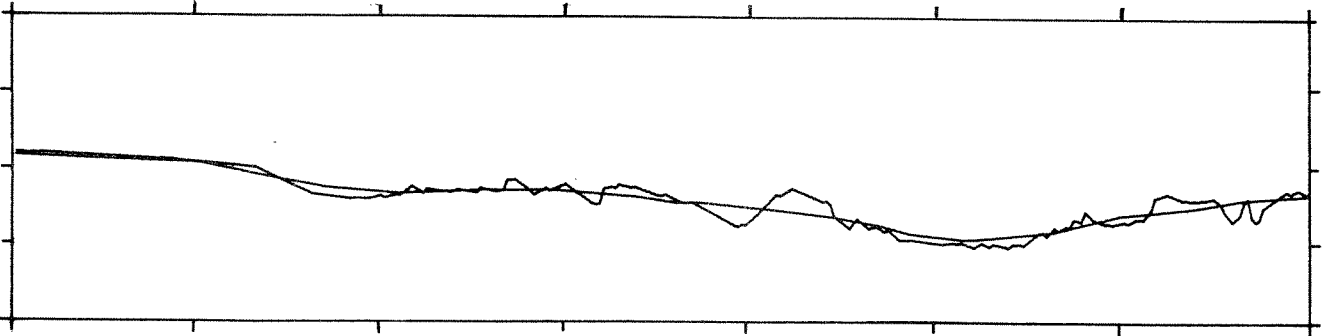
ØST

VEST



TEMPERATUR (°C)

165  
154  
143  
132  
121



SALINITET (‰)

352  
341  
330  
318  
306  
1232  
02

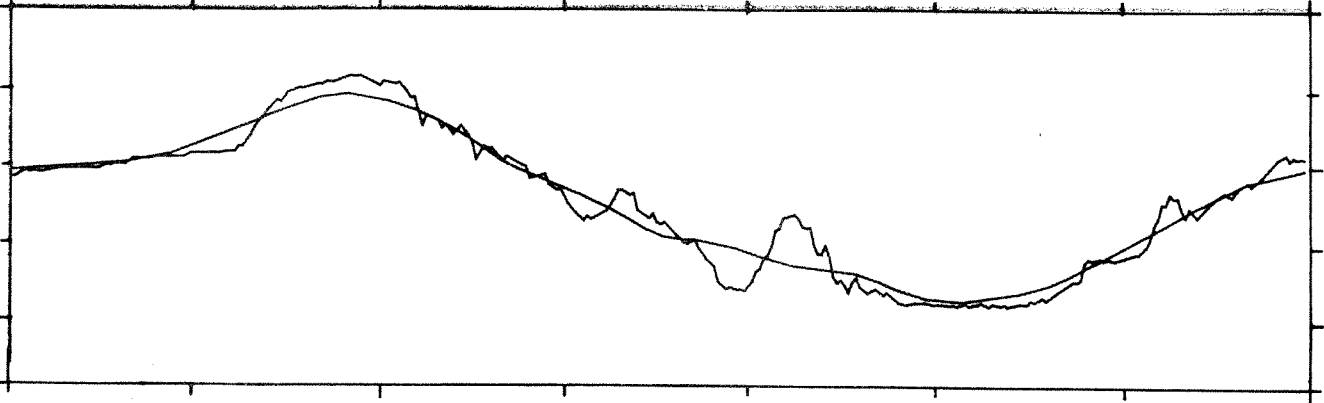
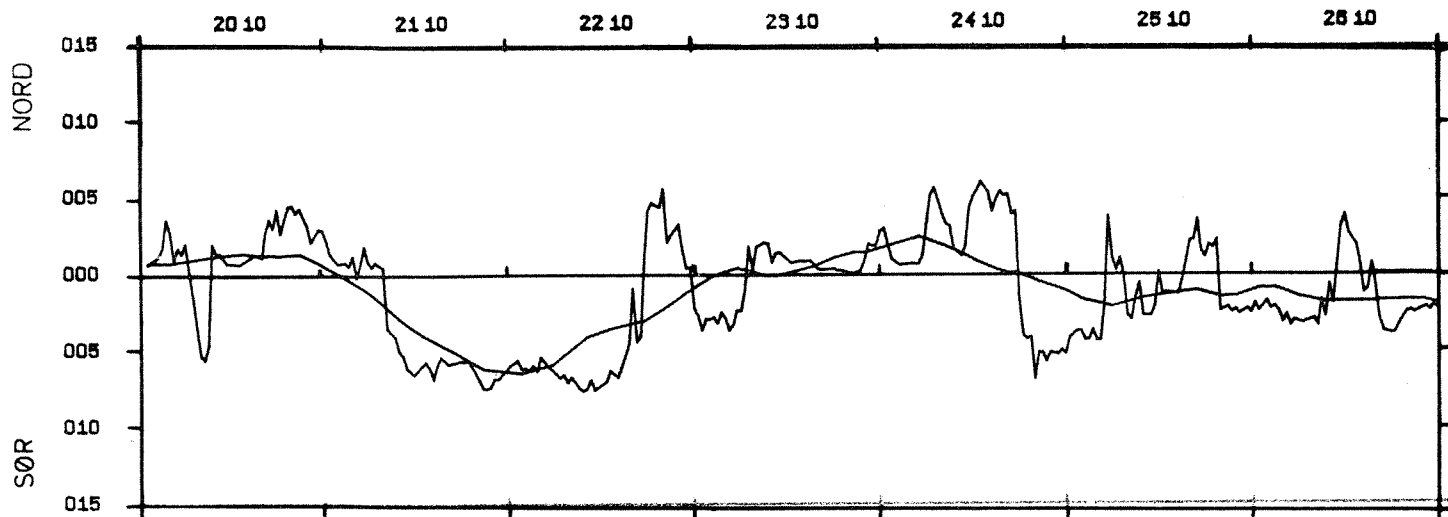
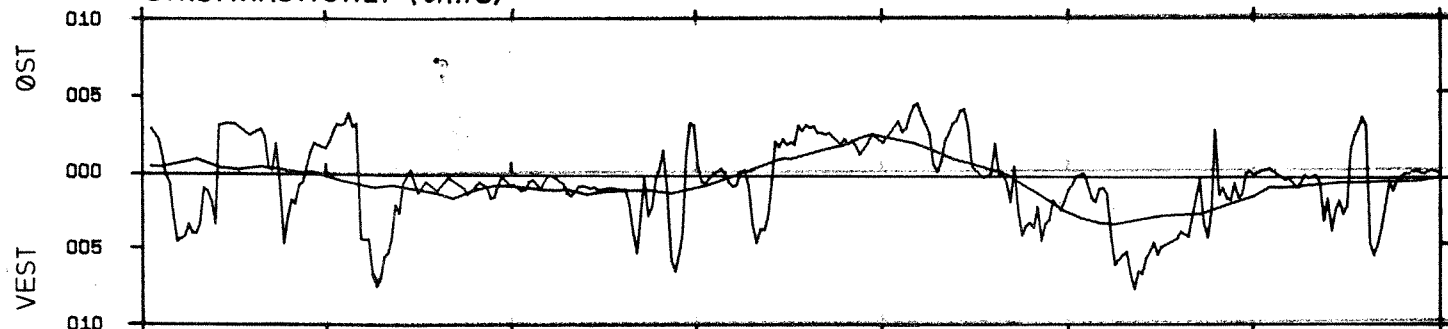


Fig. 20 b (forts.)

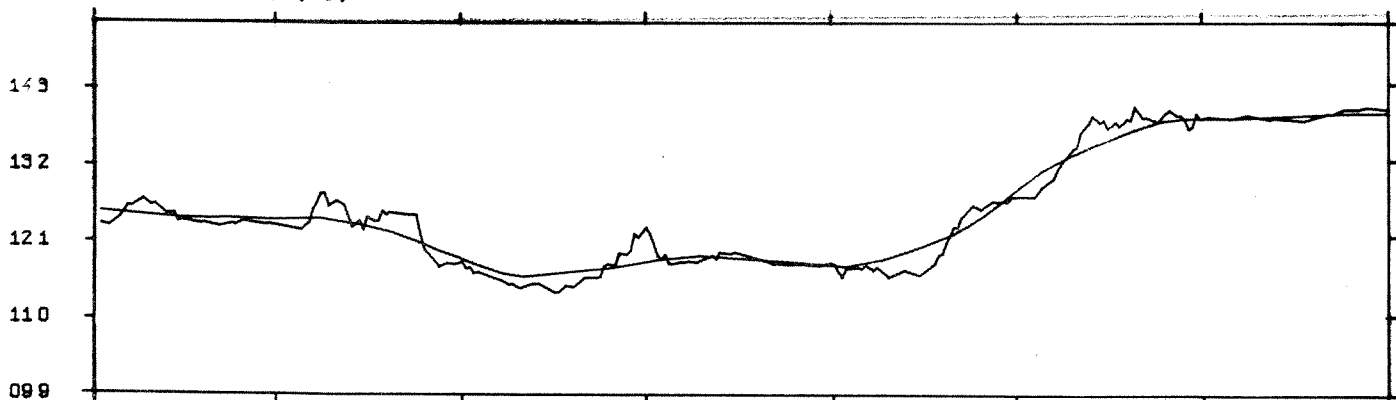
STRØMHASTIGHET (cm/s)



STRØMHASTIGHET (cm/s)



TEMPERATUR (°C)



SALINITET (‰)

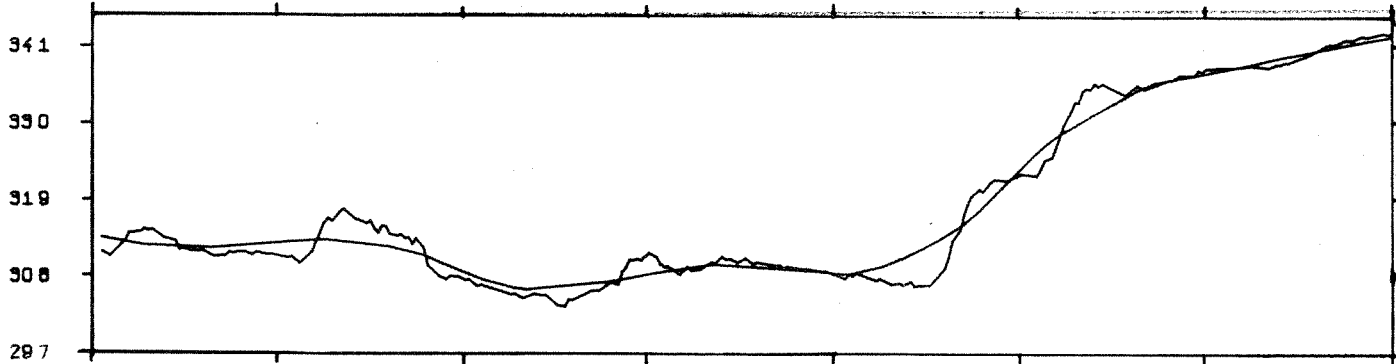
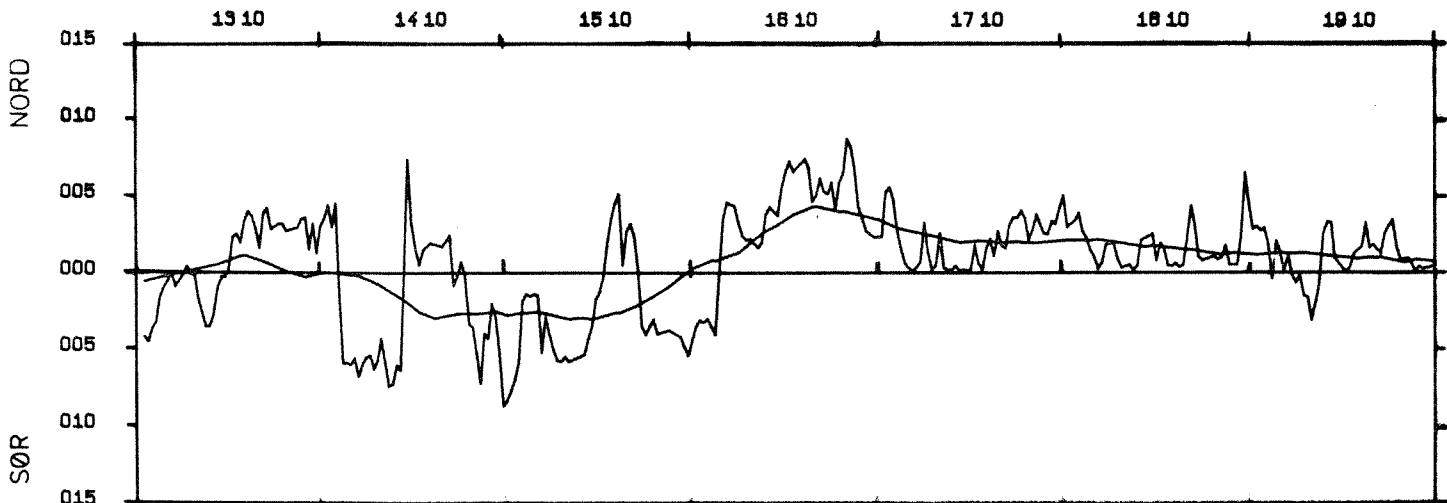


