

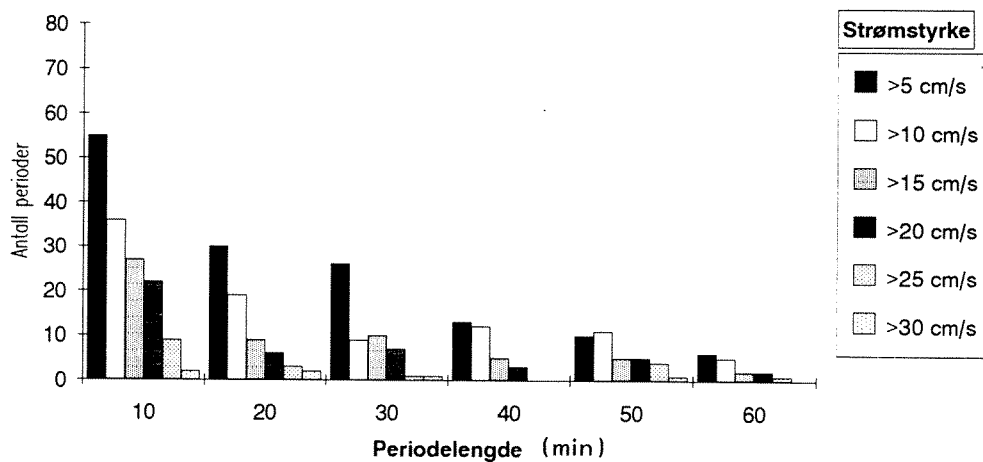


0-91199

# Strømmåling ved Varakjelen på Varaldsøy i Hardanger.

Desember 1991-januar 1992.

Maksimalstrøm-analyse - 3 m djup



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

## Hovedkontor

Postboks 69, Korsvoll  
0808 Oslo 8

Telefon (47 2) 23 52 80  
Telefax (47 2) 39 41 89

## Sørlandsavdelingen

Televeien 1  
4890 Grimstad

Telefon (47 41) 43 033  
Telefax (47 41) 44 513

## Østlandsavdelingen

Flute 866  
2312 Ottestad

Telefon (47 65) 76 752  
Telefax (47 65) 78 402

## Vestlandsavdelingen

Breiviken 5  
5035 Bergen - Sandviken

Telefon (47 5) 95 17 00  
Telefax (47 5) 25 78 90

Prosjektnr.:

O-91199

Undernummer:

Løpenummer:

2713

Begrenset distribusjon:

Åpen

Rapportens tittel:

Strømmåling ved Varakjelen på Varaldsøy i Hardanger  
desember 1991 - januar 1992

Dato:

April 1992

Faggruppe:

Akvakultur

Forfatter (e):

Lars G. Golmen

Geografisk område:

Hardangerfjorden

Antall sider:

45

Opplag:

50

Oppdragsgiver:

A/S MOWI, Postboks 4102 Dreggen, Bergen

Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):

Ekstrakt:

I perioden 17/12 1991 til 23/1 1992 blei det gjennomført strømmåling ved planlagt oppdrettslokalitet ved Varakjelen på nordspissen av Varaldsøy i Hardanger. Måledjupa var 3 m, 6 m og 35 m. Det blei også tatt nokre grabbprøver av sediment, og gjort målingar av hydrografi og oksygen i sjøen. I rapporten er måledata presentert, analysert og diskutert. Maksimal strømsstyrke i 3 m var 45 cm/s, og i 6 m 35 cm/s, i begge tilfelle med retning mot søraust. Generelt sett var episoder med sterk strøm i øvre lag knytt til strømretning ut fjorden. I 35 m djup var høgste målte strømfart 11 cm/s, med retning inn fjorden.

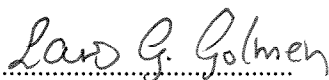
4 emneord, norske

1. Hardangerfjorden
2. Varaldsøy
3. Strømmåling
4. Oppdrettslokalitet

4 emneord, engelske

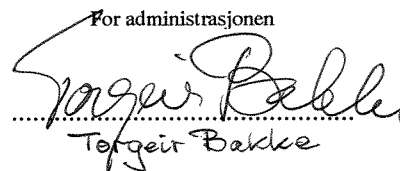
1. Hardangerfjorden
2. Varaldsøy
3. Currents
4. Aquaculture

Prosjektleder



Lars G. Golmen

For administrasjonen



Torgeir Bakke

ISBN 82-577 -2072-0

**Strømmåling ved  
Varakjelen  
på Varaldsøy i Hardanger.  
Desember 1991 - januar 1992**

**Bergen, april 1992  
Lars G. Golmen**

## FORORD

Foreliggende rapport er resultat av ein forespørsel frå A/S MOWI i Bergen om å utføre strømmålingar ved ny lokalitet Varakjelen på nordspissen av Varaldsøy. Først og fremst var ein interessert i å få informasjon om maksimal strøm i ulike djup. Det blei gjort avtale om å gå i gang med målingane i byrjinga av desember 1991. Målingane kom i gang 17. desember, og pågjekk til 23. januar 1992.

Hos A/S MOWI har Georg Øyarhamn frå Varaldsøy bistått med lokal organisering, assistanse ved riggutsetting og oppsyn med måleriggen. Under opptak av målerigg deltok personar frå A/S MOWI sine anlegg på Øyarhamn og Aakre. Takk til alle desse. Harald Kvalheim har vore koordinator og tålmodig kontaktperson hos A/S MOWI i prosjektperioden. Hos NIVA har Terje Hopen og Inger Midttun bistått med EDB. Sistnemnde har også stått for oksygenanalyser og redigert sluttrapporten. NIVAs instrumentsentral har bistått med klargjering av instrument m.m. Lars G. Golmen har vore NIVAs prosjektleiar og ansvarlege for analyser og rapport.

# INNHALD

## FORORD

SAMANDRAG .....	4
1. INNLEIING .....	5
1.1. Lokaliteten .....	5
1.2. Det planlagte anlegget .....	5
1.3. Tidlegare miljøgranskingar ved Varaldsøy .....	5
2. MÅLEPROGRAM .....	9
2.1. Strømmåling. ....	9
2.2. Hydrografi .....	11
2.3. Grabbprøver. ....	11
3. PRESENTASJON AV MÅLEDATA .....	12
3.1. Hydrografi .....	12
3.1.1. Vertikalprofilar .....	12
3.1.2. Hydrografi registrert av strømmålarane. ....	12
3.1.3. Oksygen i sjøen .....	13
3.2. Strømmålingar .....	13
3.2.1. Strøm-profilar .....	15
3.3. Grabbprøver .....	15
4. DISKUSJON .....	16
4.1. Periodisitet .....	16
4.2. Varighetsanalyser .....	16
4.2.1. Svakstrømsanalyse .....	16
4.2.2. Sterkstrømsanalyse .....	19
4.3. Dominerande retning .....	20
4.4. Samanlikning med strømmålingane ved Aakre i 1989. ....	20
REFERANSAR .....	23
APPENDIKS I .....	24
APPENDIKS II .....	40

## SAMANDRAG

Det ligg føre planer om etablering av oppdrettsanlegg for laks ved Varakjelen på nordspissen av Varaldsøy i Hardanger. I den samanheng har Norsk institutt for vannforskning (NIVA) foretatt målingar av strøm i 3, 6 og 35 meters djup på lokaliteten med formål å bestemme maksimalstrøm og middelstrøm. Måleperioden var 17. desember 1991 til 23. januar 1992, i alt 38 døger. Det blei også utført eit enkelt program for måling av sjiktning (hydrografi) og botnsediment.

Sjiktninga i øvre del av vassøyla var meir markert ved profileringa 23. januar i høve til 17. desember, med eit 7-8 meter gjennomblanda øvre lag, og eit tydeleg sprangsjikt under. Saliniteten i øvre lag 23. januar var omlag 26 promille, og temperaturen litt over 5°C.