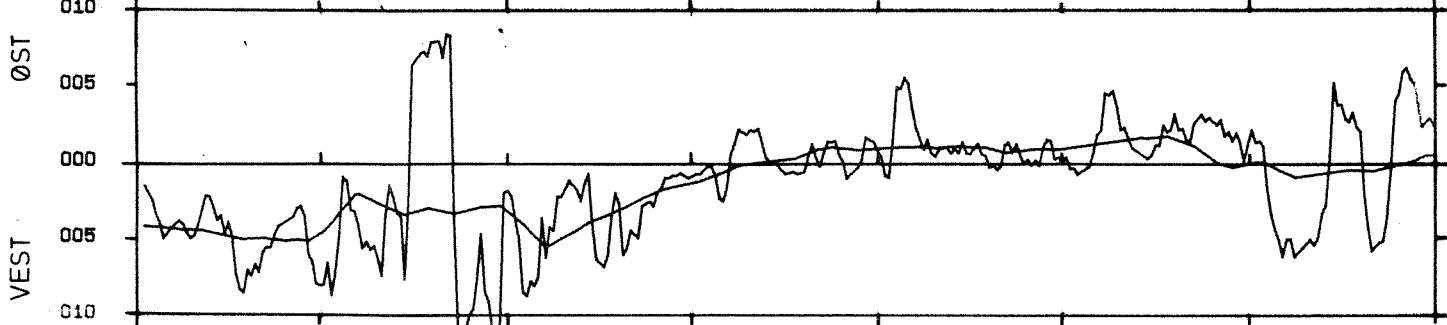
Fig. 20 b (forts.)



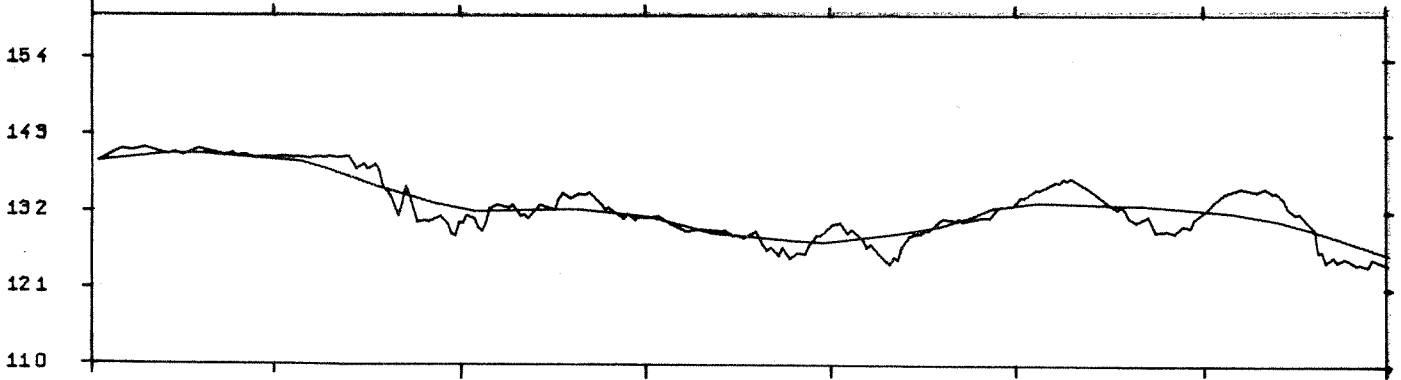
STRØMHASTIGHET (cm/s)



STRØMHASTIGHET (cm/s)



TEMPERATUR (°C)



SALINITET (‰)

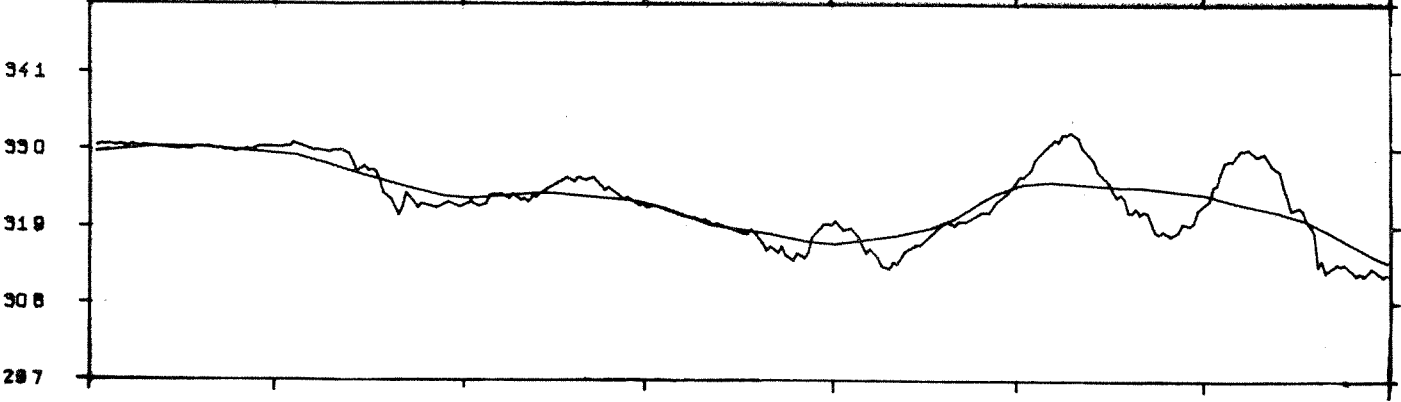
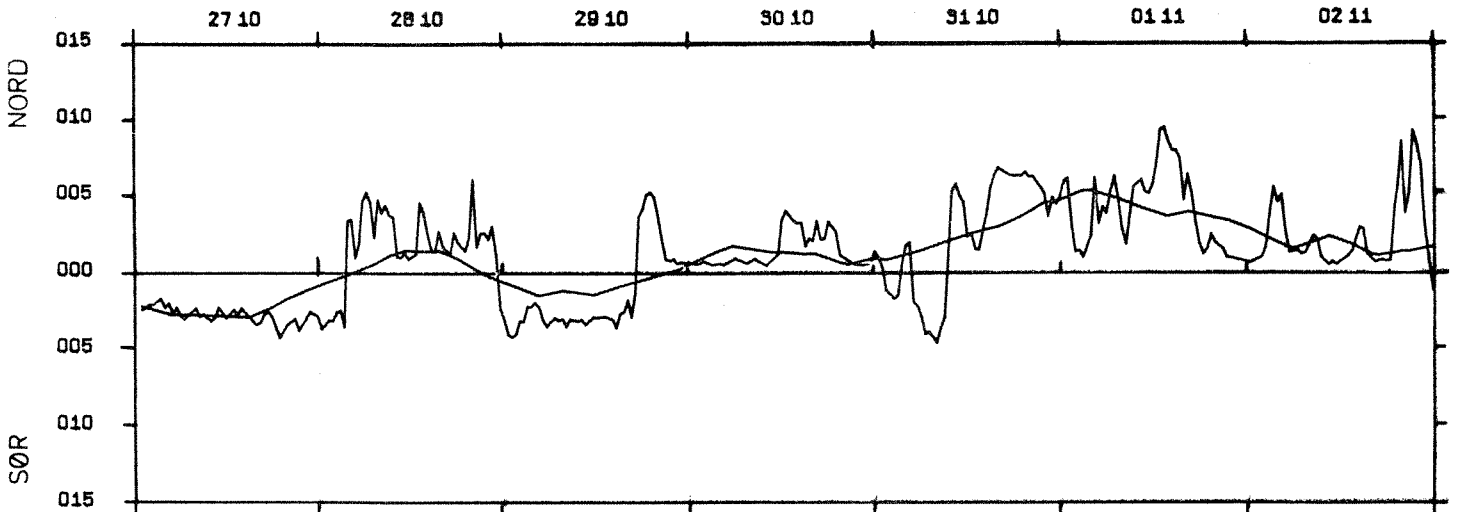
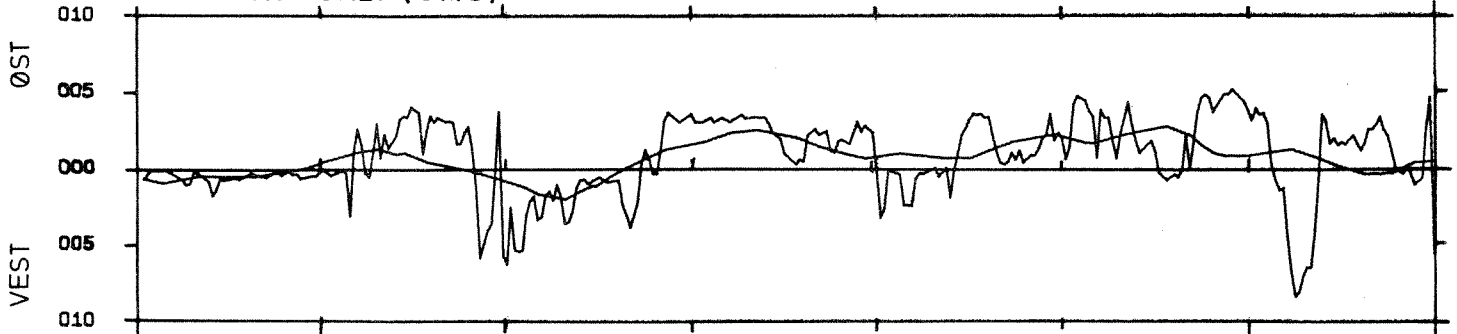


Fig. 20 b (forts.)

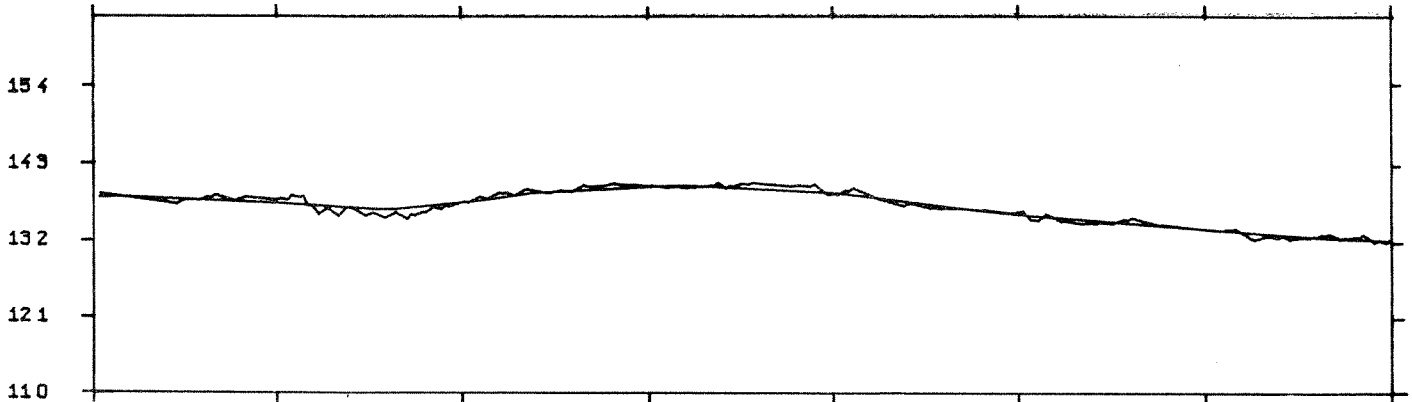
STRØMHASTIGHET (cm/s)



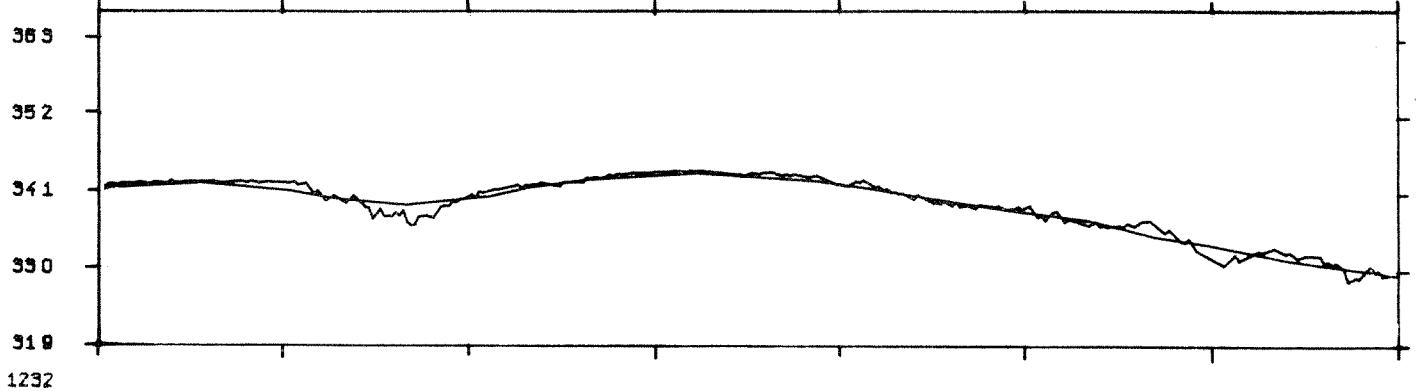
STRØMHASTIGHET (cm/s)



TEMPERATUR (°C)



SALINITET (‰)

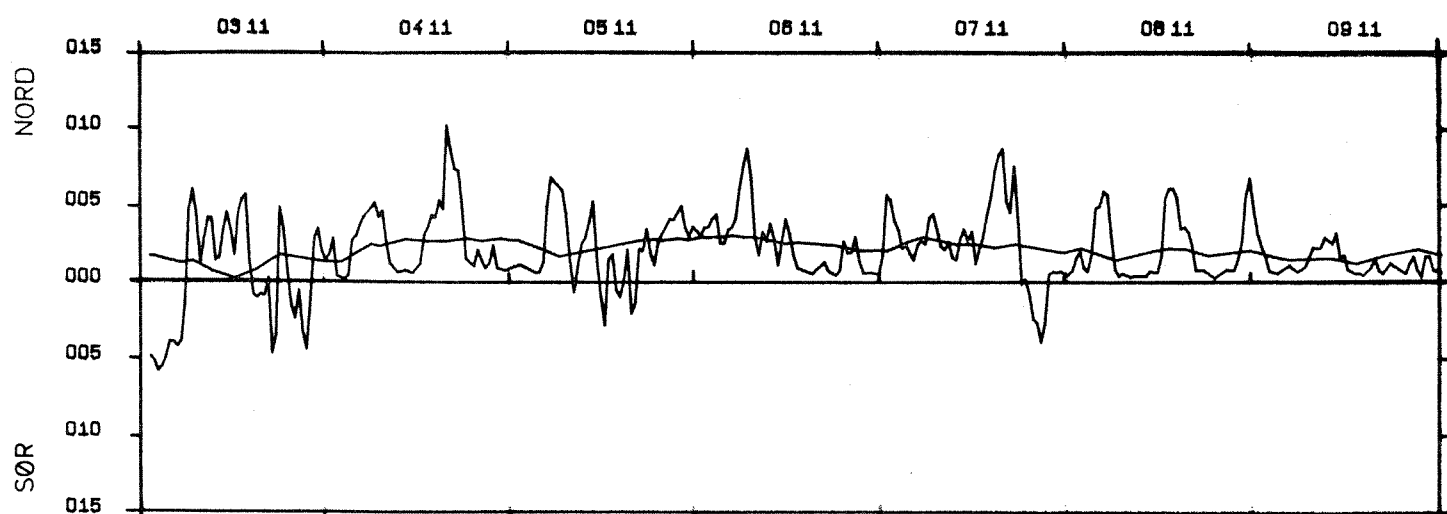


05

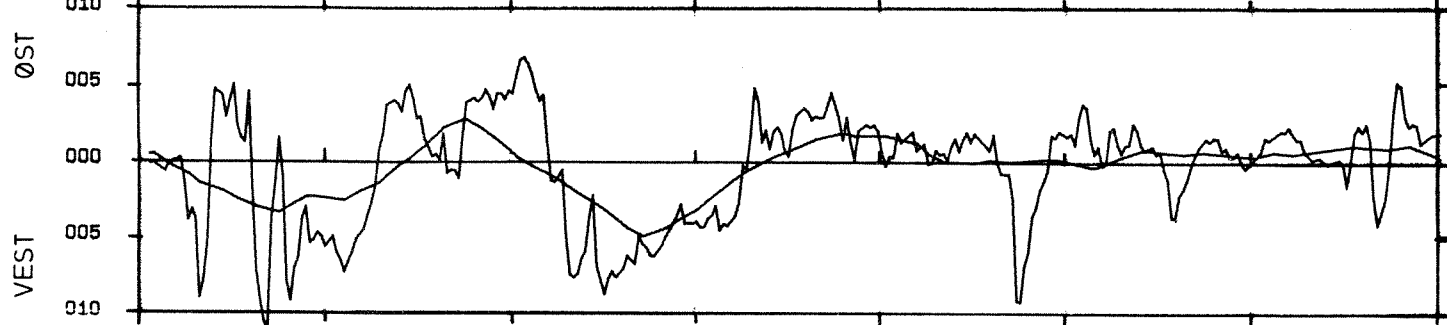
Fig. 20 b (forts.)

STASJON : A  
MÅLEDYP: 15 m

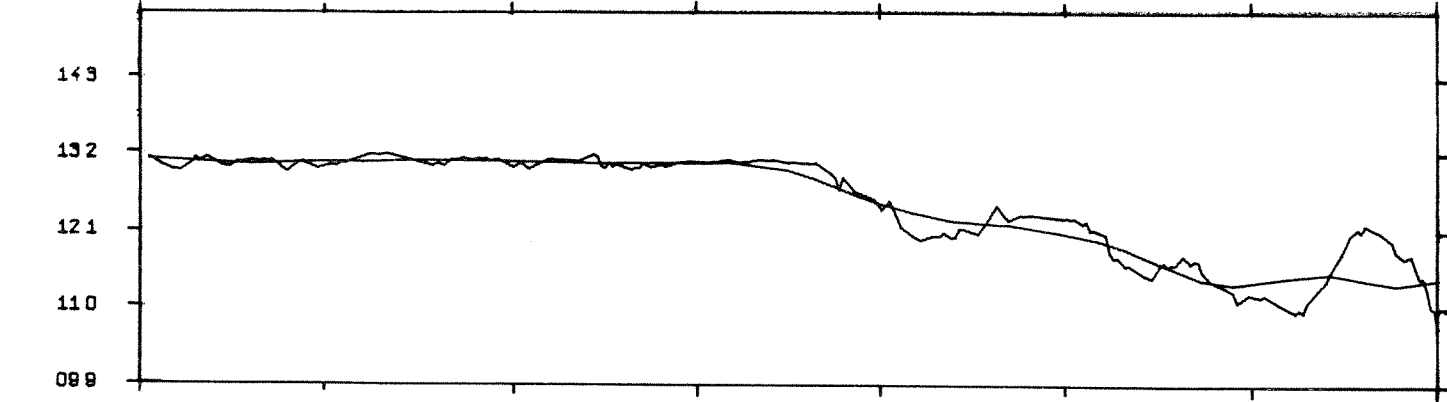
STRØMHASTIGHET (cm/s)



STRØMHASTIGHET (cm/s)



TEMPERATUR (°C)



SALINITET (‰)

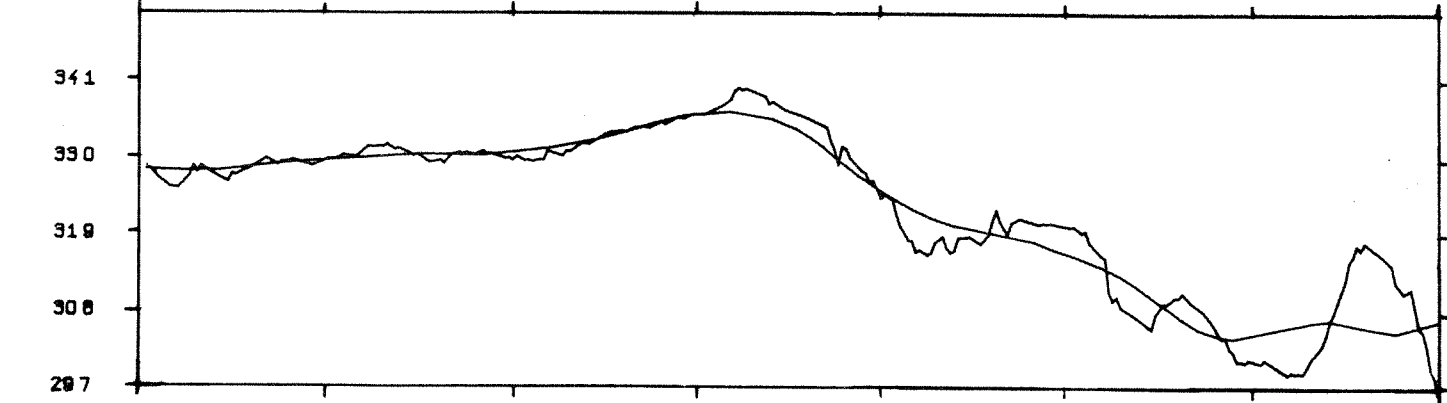
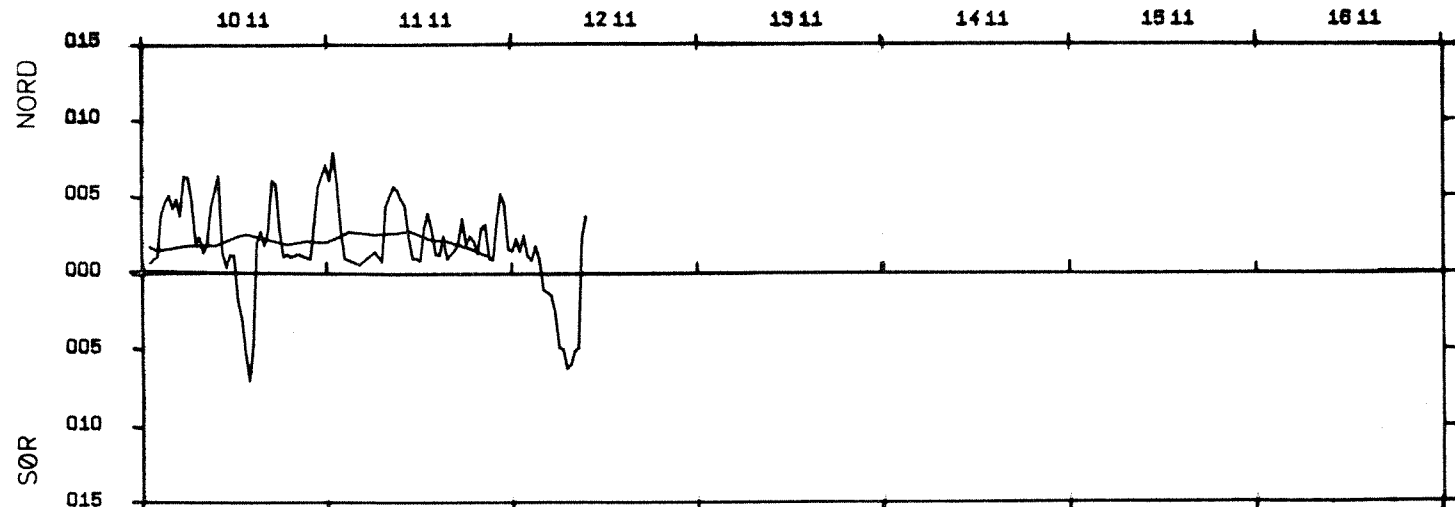
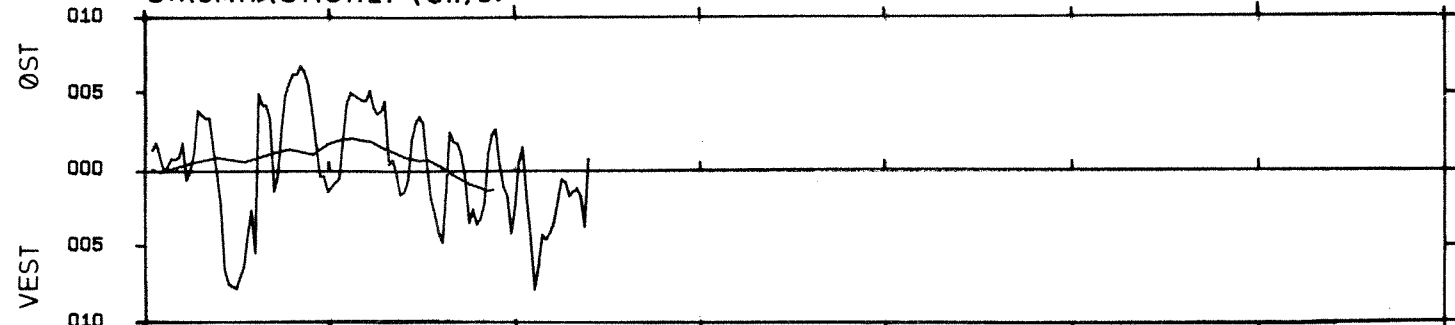


Fig. 20b (forts.)