Maksimal målt strømstyrke og tilhøyrande strømretning i dei tre måledjupa, var som følgjer:

Måledjup	Max. strømstyrke	Retning for max. strøm
3 meter	45 cm/s (20/1 1992)	mot søraust
6 meter	35 cm/s (6/1, 13/1)	mot søraust
35 meter	11 cm/s (25/12)	mot vest

Midlare strømstyrke og tilhøyrande retning var som følgjer:

Måledjup	Middel strømstyrke	Dominerande retning
3 meter	9 cm/s	mot søraust (ut fj.)
6 meter	7.5 cm/s	mot søraust (ut fj.)
35 meter	1.5 cm/s	mot vest (inn fj.)

I 3 og 6 meters djup låg hovedstrømretningen langs aksene 130°-310°, med dei fleste observasjonane innafor retningsintervallet 80-160 grader (retning ut fjorden). Hovedstrømretning i 35 meters djup var vanskeleg å bestemme, men tendensen var retning inn fjorden.

Sedimentprøvene frå ca 25 meters djup og ca 50 meter frå land synte dels stein/berg (ingen grabbfangst), dels småstein/grus, og dels finare sand med litt innblanda skjell.

Svakstrømsanalysen av måleseriane synte at det både i 3 m og 6 m djup var 2 perioder der strømmen vedvarande var svakare enn 1.1 cm/s over ein heil time. Sterkstrømsanalysen synte 6 ulike perioder i 3 m djup, og 1 periode i 6 m djup, med strøm vedvarande over 35 cm/s.

## 1. INNLEIING

I dette kapitlet blir det gitt ein kort omtale av lokaliteten, og områda rundt, samt ei skisse av det planlagte anlegget.

### 1.1. Lokaliteten

Den planlagte oppdrettslokaliteten ligg i Sjursvika ved Varakjelen, nørst på Varaldsøy. Varaldsøy ligg i Hardangerfjorden i Hordaland fylke. Fig. 1 syner Varaldsøy innanfor eit utsnitt av sjøkart nr. 117. Dei lokale fjordområda rundt er Bondesundet (på vestsida av øya), Sildafjorden og Hissfjorden. Lokaliteten er nærast knytt til Hissfjorden. Mot aust strekkjer Maurangerfjorden seg i om lag 10 km lengde, sjå innfelt kart over heile Hardangerfjorden. Dei næraste eksisterande oppdretts- eller settefisk anlegg på Varaldsøy ligg i Øyarhamn og ved Haukanes.

Botnen på lokaliteten skrånar jamnt, men ikke bratt utover frå land. Inst ved land er det tale om djupner på 5-15 meter. 50-meters koten ligg om lag 100 meter frå land. Prøvetakinga med grabb tyder på at i alle fall deler av botnområdet nær land består av sand og småstein (sjå kapittel 3). Fig. 2 syner eit kart, med Sjøkartverkets originale loddsskudd innteikna. Denne figuren gjev eit bilete av botntopografien i området. Strandsona på lokaliteten er relativt bratt (fig. 1.3), med vanskeleg tilkomst frå land over fjellet. Mellom Sjursvika og Ospevikane stikk det fram ei bratt nase (Tjuahole). Inne i Ospevika er det ei lita flat strand med småstein og sand.

### 1.2. Det planlagte anlegget

Det er tale om å utplassere eit anlegg med Polarcirkel merdar. Anlegget vil bli om lag 150 m langt, og 35-40 m breitt. Konesjonsvolumet vil vere 18000 m<sup>3</sup>. Fig. 1.3 syner omtrentleg plassering av anlegget, i følgje MOWIs opprinnelege plan. Sannsynlegvis vil det vere mest aktuelt å trekke anlegget litt lenger mot søraust, i retning Ospevikane enn det fig. 1.3 syner. Strømmålarriggen blei derfor plassert rett utanfor Ospevikane, i samråd med lokalkjente.

### 1.3. Tidlegare miljøgranskingar ved Varaldsøy

Etter det vi kjenner til, har det ikkje tidlegare vore gjort målingar i nærleiken av Varakjelen. NIVA har tidlegare foretatt granskingar i sjø ved to av MOWIs lokalitetar på Varaldsøy; ved Aakre og ved Haukanes (Golmen 1990b, 1991, Golmen m.fl. 1990a).

For sjølve Hardangerfjorden har Sælen (1962) gitt omtale av hydrografiske tilhøve og sesongmessig oksygenutvikling. Universitetet i Bergen hadde nokre tokt i fjorden i byrjinga av 1980-åra med formål generell kartlegging (Magnusson m.fl. 1983). Der forelegg også nokre hovedfagsoppgåver med omtale av spesielle tilhøve i Hardangerfjorden. Sørfjorden har lange stått i miljø-fokus på grunn av dårleg sediment-og vasskvalitet (Skei m. fl. 1989). Sjå Golmen m.fl. (1990a) for ein oversikt over tidlegare granskingar.

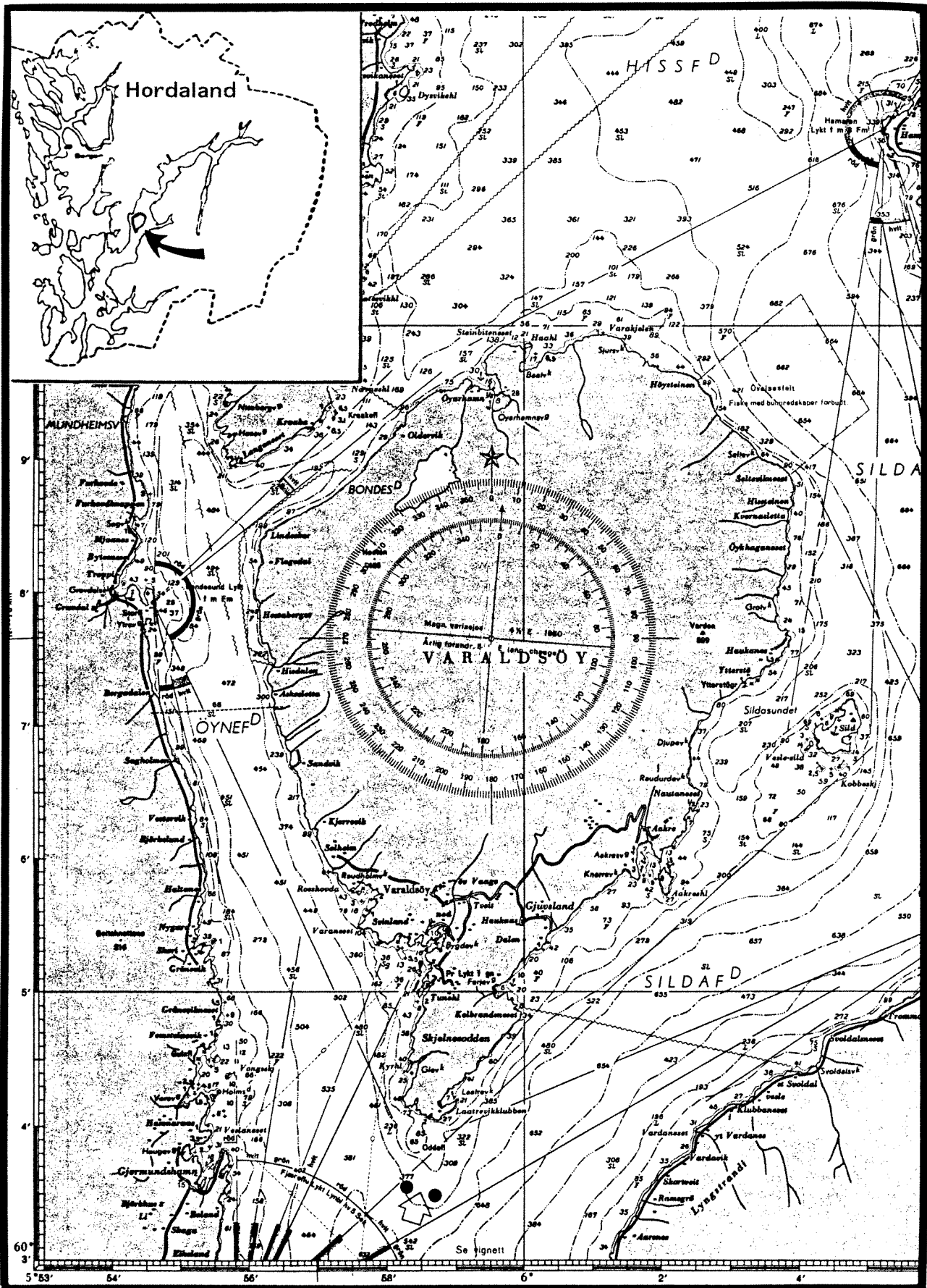


Fig. 1.1. Utsnitt av sjøkart nr. 117, som syner Varaldsøy i Hardangerfjorden.