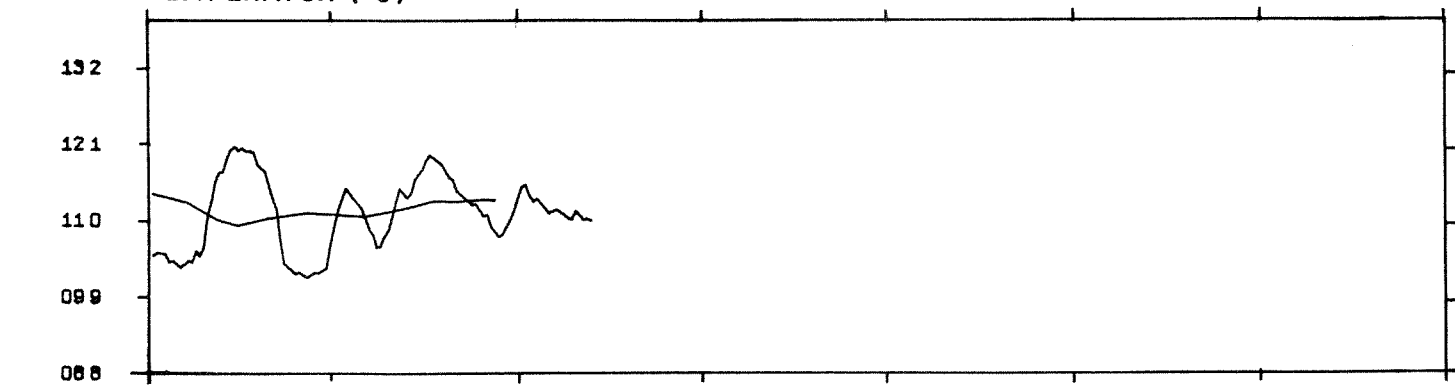
STRØMHASTIGHET (cm/s)



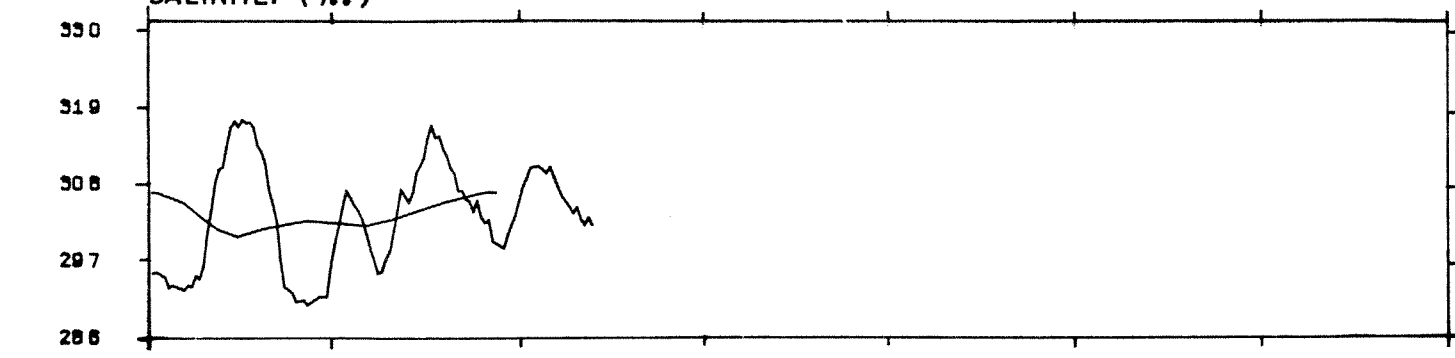
STRØMHASTIGHET (cm/s)



TEMPERATUR (°C)



SALINITET (‰)



1232  
07

Fig. 20 b (forts.)

Tabell 6 Vind og strøm ved STASJON A 20.8 -29.9.1975

VIND FRA		N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	~	TOT
STRØM MOT	DYP (M)	15 20	15 20	15 20	15 20	15 20	15 20	15 20	15 20	15 20	15 20
N						1	4 3			1	6 3
NØ			1			1	2 3		1		3 7
Ø			1		2	1 2	3 4				4 9
SØ			1				1 1	1 1			3 2
S			1		2		2			1	6
SV							2			1	3
V							5	1			6
NV						1 1	6 5	1 1			8 8
~						1	4 3	3 1			7 5
TOT			2 2		2 2	4 4	24 24	5 5		3 3	40 40

IMA/KAR

Tabell 7. Vind-strøm ved Stasjon A 30.9 - 9.11.1975, 10 og 15 meters dyp.

Vind fra		N		NØ		Ø		SØ		S		SV		V		NV		~		Tot		
strøm mot	dyp (m)	10	15	10	15	10	15	10	15	10	15	10	15	10	15	10	15	10	15	10	15	
N		1	1									2	4	1	1						4	5
NØ		2	3		1		1					4	1				1				6	7
Ø			2		2	2		1	1	1	1		3		1	1	2				5	12
SØ			1										1									2
S		1	1									2									3	1
SV		1		1									2			1					3	2
V		2	1	1	3							1	1								4	5
NV				3								5	4								8	4
~		2		2	1		1					2		1	1						8	2
Tot		9	9	7	7	2	2	1	1	1	1	16	16	2	2	3	3				41	41

IMA/KAR

vinder var i sektoren nordvest til øst. Strømmen på 20 meters dyp sammenfaller stort sett med strømbildet på 15 meters dyp, med ett viktig unntak: Det fantes ingen registrering av strøm i sektoren syd-sydøst til vest-sydvest og bare et fåtall registreringer i syd-østlig retning. Årsaken til dette er omtalt i kap. 4.3, og det er trolig at registreringer som skulle kommet i denne sektor i stedet er blitt lagret i øst og vest.

Tabell 7 viser resultater fra den andre måleperioden. Måleren på 15 meters dyp viser nå ikke strøm i sektoren syd-sydøst til vest-sydvest unntatt i tre tilfeller. Da dette var samme instrument som i den tidligere perioden var plassert på 20 meter, kan en anse retningsfeilen som forholdsvis sikker og anta at sydlige retninger ligger i sydvest og øst-sydøst.

Over halvparten av tiden med sydvestlig vind viser strømmåleren på 15 meters dyp nordvestlige-nordøstlige strømmer. Det var strøm i sektorene omkring øst-sydvest i i alt 17 døgner, derav bare 6 døgner med sydvestlig vind. Av totalt 19 døgner med vind fra nordvest til nordøst viste måleren 8 døgners strøm i øst-sydvest. Av totalt 16 døgner med strøm i sektoren nordvest-nordøst inntraff 9 døgner under sydvestlig-vestlig vind. Tendensen til nordlige strømmer ved sydvestlig vind og sydlige ved nordlige og østlige vinder er ikke så tydelige at denne analysen gir et signifikant resultat.

#### STRØM - SALTHOLDIGHET

Middelstrømmen er også blitt sammenlignet med forandringer i saltinnholdet. Tabell 8 gir strømretninger ved økende salinitet ved Stasjon A og B i begge måleperioder, og tabell 9 strømretninger ved avtagende salinitet.

#### STRØM VED ØKENDE SALTHOLDIGHET (Tabell 8.)

Ved Stasjon A var strømmen ved økende saltholdighet i første periode nordøst-nordvest stort sett ved samtlige tilfeller på 15 meters dyp. På 20 meters dyp var strømmens retning mer spredd med 10 døgners strøm i sektoren vest til nordøst, og 3 døgner i øvrige sektorer. Ved stasjon B var strømmen mest inngående på 10 m dyp vest-nordøst, mens den var

Tabell 8 Middelstrømsretningen (døgn) ved økende saltholdighet

Strøm mot	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	Ubest.
Stasjon, dyp				18.8-	29.9-75				
<u>Stasjon A</u>									
15 m	3	1					1	8	1
20 m	2		2	1			3	5	1
Stasjon B									
10 m	1	1			2	1	6	3	
20				3	2	1	7		1
Stasjon A				29.9-	9.11.75				
5 m			4		2		4	1	1
10 m	2	2		2			1	5	
15 m	3	1	2	1			1	4	
Stasjon C									
5 m							4	7	
10 m				4	1	1	5		1

IMA/KAR



omtrent like mye utgående som inngående på 20 meters dyp.

Den andre måleperioden (29.9 - 9.11) var strømmen ved Stasjon A på 15 meters dyp fortsatt for det meste nordlig (nordvest-nordøst) likesom på 10 meters dyp, mens strømmen på 5 meters dyp var sydlig, østlig og vestlig.

Ved Stasjon C var strømmen nordlig eller vestlig på 5 meters dyp, mens den var mer sydlig på 10 meters dyp.

#### STRØM VED AVTAGENDE SALINITET (Tabell 9.)

På 15 meters dyp ved Stasjon A var strømmen hovedsaklig sydlig i første periode og nord-østlig til syd-østlig på 20 meters dyp. Ved Stasjon B var strømmen fortsatt for det meste inngående på 10 meters dyp, mens utgående strøm dominerte på 20 meters dyp.

Den andre måleperioden var strømmen på 15 meters dyp ved Stasjon A ikke registrert i nord og nordvest, men derimot i sektoren nord-øst til øst og vest. På 10 meters dyp var strømmen jevnt fordelt mellom kystparallelle retninger og syd. På 5 meters dyp var strømmen nordlig. Ved Stasjon C var strømmen på 5 meters dyp inngående. På 10 meters dyp var strømmen overveiende sydlig.

Tabell 9 Middelstrømretningen (døgn) ved avtagende saltholdighet

Strøm mot	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	Ubest
Stasjon, dyp				18.8-	29.9.75				
Stasjon A									
15 m	3	1	2	4	7	2		1	2
20 m		6	7	2			2	3	2
Stasjon B									
10 m	5	2		2		2	6	2	3
20				14	2		4		2
Stasjon A				30.9-	9.11.75				
5 m	3	4	1		1			4	
10 m		1	2	2	1	1	2	1	3
15 m		4	5		1		3		
Stasjon C									
5 m	2	2					2	7	
10 m			1	3	2	4	2		1

IMA/KAR

VIND - SALINITET

Vindens retning fremgår av tabell 10 og 11 ved økende salinitet, respektive avtakende salinitet.

Tabell 10 Salinitetsvariasjoner ved forskjellige vinder

19.8-29.9

+ = økende saltinnhold  
- = avtagende saltinnhold

+ - = økende-avtagende i løpet av 1 døgn

- + = avtagende-økende - " -

Vind fra	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	ubest.
+					2	7	2		2
+ -					1	1			
- +						1			
-		2	1	2	4	12	2		1
ubest.									

Tabell 11. Salinitetsvariasjoner ved forskjellige vinder

30.9-9.11

Vind fra	N	NØ	Ø	SØ	S	SV	V	NV	Ubest.
+						10	1	1	
+ -	2	2	1		1		1		
- +	1	2			4		1		
-	5	3	1	1	1		1		

Tabell 11 fra den andre måleperioden viser best forskjellen i effekt av ulike vinder. Sydvestlige vinder gir økende saltinnhold i området, mens nordlige til nordøstlige vinder gir avtagende saltinnhold.