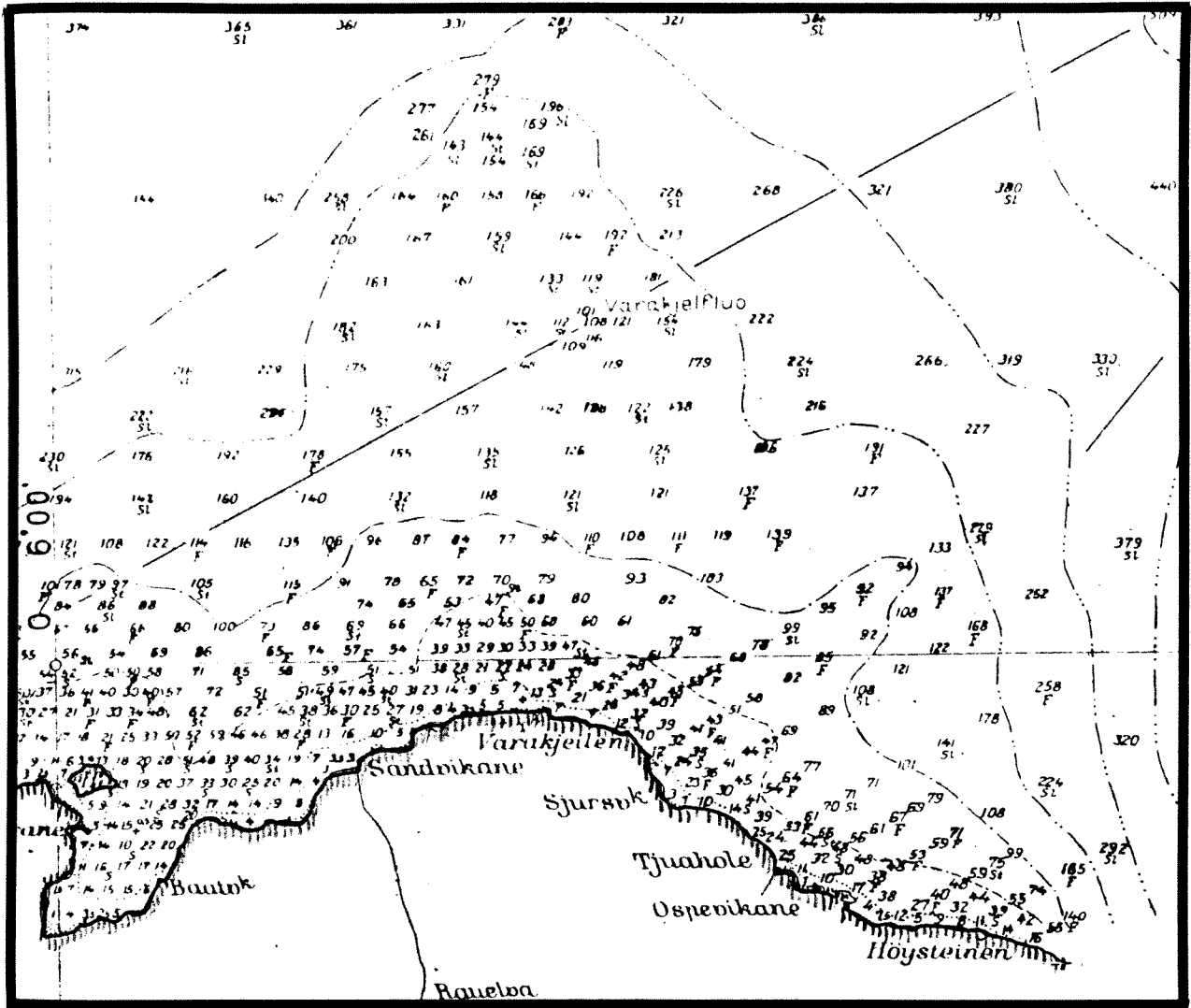


Fig. 1.2. Utsnitt av Sjøkartverkets hydrografiske original, for området ved Varakjellen nærst på Varaldsøy.

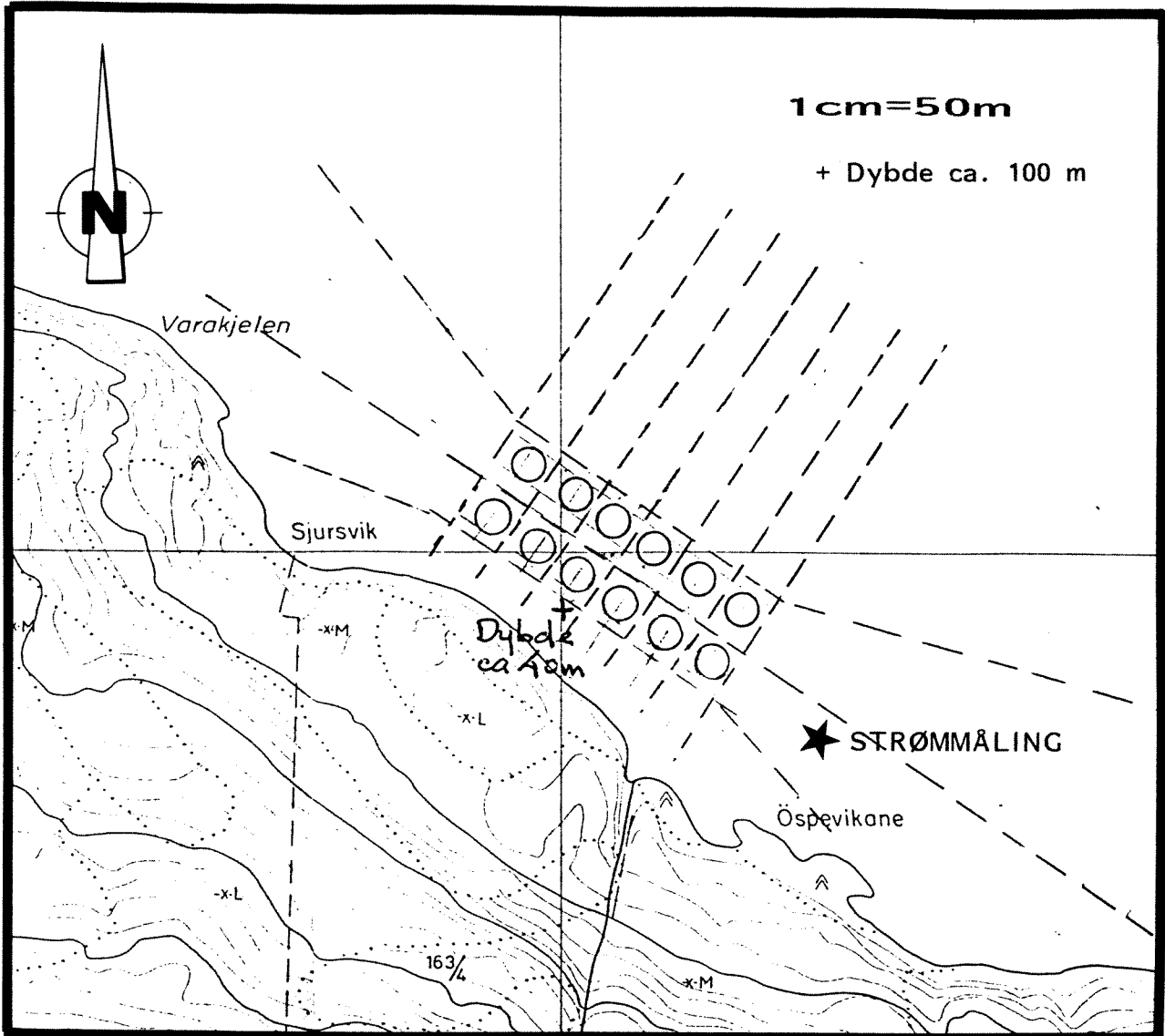


Fig. 1.3. Skisse av planlagt oppdrettsanlegg ved Varakjelen på Varaldsøy.