Den første måleperioden viser bare at økende saltholdighet ikke har fremkommet ved de få tilfeller vinden har avveket fra sydvest. Ved langvarige sydvestlige vinder kan isteden vindens styrke spille en rolle. Tabell 12 viser salinitetsvariasjoner ved sydvestlig vind som funksjon av vindens styrke (økende-avtagende). Analysen har selvfølgelig krevd mer enn én dags sammenhengende sydvestlig vind.

Tabell 12. Sammenheng mellom den sydvestlige vindens variasjon og saltvariasjonen + = økende vind, - = minkende vind (salinitet) (salinitet)

Vind fra sydvest	+	-	0
Salinitet			
+	5	1	
- +	1		
+ -		1	
-	2	5	1

Tabellen viser at økende sydvestlig vind medførte økende saltinnhold, og avtagende sydvestlig vind avtagende saltholdighet.

#### DISKUSJON

Mens sammenhengen mellom vind og strøm er noe usikker, har analysen av vind-data og hydrografiske parametre vist at sydvestlige vinder medfører økende saltholdighet i området, og østlige til nordlige vinder avtagende saltholdighet. Dette skulle da bety at utskiftninger av vann i området hovedsaklig skjer under sydvestlige vinder med saltere og dypereliggende vannmasser utenfor Ærøy. (De horisontale forskjeller på 15-20 m dyp mellom stasjoner inne i området og i Ærøydypet er liten). Et slikt

sirkulasjonssystem er skissert i kap. 4.1. Sydvestlige vinder vil gi en netto strømtransport av overflatevann ut fra kysten (Ekmantransport), og en inngående strøm i dypere lag. Motsatt vil vinder fra nord eller øst gi en transport av overflatevann inn mot kysten og utstrøm i dypere vannlag.

Kyststrømmen, som tidligere beskrevet, vil ved nordøstlige til sydøstlige vinder kunne presses opp mot land og bidra til vindeffekten. Ved sydvestlig til vestlige vinder vil kyststrømmen kunne presses ut fra land eller snus, og derved får man en "upwelling"-situasjon, hvor kaldt og salt vann trenger opp fra Ærøydypet og inn i området innenfor.

## 5. UTSLIPP AV AVLØPSVANN

### 5.1 Generelt

Ved utslipp av avløpsvann i en resipient er det ofte viktig å få best mulig fortynning og spredning av avløpsvann. Ofte vil en også ønske å få lagret inn vannet rundt et bestemt dyp, for å unngå påvirkning, f.eks. på overflatelaget, eller for å utnytte en strøm ut av et område på dette dypet.

I en lagdelt resipient kan både innlagringsdyp og fortynning påvirkes ved å variere utslippsdyp, hastighet og diameter på utløpsstrålene.

Fordi avløpsvannet er lettere enn vannet i resipienten, vil det alltid stige mot overflaten hvis det slippes ut på et visst dyp. Hvis avløpsstrålen er relativt tynn og har høy utgangshastighet, vil turbulensen i strålen forplante seg til de nærmeste omliggende vannmasser.

Disse vil rives med og blandes inn i strålen, slik at avløpsvannet fortynnes, og strålen øker i tetthet og mektighet etter som den stiger oppover. Siden tettheten i resipienten avtar mot overflaten, kan strålen til slutt bli tyngre enn de omliggende vannmasser, og den vil da bremses ned. Det fortynnede avløpsvannet vil innlagres i et sjikt rundt det dyp hvor det hører hjemme ut fra sin tetthet, men noe av vannet kan trenge høyere opp enn dette dypet. Hvis utslippet ligger nær overflaten, eller hvis det er svak sjiktning, kan en få gjennombrudd til overflaten, med innlagring i et sjikt her.

Den fortynning som oppnås frem til innlagring kalles primærfortynning. Den vil være liten hvis utslippet sendes direkte i overflaten. Primærfortynningen øker ellers med avtagende utløpsdiameter, og med økende avstand fra utslippsdyp til innlagringsdyp.

Etter at innlagring er nådd, vil det fortynnede avløpsvannet dels spres horisontalt ved tetthetsstrømmer, og dels kunne inngå i resipientens naturlige strømmer. En viss vertikal blanding mellom ulike lag vil også bidra til transport og spredning av avløpsvannet. Videre fortynning etter innlagring kalles sekundærfortynning. Disse prosessene behandles ikke i dette kapitlet.

Mellom utslippsdyp og innlagringsdyp vil det trekkes vann inn mot strålen for å erstatte det vann som rives med.

For å få god fortynning med relativt liten avstand mellom utslipps- og innlagringsdyp, bruker en ofte en diffusor, dvs en utløpsledning med mange mindre hull langs siden, hvor vannet presses ut i tynne stråler med høy hastighet.

Med hensyn til utslippsdyp finnes i hovedsak to prinsipielt forskjellige måter å slippe ut avløpsvannet på, i områder som preges av estuarin sirkulasjon.

- A. Overflateutslipp - d.v.s. utslipp direkte i det utstrømmende brakkvann, event. i kompensasjonsstrømmen like under. Eventuell primærfortynning som følge av turbulens i strålen vil da bare ha rent lokal betydning, og ikke innvirke på fortynningen i området som helhet.
- B. Dyputslipp - d.v.s. utslipp i dypereliggende vannmasser, med større primærfortynning og innlagring høyere opp. Den hydrografiske situasjon vil bli noe endret, med en kompensasjonsstrøm inn mot strålen mellom utslipp og innlagringsdyp, og gravitasjonsdrevet strøm av fortynnet avløpsvann ut fra utslippsstedet i innlagringsdypet. Primærfortynningen og innlagringsdypet kan her ha betydning for forholdene i området generelt.

## 5.2 Dimensjonerende avløpsmengder

I følge opplysninger fra Østlandskonsult A/S vil det planlagte renseanlegget motta en avløpsvannmengde på ca.  $0,09 \text{ m}^3/\text{s}$  i 1978. I første omgang er det bare planlagt mekanisk rensing (siling). I tidsrommet 1995 til 2010 antas avløpsvannsmengden å være ca.  $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ , rensemetode er da ikke angitt.

Avløpsvannet skal pumpes ut diskontinuerlig, og dimensjonerende vannføring i utløpsledningen vil derfor være endel større enn gjennomsnittlig vannføring inn på anlegget. Vannføringdata er gitt i omstående tabell 13.

Tabell 13. Prognoser for vannføring ( $m^3/s$ ) til renseanlegg og i utløpsledning.

ÅR		1978	1995	2010
Midlere vannføring til renseanlegg	$Q_{mid}$	0,086	0,2	0,23
Maksimalt døgn-gjennomsnitt	$Q_{max d}$	0,13	0,3	0,34
Maksimalt time-gjennomsnitt	$Q_{max t}$	0,17	0,4	0,45
Vannføring i avløpsledning med 1 pumpe	$Q_1$	0,25	0,25-0,3	0,3
Vannføring i utløpsledning med 2 pumper	$Q_2$	0,40	0,4-0,45	0,45



### 5.3 Overflateutslipp

Ved utslipp av kloakkvann i overflaten er beste utslippssted ved Utnes i Odderklevstrømmen. Kloakkvannet vil da transporteres med elvevannet ut fra kysten. Oppholdstid og konsentrasjon av kloakkvann blir da den samme som for elvevannet. Ut fra de midlere overflate-saltholdigheter som det er blitt redegjort for i tabell 3, har den midlere ferskvanns-konsentrasjonen (f) blitt beregnet for hver stasjon i området spesielt.

$$f = \frac{S_s - S_f}{S_s} , \text{ der } S_s = \text{saltholdigheten av sjøvannet.}$$

$$S_f = \text{saltholdighet i overflaten.}$$

Sjøvannets saltholdighet er blitt valgt fra hele områdets midlere saltholdighet på 5 meters dyp. Saltholdigheten på dette nivå har stort sett variert omkring 30 o/oo , og kan muligens være noe for lav.

Tabell 20 viser resultatene for de forskjellige vindretninger analogt med de det er blitt redegjort for i Tabell 3, samt en beregnet middelvei for hver stasjon. Denne siste middelvei er vist i figur 21 og viser således en midlere spredning av de konservative stoffene i kloakkvannet.

Tabell 20. Elvevanns (kloakkvanns)-konsentrasjoner (%) ved forskjellige stasjoner

Stasjon:	<u>N4</u>	<u>N3</u>	<u>N2</u>	<u>N1</u>	<u>U1</u>	<u>U2</u>	<u>U3</u>	<u>U4</u>	<u>S1</u>	<u>H1</u>	<u>Flød.</u>
Vind fra:											
S	87	53	40	23	20	36	36	8	40	16	16
N-NØ	93	-	40	16	16	2	2	2	30	9	2
SV	93	50	50	40	14	21	24	18	40	18	8
Sterk SV	93	-	41	29	7	23	20	7	20	13	9
Middel	92	52	42	27	14	20	16	8	32	14	8
	====	====	====	====	====	====	====	====	====	====	====

Tallene i tabellen ovenfor forutsetter kun én ferskvannskilde. Hvis ferskvann tilføres fra annet hold enn ved Utnes, vil ytterligere fortykning av kloakkvannet skje. Dette er sikkert tilfelle for de ytterste stasjoner som U4, H1 og eventuelt Flødevigen.

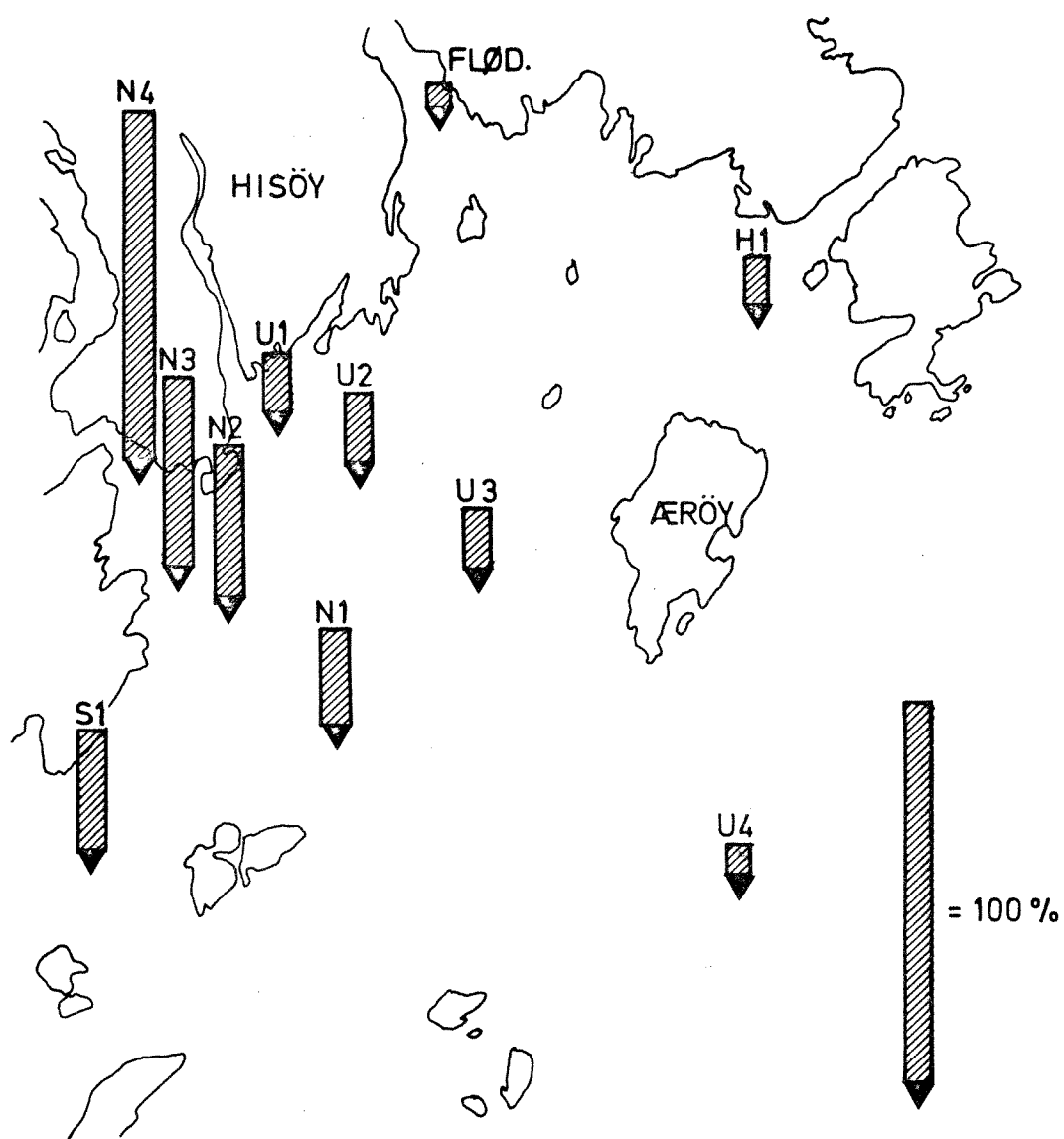


Fig. 21 Midlere prosentvis fordeling av kloakkvann ved overflateutslipp; Odderklevstrømmen (N4).

## 5.4 Dyputslipp - primærfortynning og innlagring

### 5.4.1 B e r e g n i n g s m e t o d i k k

For beregning av primærfortynning og innlagring av avløpsvann finnes et EDB-program, NIVA \* JET.MIX, utviklet av COMPUTAS og NIVA (1973). Dette programmet beregner fortynningsforløpet for en avløpsstråle i vilkårlig sjiktet resipient, på basis av data om strålen i utløpet og tetthetsprofiler.

Beregninger er utført for en serie forskjellige utløpsstråler, som skulle dekke omtrent det variasjonsområde som er aktuelt for det aktuelle utslippet, og for en serie tetthets-profiler som skulle gi et brukbart statistisk bilde av hvordan forholdene kan variere i tid.

For hver beregning er trukket ut av programutskriften det teoretiske innlagringsdypet, det teoretiske dyp for høyeste opptrenning <sup>1)</sup>, og senterfortynningen i innlagringsdypet.

Gjennomsnittlig fortynning i strålen er teoretisk ca. 1,75 x senterfortynningen.

### 5.4.2 U t l ø p s d a t a

Beregningen er utført for horisontalt rettede utløpsstråler, med varierende diameter og hastighet.

Utløpshastighetene er satt til 2, 4 og 8 m/s og effektiv strålediameter etter kontraksjon til 0,05, 0,1 og 0,2 m. Vannføringen pr. hull (m<sup>3</sup>/s) er gitt i tabell 14, se neste side.

1) basert på bevegelses-energien oppover i innlagringsdypet, når videre friksjon og fortynning neglisjeres.

Tabell 14. Vannføring pr. hull ( $m^3/s$ ) ved forskjellige hastigheter og diametre av utløpsstråle (etter kontraksjon).

Effektiv diameter (m)	Utløpshastighet (m/s)		
	2	4	8
0,05	0,004	0,008	0,016
0,1	0,016	0,031	0,063
0,2	0,063	0,125	0,250

Dette skulle dekke vanlige diffusorer med opp til ca. 50 - 100 hull, for de angitte vannføringer.

Utslippsdypet er variert med 10, 20 og 30 meter.

### 5.4.3 Tetthetsprofiler

24 tetthetsprofiler er benyttet, de er listet i tabell 15 nedenfor.

Tabell 15 Tetthetsprofiler benyttet ved innlagringsberegningene.

Profil				
EDB-nr.:	Stasjon:	Dato:	År:	Antall dyp:
1	31	20/12	1967	6
2	31	27/3	1968	6
3	31	11/6	1968	6
4	31	2/9	1968	6
5	31	4/11	1968	6
6	2	10/6	1975	11
7	2	18/6	1975	13
8	2	25/6	1975	12
9	2	2/7	1975	12
10	2	9/7	1975	11
11	2	16/7	1975	15
12	2	23/7	1975	13
13	2	30/7	1975	8
14	2	6/8	1975	13
15	2	12/8	1975	17
16	2	11/8	1975	14
17	2	18/8	1975	8
18	2	25/8	1975	18
19	2	3/9	1975	10
20	2	10/9	1975	18
21	2	22/9	1975	18
22	2	8/10	1975	18
23	2	16/10	1975	12
24	2	21/10	1975	13

Profilnr. referer seg bare til EDB-beregningene. Profil 1 - 5 er tatt fra stasjon 31<sup>x</sup> og profil 6 - 24 er fra stasjon U 2. De fleste profiler er fra tidsrommet juni - oktober.

x Dannevig (1970)

#### 5.4.4. P r e s e n t a s j o n a v r e s u l t a t e n e

Beregninger er utført for alle kombinasjoner av diameter, hastighet og dyp for utløpsstrålene gitt i avsnitt 5.4.2.

For stråler med diameter 0,1 m eller hastighet 4 m/s er beregningen gjort for alle tetthetsprofiler, mens de andre strålene bare er beregnet for profiler 1, 4, 7, 10, 13, 16, 19 og 22.

Profil nr. 12, 13, 15 og 18 er ikke gitt ned til 30 meter, og er derfor ikke benyttet ved beregninger med 30 meters utslippsdyp.

Resultatene for hver profil er ikke gjengitt her, men finnes tilgjengelig ved NIVA. I stedet gis resultatene på statistisk form. Resultatene viser nokså raske fluktuasjoner i tid mellom visse grenser. For hvert sett av utløpsdata oppgis intervaller for innlagringsdyp, dyp for høyeste opptrengning og senterfortynning ved innlagring.

I tabell 16 er angitt største og minste verdi for hele settet av beregnende profiler, mens tabell 17 angir et intervall som dekker ca. 65 - 75% av profilene. Den første tabellen angir altså hvilke ekstremverdier som kan forekomme, mens den andre tabellen angir det vanlige variasjonsområdet.

I tabellene er angitt hvor mange profiler de forskjellige alternativene er beregnet for.

I tabell 18 er angitt i prosent sannsynligheten for hydrografiske situasjoner hvor en viss innblanding i overflatelaget er mulig for de ulike kombinasjoner av utslippsdyp og strålediameter.

Verdiene er angitt for perioden som helhet, og noe skille mellom de forskjellige årstider er ikke gjort. For 1975 viser resultatene for september/oktober innlagring høyere opp og med større fortynning, både i forhold til resten av perioden og i forhold til målingene fra 1968. Statistisk kan man ikke slutte noe om års-

tidsskiftninger av dette. Det eneste som kan sies er at det kan forekomme lengre perioder hvor resultatene kan forskyves i forhold til det vanlige intervallet over mot en av ekstremalverdiene. Generelt vil små innlagingsdyp henge sammen med stor primærfortynning.

Tabell 16. Innlagring og fortykning. Minste og største verdier for hvert sett av utløpsdata.						
Utslippsdyp (m)	Strålediam.(m)	Hastighet (m)	Innløsningsdyp (m)	Minste dyp m/innbl.(m)	Senterfortynning v/innlagring(Co/C)	Antall profiler
10	0,05	2	2-8	0-7	80-20	8
		4	2-9	0-7	95-25	24
		8	4-10	0-8	85-30	8
	0,1	2	1-8	0-5	55-15	24
		4	1-9	0-6	50-15	24
		8	1-9	0-7	60-25	24
	0,2	2	1-7	0-2	25-10	8
		4	0-8	0-1	30-10	24
		8	1-9	0-5	30-15	8
20	0,05	2	10-16	2-12	130-45	8
		4	8-18	1-15	140-30	24
		8	10-18	2-14	110-45	8
	0,1	2	5-16	0-12	105-25	24
		4	5-17	0-12	80-25	24
		8	6-18	0-14	80-25	24
	0,2	2	4-13	0-7	50-20	8
		4	1-16	0-10	50-15	24
		8	4-15	0-8	50-25	8
30	0,05	2	19-26	12-23	170-45	7
		4	19-27	12-23	120-40	20
		8	19-28	11-25	130-45	6
	0,1	2	16-25	3-20	85-30	20
		4	18-26	4-20	70-25	20
		8	21-27	8-22	70-35	20
	0,2	2	10-23	1-14	60-20	7
		4	10-24	0-17	50-20	20
		8	17-26	2-20	40-20	7

Tabell 17. Innlagring og fortynning. Vanlig variasjonsområde (65 - 75%) for hvert sett av utløpsdata.						
Utslippsdyp (m)	Stråle- diameter (m)	Hastighet m/s	Innlagrings- dyp (m)	Minste dyp m/innbl. (m)	Senterfor- tynning v/ innlagring	Antall pro- filer
10	0,05	2	4-8	1-4	75-30	8
		4	4-8	0-5	70-35	24
		8	5-8	1-6	70-40	8
	0,1	2	2-7	0-3	50-20	24
		4	2-7	0-3	45-25	24
		8	2-8	0-5	50-30	24
	0,2	2	2-5	0-1	25-15	8
		4	1-6	0-4	25-15	24
		8	3-7	0-3	30-20	8
20	0,05	2	15-16	7-12	65-45	8
		4	12-17	4-13	80-35	24
		8	15-17	8-13	65-55	8
	0,1	2	8-15	2-10	75-25	24
		4	8-16	2-12	65-25	24
		8	9-17	2-12	65-30	24
	0,2	2	6-13	0-5	45-20	8
		4	5-14	0-7	40-20	24
		8	9-15	0-8	35-25	8
30	0,05	2	20-25	13-23	85-45	7
		4	24-27	17-22	70-45	20
		8	24-28	16-24	75-45	6
	0,1	2	21-24	10-20	55-35	20
		4	21-25	10-19	50-25	20
		8	23-26	13-21	45-35	20
	0,2	2	17-23	3-14	45-20	7
		4	16-24	2-16	35-20	20
		8	17-25	2-19	40-20	7



Tabell 18. Prosent av beregnede profiler som gir mulighet for en viss opptrenging til overflaten ved ulike utslippsdyp og diametre.

Utslippsdyp (m)	Strålediameter (m)	% av beregnede profiler
10	0,05	12
	0,1	25
	0,2	50
20	0,05	41
	0,1	5
	0,2	20
30	0,05	0
	0,1	0
	0,2	5

Bortsett fra tidsvariasjonene viser resultatene størst avhengighet av utslippsdyp og hulldiameter, mens variasjon av hastigheten gjennomgående bare gir mindre forskyvninger.

Innlagringsdyp og dyp for høyeste opptrengning viser størst avhengighet av utslippsdyp, mindre av diameter.

For utslipp på 10 meters dyp varier innlagringsdypet omtrent mellom 1 og 8 - 9 meter, uansett hvordan diffusoren utformes. For diameter 0,05 m vil innlagringen stort sett ligge mellom 4 - 5 og 8 meter, for større diameter stort sett mellom 2 og 7 meter.

Øvre grense for opptrenging ligger vanligvis mellom 1 - 5 m for 0,05 m diameter, 0 - 3 for større diametre.

Innblanding opp til overflaten vil en kunne få, selv med minste diametre, men sannsynligheten avtar merkbart med avtagende diameter.

Sannsynligheten for direkte gjennomtrenging til overflaten er til stede, men ikke særlig stor. I perioder kan det tenkes å være stor sannsynlighet for gjennomtrengning.

For utslipp på 20 meter varierer innlagringsdypet i området 8 - 18 meter for diameter 0,05 m, 5 - 17 meter for diameter 0,1 og 1 - 16 for 0,2 m.

Som regel vil innlagringen skje mellom 12 - 17 meter, 8 - 16 og 5 - 14 meter henholdsvis. Det er en viss sjanse for innblanding i overflatelaget, i alle fall ved store diametre på strålene, men vesentlig mindre enn for utslipp på 10 meter. Det er liten eller ingen sjanse for direkte opptrenging av hovedstrålene.

For utslipp på 30 meter vil innlagring skje mellom 18 og 27 meter for diametre 0,05 og 0,1, og mellom 10 og 25 meter for diameter 0,2 m. Som regel vil det bli innlagring mellom 20 og 27 meter for de minste diametre, og mellom 17 og 24 meter for største diameter.

En viss innblanding opp mot overflaten er mulig av og til for diffusor med store hull, men lite sannsynlig. Dyp for høyeste opptrengning vil vanligvis ligge i området 15 - 25 m for diameter 0,05, 10 - 20 m for diameter 0,1 m og 3 - 15 meter for diameter 0,2 m.

Primærfortynningen i senter av strålen varierer innen vide grenser med tiden. Variasjonsområder for forskjellige diametre og utslippsdyp er gitt nedenfor.