## 2. MÅLEPROGRAM

Måleprogrammet bestod i det vesentlegaste av strømmåling. Det er også tatt vertikalprofilar av salinitet, temperatur og oksygen i sjøen. I tillegg blei det tatt nokre grabbprøver. Vi gir her ei kort orientering om måleprogrammet. Hovedformålet med dette var å framskaffe informasjon om maksimalstrøm på lokaliteten. I tillegg var ein interessert i strømdata som vil vere nyttige ved framtidig produksjon, slik som varigheit av perioder med svak strøm.

### 2.1. Strømmåling.

Til strømmålingane blei det nytta Aanderaa RCM instrument, opphengt i rigg. Desse instrumenta måler i tillegg til strømretning/styrke, også salinitet og temperatur. Strømstyrken blir registrert ved hjelp av omdreiningane til ein Savoniusrotor på toppen av instrumentet (fig. 2.1). Måledata blir lagra automatisk i eit elektronisk minne. Måleintervallet var 10 minutt.

Måleriggens posisjon er indikert i fig. 1.3, rett utanfor Ospevikane, på ca 45 m djup, knapt 100 meter frå land. Rikken var forsynt med overflatebøye, med dei to øverste instrumenta hengande under. Nederste instrument blei løfta opp til ca. 10 m frå botn ved hjelp av særskilt undervass-oppdrift. Tabell 2.1 gir nokre detaljopplysningar om målingane ved Varakjelen.

**Tabell 2.1. Oversikt over måleperioder og måledjup ved Varakjelen, Varaldsøy.**

Djup	Instr. nr	Start måling	Slutt måling
3m	9289	17/12 1991 kl. 1120	23/1 1992 kl. 1100
6m	9000	---"---	---"---
35m	9030	---"---	---"---

Ved hjelp av akustisk strømmålar av type Simtronix UCM-40 blei det også foretatt profilering av strøm nedover i sjøen frå båt ved opptak av strømmålarrikken den 23/1 1992. Desse målingane blir påverka av båtens drift, men kan gje nyttig informasjon om vertikalt strømskilje, og i kva djup strømmen eventuelt endrar seg. Måleintervallet var 2 sekund, og djup (trykk), samt salinitet og temperatur blei målt samtidig med strøm.

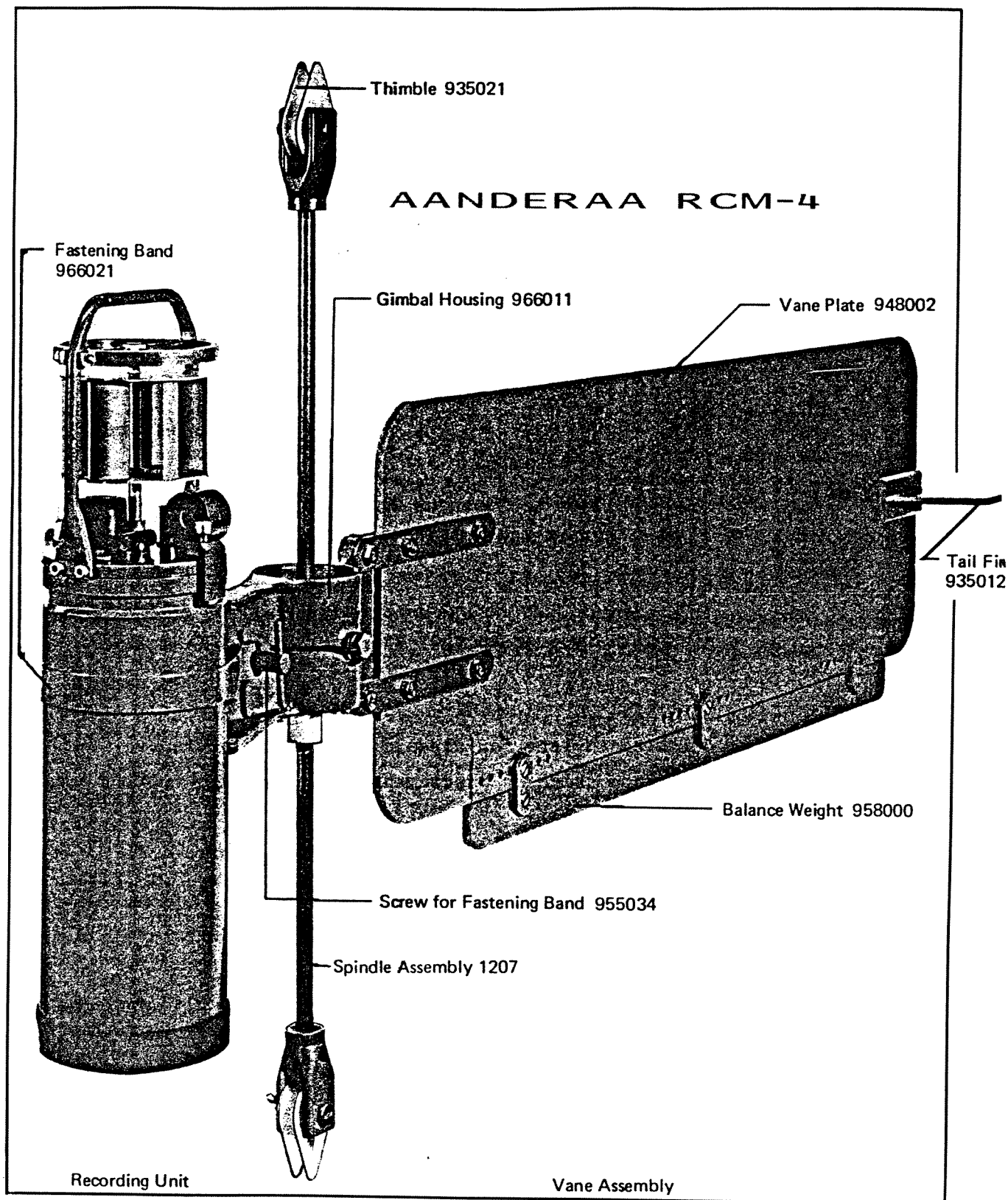


Fig. 2.1. Aanderaa RCM-4 strømmålar, av samme type som målarane som blei benytta for målingane ved Varakjelen i perioden desember 1991-januar 1992.

## 2.2. Hydrografi

Hydrografi, d.v.s. sjøens vertikalfordeling av salinitet og temperatur blei målt med instrument av type Sensordata SD200. Med 5 sekunds tidsintervall registrerer dette instrumentet hydrografi fortløpande saman med det aktuelle måledjupet, i eit internt dataminne. Det blei målt i området nær riggposisjonen, h.h.v. ved utsetting og opptak av rigg. Målingar 23/1 blei også foretatt med Simtronix UCM-40 instrumentet (sjå forrige avsnitt), som med fastsatt tidsintervall ( 2 sekund) målte hydrografi i tillegg til strøm.

I tillegg til salinitet og temperatur blei det i utvalde djup også tatt vassprøver for seinare analyse av oksygeninnhald (Winklers metode). Tidspunkt for prøvetaking var som for hydrografi.

## 2.3. Grabbprøver.

Med ein Petersen-grabb blei det den 17/12 1991 tatt prøver av botn i eit snitt langs land utanfor Ospevikane. Avstand til land var 40-50 m, d.v.s. litt innafor der anlegget sannsynlegvis vil bli plassert.

### 3. PRESENTASJON AV MÅLEDATA

I dette kapitlet presenterer vi dei viktigaste måledata, med ein kortfatta diskusjon. Ein samanfattande diskusjon og oppsummering følgjer i kapittel 4. **Alle figurar til dette kapitlet er plassert bak i rapporten, i figurvedlegget.**

#### 3.1. Hydrografi

Målingane består av vertikalprofilar (2 gonger) samt registreringane med strømmålarane i riggen.