For utslipp på 10 meter:

Strålediameter:	Fortynning:
0,05 m:	20-90, vanligvis 35-70
0,1 m:	15-50, vanligvis 25-50
0,2 m:	10-30, vanligvis 15-30

For utslipp på 20 og 30 meter:

Strålediameter:	Fortynning:
0,05 m:	30-130, vanligvis 40-70
0,1 m:	25-80, vanligvis 25-60
0,2 m:	15-50, vanligvis 20-40

Økende diameter gir lavere fortynning generelt, og større sjanse for svært dårlige fortynningsverdier. Når utslippsdyp øker fra 10 til 20 meter, øker fortynningen noe, men ikke vesentlig i forhold til variasjonene med endring av strålediameter.

Ved videreøkning av utslippsdypet fra 20 - 30 meter er det ingen klar økning i fortynning. Som nevnt foran, vil imidlertid innlagringsdypet øke jevnt med utslippsdypet. Virkningen på overflaten skulle derfor generelt bli mindre jo større utslippsdyp som velges.

#### KONKLUSJON AV FORTYNNINGSBEREGNINGENE

a) Innlagringsdyp og fortynning vil variere sterkt med hydrografi, mest kort-periodisk (under 1 uke), men også delvis med lengre perioder ( 1 - 2 måneder).

b) Innlagringsdypet er i hovedsak bestemt av utslippsdyp, i noen grad også av hulldiameter.

Direkte gjennomslag til overflaten er ikke sannsynlig, men kan forekomme for utslippsdyp rundt 10 meter med relativt store hulldiameter. En viss lokal effekt i overflaten for utslipp på 10 meter må man regne med. Ved utslippsdyp på 10 meter, og på 20 meter for forholdsvis store hull, må man regne med en viss innblanding i overflaten. Forholdsvis sikker innlagring i dypvannet uansett diffusordimensjonering oppnås bare ved å velge utslippsdyp ned mot 30 meter. For utslippsdyp rundt 20 meter fås relativt sikker dypinnlagring hvis diffusoren dimensjoneres med små hull, dvs strålediameter ca. 0.05 m. Dette er kanskje en noe liten diameter for avløpsvann som bare er mekanisk rensset. Ut fra disse beregningene ser det derfor ut til at utslippsdyp på 30 meter bør velges, med en diameter i kontrahert stråle på ca. 0,1 m. Dette gir bedre sikkerhet mot driftsproblemer enn diameter 0,05 m, og samtidig maksimal sikkerhet mot opptrengning.

c) Fortynningen ved innlagring avhenger mest av diameteren på utløpsstrålene og mindre av utslippsdypet.

- d) Hastigheten har generelt liten innvirkning på innlagringsdyp og fortynning. Dette kan forklares med at økt turbulens og lengre strålebane oppheves av økningen i vannmengde. Dette betyr at den angitte utslippsmåten med diskontinuerlig utslipp ikke medfører spesielle problemer med hensyn til kontroll av innlagring og fortynning, i det hastighetsvariasjonene ved start og stopp av pumpene ikke innvirker mye på innlagringsforløpet.

## 6. SEKUNDÆR-SPREDNING AV KLOAKKVANN FRA DYPUTSLIPP

### 6.1 Dyputslipp innenfor Ærøy

Når det fortynnede kloakkvannet har nådd innlagringsdypet, vil det bli spredd radielt fra utslippsstedet i et par meter tykt sjikt (kloakkvannets "egenspredning"). Figuren nedenfor viser en generell situasjon.

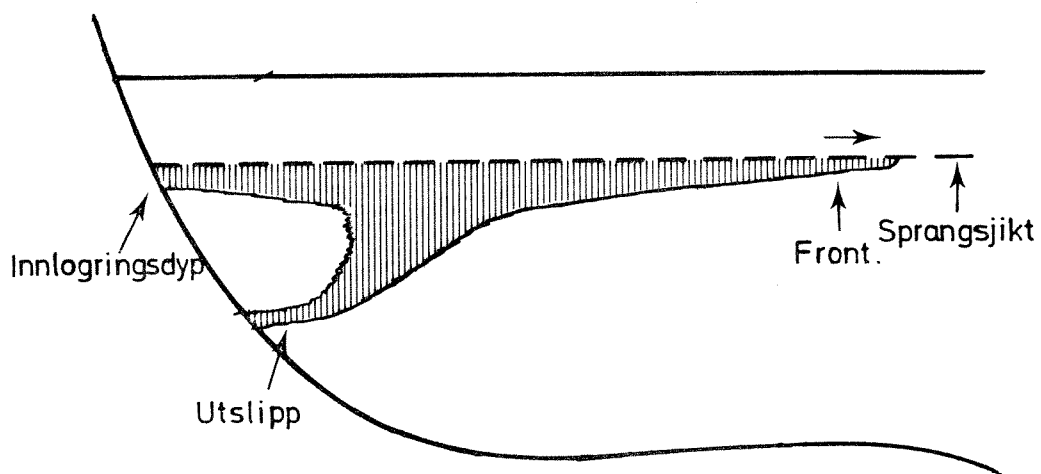


FIG. 22 Spredning av kloakkvann fra dyputslipp.

Kloakkvannets egenspredning er avhengig av mengden tilført kloakkvann. Følgende prognoser er oppgitt av Østlandskonsult A/S for renseanlegget på Hisøy:

Tabell 19

<u>År:</u>	<u>Midlere vannføring:</u>
1978	86 l/s
1995	206 l/s
2010	230 l/s

De foreløpige opplysninger er omtrentlige, slik at tallene ikke bør oppfattes som eksakte.

Et begrep om det fortynnede kloakkvannets egenspredning kan oppnås ved en sammenligning med et forsøk på simulering av et dyp-utslipp i Byfjorden utenfor Uddevalla, Sverige (Gøransson og Svensson, 1975). Byfjorden er en terskelfjord med meget svake bevegelser under sprangsjiktet. Merket brakkvann ble pumpet ut på dypet og nådde innlagringsnivået omtrent 35 ganger fortynnet. Den midlere nedpumpede vannmengden var 200 l/s. Resultatet ble en radiell frontspredning på det fortynnede kloakkvannet på 130 m pr. døgn.

Byfjords-eksperimentet motsvarer omtrent i utslippsmengder det som i år 1995 vil komme fra renseanlegget på Hisøy. Om en ser bort fra naturlige strømmer, vil således et utslipp innenfor Ærøy spre kloakkvannet over hele området i løpet av 10 døgn på innlagringsnivået (~15 m. dyp). Den radielle fronthastigheten i Byfjorden var 0.15 m/s, og er en lav hastighet i forhold til de reststrømmer som er målt utenfor Hisøy (se kap. 4).

Hvis kloakkvannets innlagring skjer på dyp under terskelnivået i en fjord uten direkte forbindelse med havet på dette nivå, vil skyen etter å ha spredd seg på innlagringsnivået begynne å vokse nedover mot utslippsdypet. Er det dårlig vannutskiftning i forhold til utslippsmengde, vil etter en tid hele volumet mellom inndragningsdyp og utslippsdyp være fyllt med fortynnet kloakkvann. Etterhvert som konsentrasjonen av kloakkvann i dypvannet øker, vil dypinnlagringen ikke lenger fungere effektivt,

idet den vertikale transporten (diffusjonen) til nivåer ovenfor innlagringsdyp øker. Hvis dypvannet ikke utskiftes, vil diffusjonen etter en viss tid bli like stor som tilført mengde kloakkvann.

Et dyputslipp vil således kun være helt effektivt så lenge vannutskiftningen er større eller like stor som den mengde fortynnet avløpsvann som kommer til innlagringsdyp. Dette vil medføre at maksimale konsentrasjoner som kan oppstå i dypvannet vil være primærfortynnings-konsentrasjoner.

De hydrografiske målingene viser en varierende utskiftningsfrekvens. Lengste oppholdstid har vært 14 døgn, og den korteste under en uke. Spesielt strømmålingene ved Stasjon B ga som oftest strømretning mot sør på 20 meters dyp, og hvis strømmen på dette dyp representerer en sjikt-tykkelse på 4 - 5 meter og en bredde på 50 - 100 meter, vil den midlere reststrømmen for hele perioden gi en uttransport på mellom 5 - 10 m<sup>3</sup>/s. Dette innebærer en oppholdstid på vannmassen mellom 15 - 20 meters dyp på mellom 5 og 9 døgn. Sammenlignet med resultatene fra de hydrografiske observasjonene, vil vannmassene under 15 meters dyp skiftes ut på en til halvannen uke.

Den ovennevnte utskiftningsfrekvensen gir en midlere transport av "nytt" vann til dyplagene under 15 meter på 9 - 14 m<sup>3</sup>/s. Dette skulle godt og vel dekke behovet av fortynningsvann for et utslipp som antatt for 1978, og omtrent balansere et utslipp med et volum som antas for 1995. Overkonsentrasjonen av kloakkvann vil således bli omtrent lik primærfortynnings-konsentrasjonen på innlagringsdyp i 1995, mens den vil være halvparten av dette i 1978. Disse konsentrasjoner vil være et middel for hele området. Rundt utslippsstedet kan en få høyere konsentrasjoner.

## 6.2 Valg av utslippsted innenfor Ærøy

Ved valg av utslippssted innenfor Ærøy bør munningsområdet til Odderklevstrømmen unngås, dvs. i praksis kan utslippsstedet velges et sted øst for Odderklevstrømmen. Strømmålingene har ikke kunnet avsløre noe sirkulasjonsmønster innenfor Ærøy i dypvannet. Det kan være en fordel for å oppnå større fortynningsvolumer og en noe kortere

vei til havet, å trekke utslippsledningen mot stasjon U 3 (fig. 2) i stedet for stasjon U 2. Forskjellen mellom disse alternativene kan dog ikke beregnes kvantitativt. Uansett hvilket alternativ man velger, vil de hydrografiske forholdene variere så sterkt, spesielt ved tilfeller med "upwelling", at risikoen foreligger for at kloakkvannet vil komme opp i vannlagene over innlagringsdyp. Den enkelte situasjon vil da avgjøre til hvilket nivå kloakkvannet vil bli ført. Situasjoner hvor vannmassene på 15 - 20 meter ble presset opp mot overflaten har blitt registrert tre ganger i løpet av juni - november 1975. Avhengig av observasjonsfrekvensen kan muligens flere tilfeller ha forekommet.

Et fortynnet kloakkvann som føres opp på høyere nivåer ved disse tilfellene vil være betydelig mer fortynnet enn de primærfortynningstall som tidligere er blitt omtalt (mer enn 100 ganger fortynning). Det må likevel betraktes som ugunstig å få fortynnet kloakkvann over 10 meters nivået. En stor del av strømmene i disse dyp har en nordvest-nordøstlig retning. Dette vil innebære transporter mot Hisøylandet eller odderklevstrømmen, og i sistnevnte tilfelle en risiko for å komme inn i reaksjonsstrømmen til Odderklevstrømmen.

### 6.3 Dyputslipp utenfor Ærøy

Vannutskiftningen i området innenfor Ærøy skjer med vannmassene utenfor Ærøy. Den hyppige utskiftningen vil medføre at kloakkvann som innlagres på 20 - 30 meter utenfor Ærøy, vil løftes inn i bassenget innenfor i upwellings-situasjoner. Et utslipp utenfor Ærøy bør av denne grunn skje på et slikt dyp at en i størst mulig grad unngår inntransport av kloakkvann mot Hisøy, d.v.s. under eller omkring 50 - 60 meters dyp. Selv om en ikke vil unngå at fortynnet kloakkvann vil belaste områdene innenfor Ærøy som Flødevigen eller Sømskilen, vil konsentrasjonene bli merkbart lavere enn ved utslipp innenfor Ærøy.

Denne undersøkelse har vært altfor lite omfattende til å gi grunnlag for pålitelige beregninger av kloakkvanns-konsentrasjoner innenfor Ærøy ved et utslipp utenfor. Til dette hadde det vært nødvendig med ytterligere strøm-målinger utenfor Ærøy. De hydrografiske data viser dog at vannmassene på 30 meters dyp utenfor Ærøy har kort



oppholdstid, slik at effektene på det innenforliggende området vil kunne bli halvparten av det et utslipp innenfor Ærøy med vannmengder motsvarende de for 1978 vil gi. Det bør understrekes at dette er en rent skjønnsmessig bedømmelse, og at konsentrasjonene av kloakkvann kan bli både mindre og større. Maksimalt skulle likevel konsentrasjonene ikke overstige de som er beregnet for et utslipp av 1978-års størrelse innenfor Ærøy.