##### 3.1.1. Vertikalprofilar

Det var vesentlege forskjeller mellom målingane i desember og januar (fig. A1). I desember var det relativt kontinuerleg sjiktning frå overflate til ca. 30 m djup. I slutten av januar var det eit karakteristisk 7-8 m tjukt øvre lag, og eit markert sprangsjikt under. Temperaturen i djupare sjikt var redusert frå knapt 11 til ca. 9.5°C, og overflatetemperaturen fra ca 8° til 5°C.

##### 3.1.2. Hydrografi registrert av strømmålarane.

Strømmålarane i 3m, 6m og 35 m djup målte også temperatur og salinitet kontinuerleg. Måleresultata er synt i fig. A2-A4 i vedlegget.

##### Temperatur

Resultata er synt i fig. A2a-A2b. Tidsforløpet i 3 m og 6 m var ganske likt, mens langsiktige endringar i 35 m til dels var i motfase med øvre lag. Markerte og raske temperaturendringar forekom 31/12, sannsynlegvis i samband med den kraftige vinden på Vestlandet då. I 3 m djup steig temperaturen frå 5.5 til 9.5 i løpet av eit par timar. Mot slutten av måleperioden falt temperaturen i 3 m markert. I 6m djup var det i same perioden tydelege variasjonar som sannsynlegvis heng saman med det markerte sprangsjiktet som blei målt 23/1 (avsnitt 3.1.1, fig. A1). I djupvatnet (35 m) var det også markerte temperaturendringar i løpet av måleperioden, men meir i form av langvarige svingningar.

I 3 meter varierte temperaturen i løpet av heile måleperioden mellom 5 og 9.5 grader. Tilsvarande variasjon i 6 meters djup var 5.5 og 10 grader. Lågaste målte temperatur i 35 meters djup var 8°C, like etter årsskiftet. Høgast temperatur var det ved målestert, med ca 11°C.

##### Salinitet

Karakteristisk for utviklinga i 3 m djup var ein gradvis reduksjon i saliniteten frå ca 5/1 1992 til slutten av måleserien (fig. A3a, A3b). Lågaste målte verdi var 24 promille. Tidvis var verdiane opp mot 31 promille. Korttidsvariasjonane dreia seg om inntil 4 promille i løpet av 1-2 timar, både i 3m og 6 m djup.

Verdiane i 35 m djup (omlag 10 m over botn) varierte mellom 30.5 og 34 promille. Langtidsendringane var karakteristisk i motsatt fase av endringane i øvre lag (3m og 6m djup). Dette tyder på ei direkte dynamisk kopling mellom dei aktuelle

djupnesjikt: auka utstrøyming av brakkvatn medfører auka innstrøyming av saltare vatn i djupet.

### Densitet

Trenden i utviklinga for sjøens densitet (fig. A4a,b) følgde naturleg nok utviklinga i salinitet, sidan det er ein nær funksjonell samanheng mellom desse parametrane. Effekten av den kraftige vinden rundt årsskiftet kan tydeleg sjåast i 3 m djup. Først falt densiteten noko, før ein rask auke inntraff. Utover kvelden 31/12 1991 heldt densiteten seg høg, og falt deretter til eit mellombels minimum om natta, før ny auke. Sannsynlegvis dreiar det seg om ei svingning i fjorden som vindfeltet eller trykkfeltet har generert, og som gradvis døydde ut dei første dagane i januar (sinus-kurve med amplitude-demping).

### **3.1.3. Oksygen i sjøen**

Oksygen blei målt i 5m, 10m, 15m og 25 m djup (ved to ulike tidspunkt). Tabell 3.1 syner måleverdiane og nokre avleide parametrar. Det var tilfredsstillande oksygentilhøve både 17/12 1991 og 23/1 1992. Tidlegare oksygenmålingar på MOWIs lokalitetar ved Varaldsøy har synt verdiar ned mot 80% metning i 20-30 m djup (i april 1990, Golmen 1990), mens andre prøveseriar har synt verdiar meir i samsvar med tabell 3.1 (Golmen m.fl. 1990a, Golmen 1991), og som må reknast som normale for årstida.

**Tabell 3.1. Oksygenverdiar ved Varakjelen bestemt ved Winklers metode.**

TID	Djup	Temp, C	Salinitet	O <sub>2</sub> , ml/l	metn-%
17/12 1991	5m	8.06	29.84	6.46	94.7
---"---	10m	8.74	30.56	6.26	93.7
---"---	15m	9.00	31.38	6.22	94.1
---"---	25m	10.36	32.57	5.81	91.3
23/1 1992	5m	5.13	25.90	7.65	102.0
---"---	10m	9.22	32.52	5.82	89.1
---"---	15m	9.58	33.38	5.73	88.9
---"---	25m	9.40	33.66	5.66	87.7

### **3.2. Strømmålingar**

Tidsseriane av strømstyrke er synt i fig. A5a,b. Formålet med målingane var dels å finne dimensjonerande strøm, d.v.s. maksimalstyrke med omsyn til belastning på anlegget. Høgste målte strømstyrke i dei forskjellige djup er satt opp i tabell 3.2. Høgste målte styrke i 3 m djup (45 cm/s) var knytt til strøm med retning ut

fjorden. Dei fleste sterkstrømsepisoder (strømstyrke mellom 30 og 40 cm/s) i 3 og 6 meters djup var knytt til denne retninga. Episoder med sterk strøm i 3 og 6 meters djup var generelt sett samanfallande i tid, og av same retning.

I 35 m djup (ca. 10 m over botn) var det vesentleg svakare strøm enn i øvre lag. Mens øvre lag (3m og 6m) generelt sett hadde sterkast strøm i januar, var biletet det motsatte i 35 m djup, med sterkast strøm i desember.

**Tabell 3.2. Maksimalstrøm i dei ulike måledjupa i løpet av måleperioden 17/12 1991 til 23/1 1992.**

Måledjup	Max. strømstyrke	Retning for max. strøm
3 meter	45 cm/s (20/1 1992)	mot søraust
6 meter	35 cm/s (6/1, 13/1)	mot søraust
35 meter	11 cm/s (25/12)	mot vest

Middelstrømmen i dei ulike djup er angitt i tabell 3.3. Både fig. A6a,b og fig. A7 syner at strøm retta ut fjorden (retning mot søraust) var dominerande både i 3 og 6 m djup. I 35 m djup var strømmen i perioder så svak at retningen ikkje lot seg bestemme. Det er mulig at roret har vore delvis hindra av eit tau som hadde hengt seg på (oppdaga ved opptak av riggen). Dette kan ha forårsaka at perioder med svak strøm har gitt usikre retningsverdiar. Observasjonane tyder imidlertid på dominerande strømretning inn fjorden i dette djupet (fig. A7, nederste "strøm-roser").

Fig. A8 syner den kumulative fordelinga av strømstyrke observasjonane. I 3 m djup var ca 33% av observasjonane sterkare enn middelverdien på 9 cm/s, mens i 6 m djup var 23% av verdiane sterkare enn 9 cm/s, og 28% sterkare enn middelverdien på 7.5 cm/s.

**Tabell 3.3. Strømmens middel styrke og dominerande retning ved Varakjelen i perioden 17/12 1991 til 23/1 1992.**

Måledjup	Middel strømstyrke	Dominerande retning
3 meter	9 cm/s	mot søraust (ut fj.)
6 meter	7.5 cm/s	mot søraust (ut fj.)
35 meter	1.5 cm/s	mot vest (inn fj.)



### 3.2.1. Strøm-profilar

I samband med opptak av måleriggen den 23/1 1992 blei det tatt vertikalprofilar av strøm. Den eine frå overflata til 25 m djup (fig. A9). Den andre til 8 m djup (fig. A10). Sistnemnde profil blei tatt mens båten lå fortøyd i måleriggen, slik at båtens drift blei minimalisert. Første profilen kan ha litt forstyrrelsar på grunn av båtens drift (sakte mot nord).

Fig. A10, med målingane med båten fortøyd i riggen, syner at frå overflate til ca 3.5 meters djup hadde strømmen retning ca.  $280^\circ$  (inn fjorden). Strømstyrken var 3-5 cm/s. Frå ca 3.5 m djup og ned til ca 7 meter var det eit lag med strøm retta mot  $120^\circ$ , d.v.s. retning ut fjorden, med strømstyrke 5-8 cm/s. Under dette laget var det igjen innoverretta strøm. Målingane blei tatt 2 timar før høgvatn, d.v.s. på fløande sjø. Den innoverretta strømmen i overflata kan delvis vere ein effekt av tidevatnet, men den markerte lagdelinga i strøm tilseier at også andre faktorar har spelt inn.

Målingane som er synt i fig. A10 indikerer strømskilje både i 3-4 m og 7-8 m djup på det aktuelle tidspunktet. Eit djupare strømskilje framtrer i 15 m djup (fig. A9). Strømretninga i øverste laget blei målt til ca  $200^\circ$  (sørover relativt til båten), som eit resultat av at båten dreiv nordover raskare enn overflatestrømmen på grunn av vind.

### 3.3. Grabbprøver

Grabbing blei foretatt langs eit snitt ca 50 m frå land. Botndjupet var 20-30 meter. Det var vanskeleg å få opp prøve på dei nordlegaste posisjonane (litt SV for innteikna anlegg i fig. 1.3). Dette tyder på fjell eller stein i dette området. Det var ikkje tale om noka steinur, slik som t.d. ved Aakre.

Rett utafor ved nordlegaste Ospevika fekk vi opp grå skjellsand, med store blåskjellfragment. Ingen teikn til organisk belastning. Sannsynlegvis går det ei renne utover frå den vesle stranda inne i vika, som fungerer som ei sedimentfelle. Rett utanfor den sørlegaste vika fekk vi ingen sand opp, kun småstein med litt kalkmark på. Botntilhøva synes å indikere tilfredsstillande tilhøve med omsyn til oppdrett. Der synest vere lite groper og fordjupningar der forrestar m.m. kan hope seg opp. Botnen er imidlertid relativt flat nær land, slik at stabile avsetningar teoretisk kan bygge seg opp, utan å rase ut.

## 4. DISKUSJON

Hovedformålet med strømmålingane ved Varakjelen som er omtalt i denne rapporten, er å fastslå belastningsparametrar som berører det framtidige oppdrettsanlegget. Det er derfor lagt vekt på å belyse målingane av høg strømstyrke. Måleseriane gjev også eit visst grunnlag for å fastslå i kor stor grad lokaliteten er eigna for oppdrett, med omsyn til (varigheit av) perioder med svak strøm.

### 4.1. Periodisitet

I kapittel 3 blei dei viktigaste måleresultata med omsyn til maksimal strøm presentert. Det blei der ikkje knytt kommentarar til dynamikken (variasjon) i strømningsforholda, og til varigheit av perioder med sterk strøm. Strøm med hyppig fluktuerande styrke/retning kan ha større slitasjemoment på ein marin konstruksjon enn jamn belastning frå vedvarande strøm av samme retning.

Energispekteret av første del av måleserien for strømfart i 6 m djup er synt i fig. 4.1. Det framgår der fleire toppar for langperiodiske variasjonar, (7.5 og 3 døger) som sannsynlegvis er knytt til variasjonar i vertilhøva. Av kortperiodiske variasjonar framtrer 12.5 timars perioden (halvdagleg tidevatn), 9 timar og 7.5 timar. Sistnemnte har liten energi.

### 4.2. Varighetsanalyser

Vi har foretatt berekning av antall perioder i måleseriane der strømmen vedvarande har lagt over gitte grenser ("sterkstrøm-analyse"), og tilsvarende under gitte grenser ("svakstrømsanalyse"). Desse berekningane viser samtidig varigheit (lengd) av dei respektive periodene, innafor ei eiga sorteringsmatrise. Måleinstrumenta midla over 10 minutts perioder. I dei vidare analysene må det takast eit visst atterhald om kortvarige episoder ( $T \ll 10$  minutt) med strøm sterkare enn, evt. svakare enn den registrerte verdien.

#### 4.2.1. Svakstrømsanalyse

Denne analysen kan ha relevans i samband med framtidig drift på anlegget. For å sikre tilstrekkeleg vassutskifting i merdane, bør strømmen ikkje ligge under eit visst minimumsnivå for lenge. Minimumsgrense for strøm gjennom ei merd avheng m.a. av fisketettleik og vekstrate, og er sesongavhengig. Tabellane A1-A3 i appendiks II viser resultatata for svakstrømsanalysene for dei tre måleseriane. Målingane frå 3 og 6 meter er mest relevante.

For perioder inntil 60 minutt og for strømgrenser lik eller under 5 cm/s har vi framstilt resultatata av berekningane grafisk i fig. 4.2. Fordelinga innafor kvar periodelengde er tilnærma lik for 3 meter og 6 meter, med ei skeivfordeling mot høgre, d.v.s. med lite innslag av perioder med vedvarande svak strøm, t.d. under 1.1 eller 1.5 cm/s. Det var dog relativt mange kortvarige perioder med strøm vedvarande svakare enn 4 og 5 cm/s, men få lange vedvarande perioder med strøm under desse grensene.

Periodogram for hast i 6 m djup  
Vårkjelen 23/12

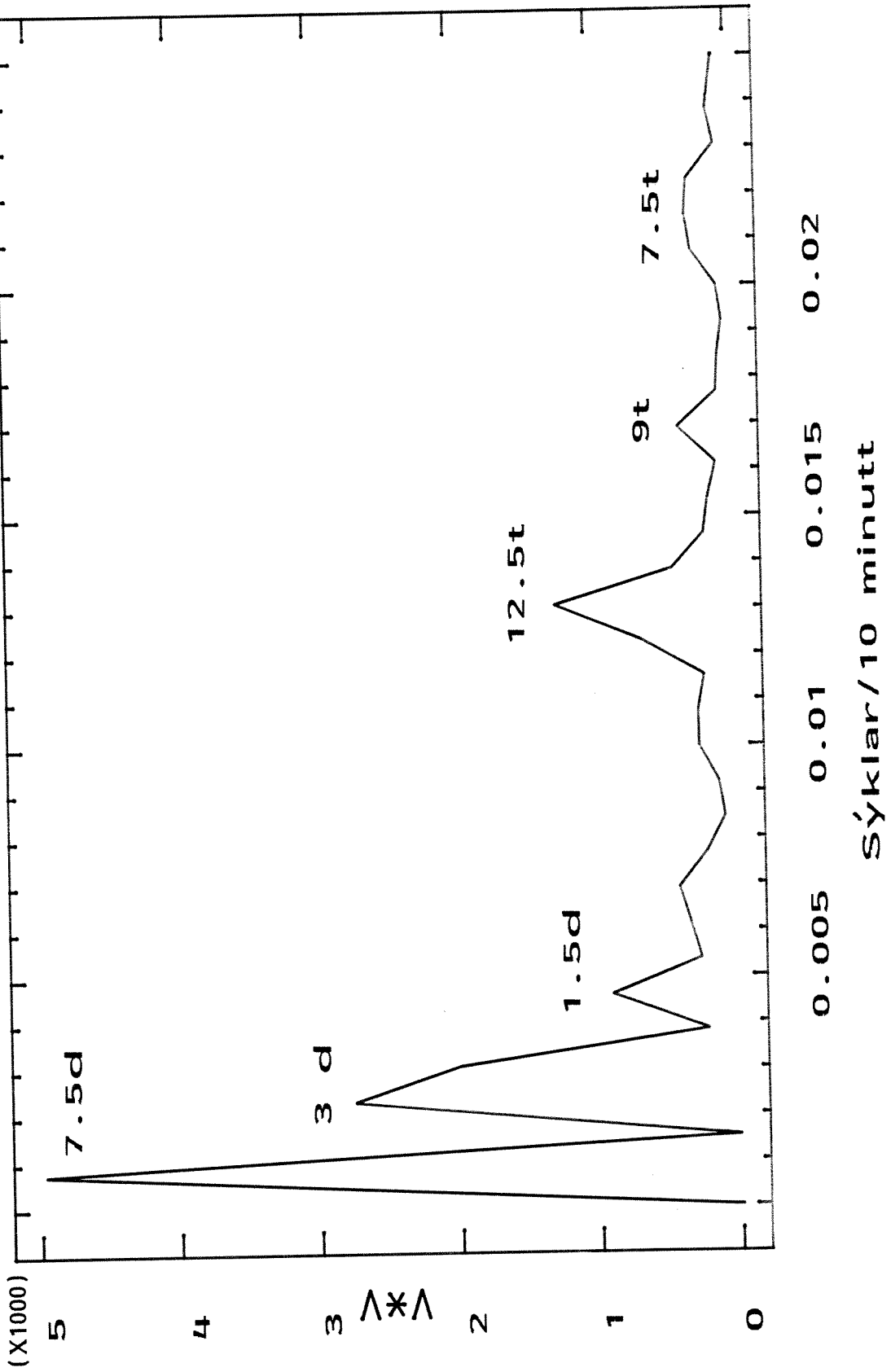


Fig. 4.1. Periodogram (energispæktur) for málta strömstyrke i 6 m djup i perioden 23/1 1991 - 1/1 1992.