#### 6.4 Kriterier for valg av utslippssted samt anbefalinger.

Kun fysiske kriterier er ikke tilstrekkelig for å bedømme utslippssted. De endelige betraktninger må omfatte en biologisk vurdering sett i forhold til bruksverdien av området. Denne del av vurderingen har ikke inngått i NIVA's oppgave. De anbefalinger som følger nedenfor må ses i lyset av dette.

Ved dyputslipp innenfor Ærøy vil utslippsmengden i relasjon til områdets transport-kapasitet bli kritisk ved prognostisert utslippsmengde år 1995. Men en bedre bedømmelse av hvorvidt en bør velge ytterligere rensning (kjemisk rensning) eller forandring av utslippssted, vil kunne gjøres hvis forholdene etter utslippsstart med utslipp innenfor Ærøy følges opp fra 1978 gjennom hydrokjemiske og biologiske observasjoner. Resultatene fra disse målinger vil gi informasjon om hvilke effekter utslippet har på området. Det kan også gjennomføres en pilotstudie under sommertid ved å simulere utslipp av en vannmengde som tilsvarende prognosen for år 2010 med merket vann (tracerutslipp) og derved direkte kunne måle overkonsentrasjoner i hele området. En slik studie er forholdsvis enkel å gjennomføre når utslippsledning og pumper er på plass.

I henhold til ovenstående anbefales dyputslipp innenfor Ærøy.

R E F E R A N S E R

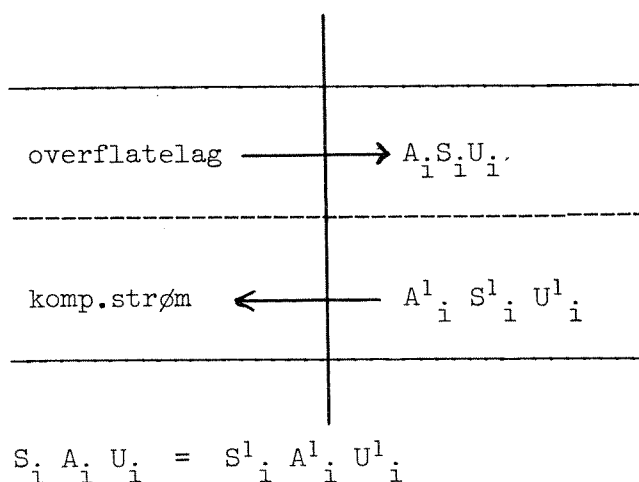
- Aure, J. (1976) Observasjoner i kyststrømmen utenfor Langesund i juni og november 1974. Kyststrømsymposium 24. - 25.2.1976. Bergen (stensil).
- Dannevig, G. (1970) Resipientundersøkelser på Skagerakkysten. Delrapport for strekningen Arendal - Grimstad. Rapport fra Statens Biologiske Stasjon Flødevigen (stensil).
- Gørransson, C.G. & Svensson, T. (1975) Byfjorden: Vattenomsättningen. (SNV PM 594) Statens Naturvårdsverk, Sverige.
- Haamer, J. (1972) Ny typ av momentan strømmätare, gelantinpendeln. Havforskarmøtet 13. - 15. oktober 1972.
- Ljøen (1971): On short-term variations of the hydrographical conditions in the Skagerrak and adjacent sea. Proc. from the POAC conf. Trondheim August 23 - 30.

A P P E N D I K S 1

=====

BEREGNING AV FERSKVANNSTRANSPORT I NIDELVA

Kontinuitetsligningene for volum og salt gir under stasjonære forhold og nærmest neglisjerbar diffusjon i relasjon til adveksjon Knudsens relasjoner (Proudman 1952). I en kanal som Nidelven, med et utstrømmende brakkvannslag over et innstrømmende saltere vannlag, får man sammenhengen:



hver:  $S_i$  = midlere saltholdighet  
 $U_i$  = " strømhastighet  
 $A_i$  = tverrsnittssarealet

Netto ferskvannstransport (R) blir:

$$R = A_i U_i - A_i^1 U_i^1$$

Tverrsnittsarealene er oppmålt med ekkolodd for Vippra bru (N 6) (tverrsnitt 1) og Stasjon E 1 (tverrsnitt 2). Data fra stasjon N 5 er ikke brukt, da det viste seg å være vanskelig å få representative verdier på strømhastigheten.

Målinger den 18.8.1975:

=====

Stasjon N 6 (Vippa bru)

$$\begin{array}{ll} S_1: 1.9 \text{ o/oo} & A_1: 109 \text{ m}^2 \\ S_1^1: 28.5 \text{ o/oo} & U_1 = 0,5 \text{ m/s.} \end{array}$$

$$A_1^1 U_1^1 = \frac{1.9}{28.5} \times 109 \times 0,5 = 3.63$$

$$R = 109 \times 0,5 - 3.63 = 50,9 \text{ m}^3/\text{s.}$$

Stasjon E 1

$$\begin{array}{ll} S_2: 2,2 \text{ o/oo} & A_2: 79 \text{ m}^2 \\ S_2^1: 28,7 \text{ o/oo} & U_2 0,5 \text{ m/s} \end{array}$$

$$R = 36,5 \text{ m}^3/\text{s}$$

Målinger den 3.9.1975:

=====

Stasjon E 1

$$\begin{array}{ll} S_2 = 0,8 \text{ o/oo} & A_2: 0,1 \text{ m}^2 \\ S_2^1 = 30,0 \text{ o/oo} & U_2: 0,39 \text{ m/s} \end{array}$$

$$R = 23 \text{ m}^3/\text{s.}$$

Målinger 10.9.1975:

=====

Stasjon N 6 (Vippa bru)

$$\begin{array}{ll} S_1 : 1,0 \text{ o/oo} & A_1: 109 \text{ m}^2 \\ S_1^1: 31,2 \text{ o/oo} & U_1: 0,2 \text{ m/s.} \end{array}$$

$$R = 21 \text{ m}^3/\text{s.}$$

Vannføringen oppmålt ved Lunde Mølle de forannennte datoer har vært:

	<u>Lunde Mølle</u>	<u>Stasjon N 6</u>	<u>Stasjon E 1</u>
18.8.75	48 m <sup>3</sup> /s	51 m <sup>3</sup> /s	37 m <sup>3</sup> /s
3.9.75	40 "		23 "
10.9.75	41 "	21	

Ved samtale med Arendals Vassdrags Brukseierforening, som utfører vannføringsmålingene ved Lunde Mølle, fremkom at tallene ved lavvannføring er for lave. En vannføring som den 18.8.1975 lå på 48 m<sup>3</sup>/s., kan således være over 51 m<sup>3</sup>/s.

Forskjellen mellom stasjon N 6 og E 1 den 18.8 viser at omtrent 70% av ferskvannet som kommer forbi Vippra bru fortsetter ut Odderklevstrømmen.

Hvis vi forutsetter en 15% høyere vannføring ved Lunde Mølle enn det som ble registrert, vil det gi følgende prosentvise fordeling av transport av ferskvann:

Tabell 20.

Vannføringen ved stasjon N6 (Vippra bru) og E 1 (Odderklevstrømmen) i prosent av vannføringen ved Lunde Mølle:

	<u>Stasjon N 6</u>	<u>Stasjon E 1</u>
18.8.75	90%	65%
3.9.75		50%
10.9.75	45%	

Resultatene viser store variasjoner og bare omtrentlig transportprosent kan angis. Spesielt gjelder dette oppskattningen av mengden ferskvann som går ut i Vrængen mot Arendal. Hvis vi ikke tar hensyn til resultatet fra den 10.9.75, vil omtrent 10 - 20% av Nidelvas vann strømme mot Arendal i Vrængen og 80 - 90% fortsette mot Vippra bru. Etter Vippra bru vil 20 - 30% av ferskvannet strømme mot Sømshilen vest for Gjervoldsøy, mens resten, 50 - 60%, strømmer ut ved Utnes.

A P P E N D I K S 2



SIKTEDYP

Fig. 23 viser utførte siktedypsmålinger. Variasjonen har vært omtrent 4 meter i måleperioden, og middelvei omtrent på 9 meter. De stasjoner som har vært mest influert av vann fra Nidelven har også de laveste siktedypene (N6, N5, N4, N3). De laveste verdier ble registrert den 16.10.1975 ved nordlige vinder, og de høyeste verdier ved vestlige vinder den 25.8.1975.

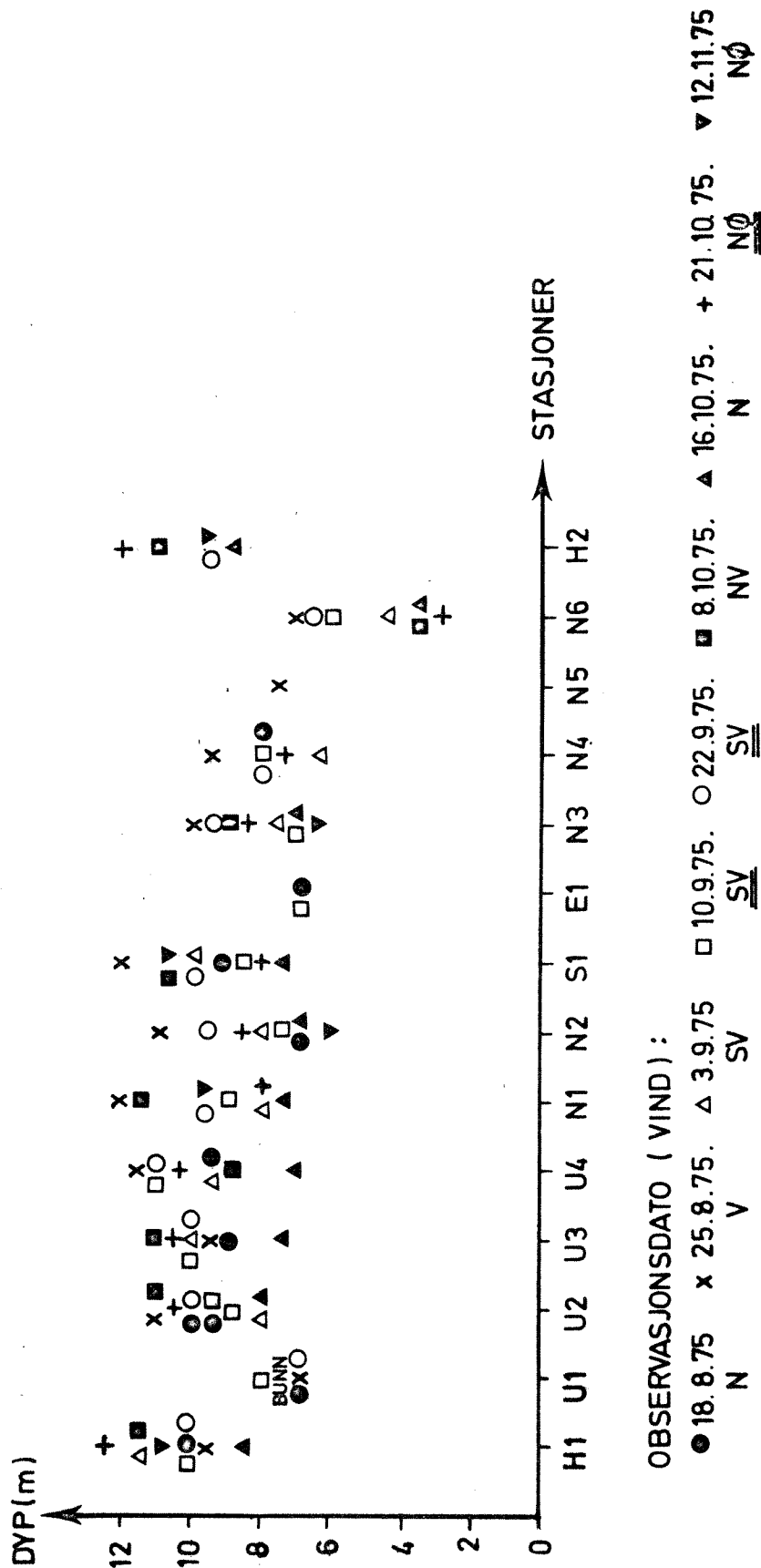


Fig. 23 Siktedyp utenfor Hisøy, høsten 1975.