Varakjelen des. 91 - jan. 92  
Svakstrøm-analyse - 3 m

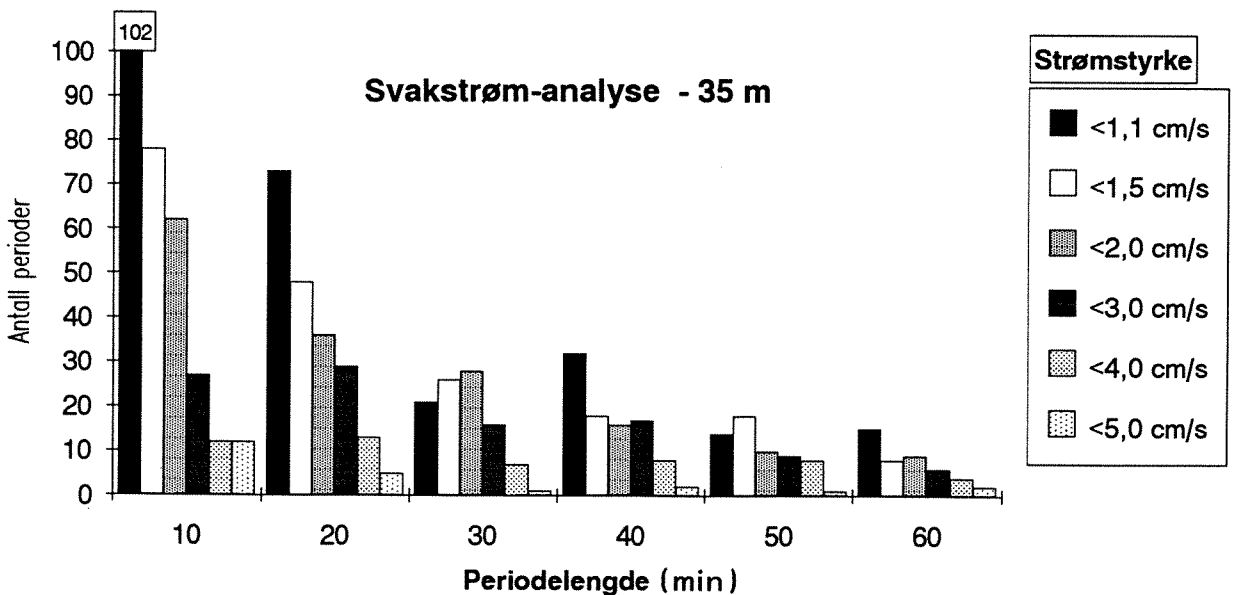
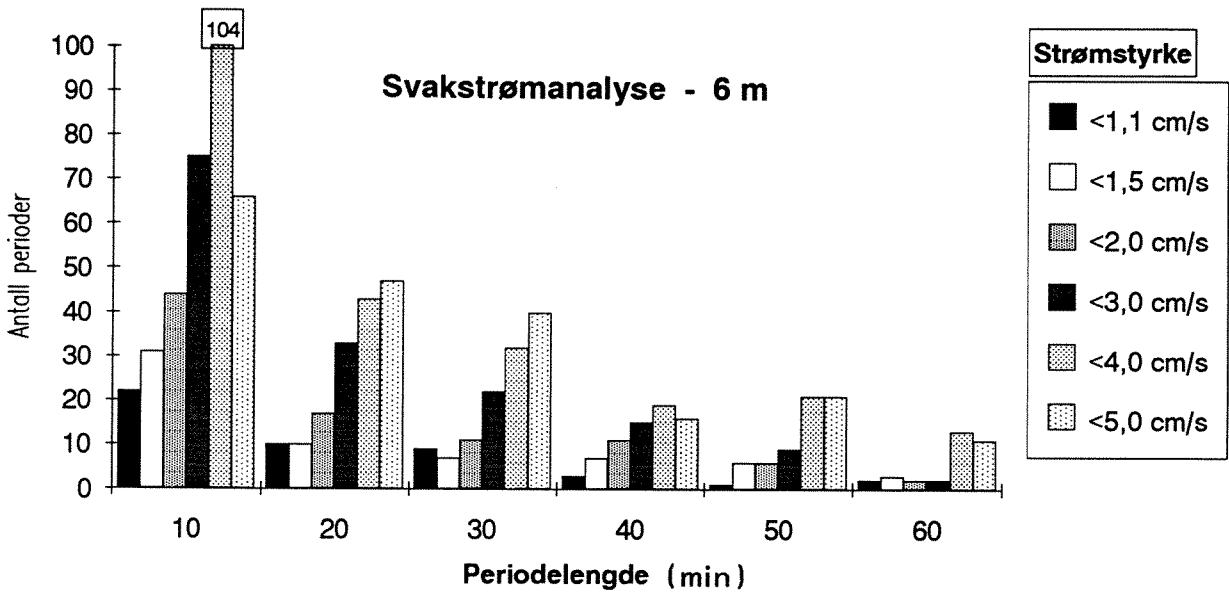
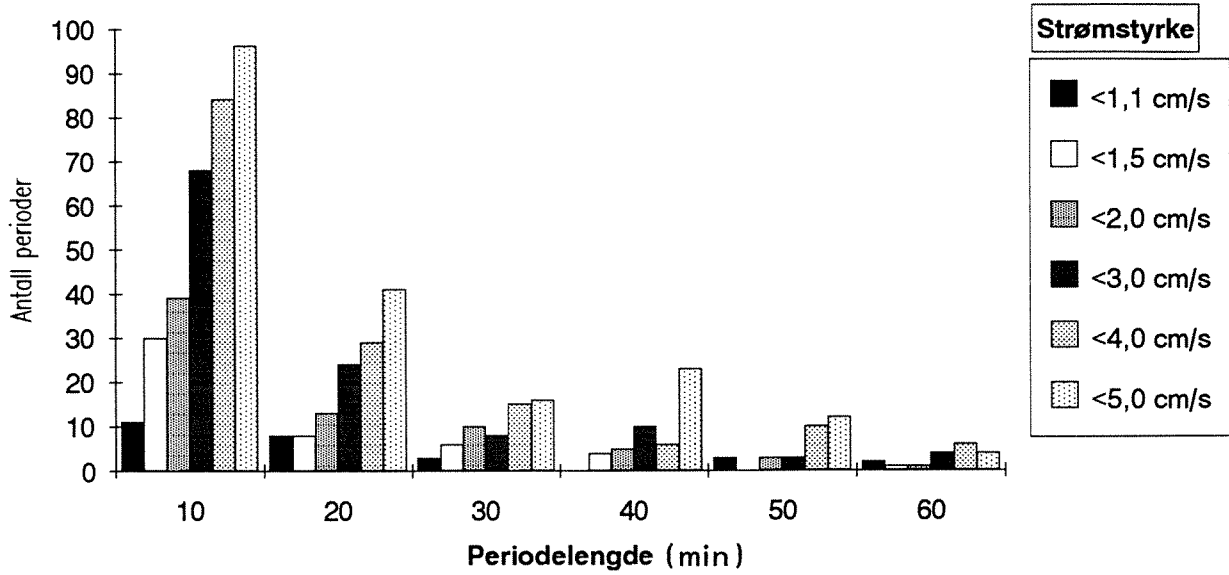


Fig. 4.2. Resultat for svakstrømsanalysen for dei kortaste periodelengdene, og for øvre testgrenser inntil 5 cm/s for strøm. Jamfør tabell A1 - A3.

I 3 meters djup var lengste periode med strøm under 1.1 cm/s 60 minutt (2 stk). Tabell 4.1 angir vidare antall perioder lik eller lengre enn 6 timar (360 minutt) med strøm under gitte grenser. I 3 meter og 6 meters djup var det ingen så lange perioder med strøm under 2 cm/s (3 meter) og 1.5 cm/s (6 meter). For målingane i 35 m meter avtok naturleg nok periodeantallet for aukande strømgrense, og for strøm vedvarande under 12 cm/s (sjå tabell A3) er det tale om 1 periode kun, d.v.s. at heile måleserien var under denne grensa.

**Tabell 4.1. Antall lange perioder (lik eller lengre enn 360 minutt) med strøm vedvarande svakare enn gitte grenser, "Hast" (cm/s) ved Varakjelen i tidsrommet 17/12 1991 til 23/1 1992.**

Hast →	<1.1	<1.5	<2.0	<3.0	<4.0	<5.0	<6.0	<8.0	<10.
3 m	0	0	0	1	4	8	13	29	31
6 m	0	0	1	3	5	9	24	37	30
35 m	17	25	28	32	31	29	15	9	2

#### 4.2.2. Sterkstrømsanalyse

Tabellane A4-A6 i appendiks II syner resultat for sterkstrømsanalysene. Også for denne analysen har målingane frå 3 meter og 6 meters djup tilnærma same karakteristik. Antall perioder (både korte og lange) avtar med aukande testgrense for strøm, og med aukande periodelengde. I 3 m djup var der to separate perioder med strøm sterkare enn 40 cm/s (mellom 40 og 45 cm/s). I 6 meter var der kun ei periode med strøm sterkare enn 35 cm/s (mellom 35 og 40 cm/s), og denne hadde varigheit 10 minutt.

I 35 meters djup (tabell A6) var sterkast strøm knytta til to perioder over teststyrken 10 cm/s, (d.v.s. mellom 10 og 15 cm/s). Det dreia seg om kun korte perioder, h.h.v. 10 og 30 minutt. I dette djupet var hovudtyngda av registrerte perioder på 10 - 30 minutt for styrkeintervallet 5 til 10 cm/s.

I tabell 4.2 har vi angitt lengde for den/dei lengste perioden(e) innafor kvart av testintervalla for strømsstyrke: 5, 10, 15...cm/s. Alle tal er henta frå tabellane A4-A6 i appendiks II. For dei lågare testgrensene for 3 og 6 meters djup dreia det seg om perioder til dels vesentleg lengre enn dei angitte 360 minutt i tabell 4.2. For sterkstrømsepisoder ser ein at lengste perioden med vedvarande strøm over 40 cm/s (i 3 m djup) varte i 40 minutt. Av tabell A4 framgår det at den andre perioden med strøm over 40 cm/s varte i 20 minutt.

**Tabell 4.2. Varigheit (i minutt) av dei lengste perioden(e) med strøm over gitt testgrense "Hast" (cm/s) ved Varakjelen i tidsrommet 17/12 1991 til 23/1 1992.**

Hast -->	> 5	> 10	> 15	> 20	> 25	> 30	> 35	> 40	>45
3 m	>360	>360	>360	360	300	110	60	40	0
6 m	>360	>360	360	280	170	40	10	0	0
35 m	190	30	0	0	0	0	0	0	0

I figur 4.3 har vi framstilt resultatene for berekningane synt i tabell A4-A6, for dei kortare periodelengdene, og for testverdiar (nedre grense) for strøm frå 5 til 30 cm/s. I 6 meter var der fleire perioder med strøm sterkare enn 5 cm/s i høve til i 3 meter. 3-meter verdiane er imidlertid i overvekt når det gjeld antall lengre perioder (også lengre enn 60 minutt) med strøm sterkare enn 15,20...cm/s. Jamfør tabell A4 og A5.

### 4.3. Dominerende retning

Av strømmålingane (i 3 og 6 meters djup) framgår det at strømrretninga i lange perioder var konstant, og oftast med retning mot søraust, d.v.s. ut fjorden. Mellom anna hadde den lange perioden 23/12 til 28/12 tilnærma konstant retning. Figur 4.4 syner spredningsdiagram for målingane i 3 meter og 6 meter; strømsstyrke plotta mot tilhøyrande strømrretning. Dominansen av observasjonar innafor retningsintervallet 80-160 grader (strøm mot søraust) er tydeleg i begge djup. Også dei sterkaste strømobserveringane var knytt til dette retningsintervallet. Ellers framgår det ein tydeleg retningssymmetri om aksen 130°-310°, som nok er betingta av lokal topografi og tidevatn.

### 4.4. Samanlikning med strømmålingane ved Aakre i 1989.

Strømmålingar i øvre lag (4 meters djup) ved Aakre på Varaldsøy (fig. 1.1) blei gjennomført over ei tre månader lang periode frå juni til september i 1989 (Golmen m.fl. 1990a). Maksimal målt strømsstyrke den gang var 40 cm/s, assosiert med strøm retta ut fjorden. Framherskande strømrretning var også ut fjorden. Det blei ikkje gjennomført varighetsanalyse på strømmålingane frå 1989.

Sommaren 1989 var det eit grunnare (ca 4 meter tjukt) og meir markert sprangsjikt enn det foreliggende målingar syner. Saliniteten i øvre lag var tidvis lavare enn 8-10 promille, mens lavaste målte verdi i 3 meter i siste periode var 24 promille. Det kan antakast at presset på eit oppdrettsanlegg vil vere størst i perioder om vinteren, med eit tjukt øvre lag, og tidvis markert strømsstyrke både i 3 meter og 6 meters djup samtidig.

Varakjelen des. 91 - jan. 92  
Maksimalstrøm-analyse - 3 m djup

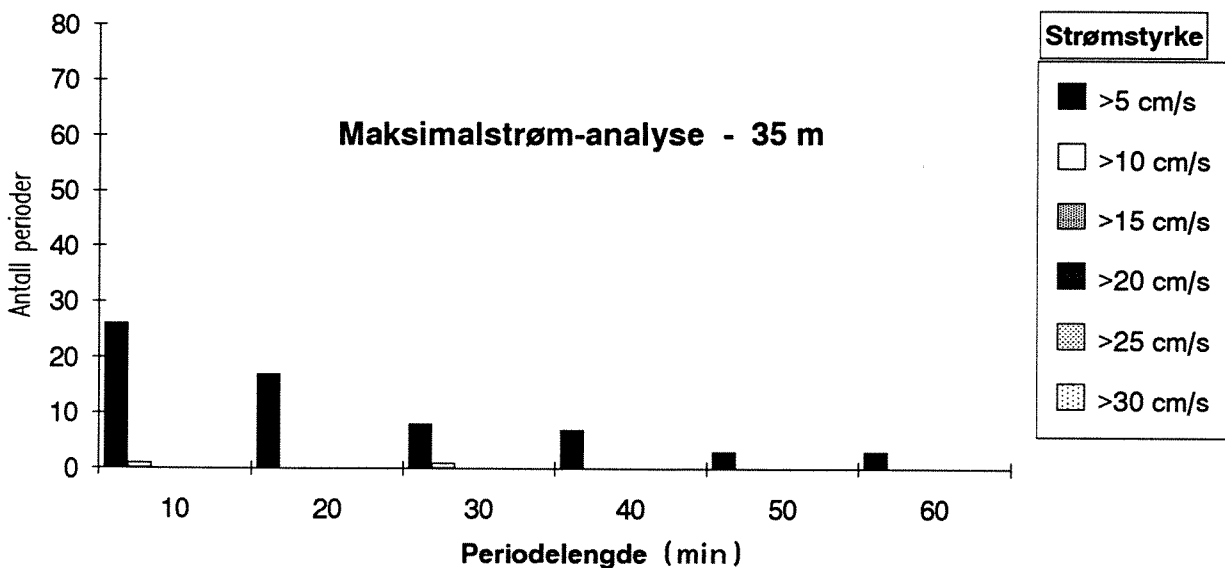
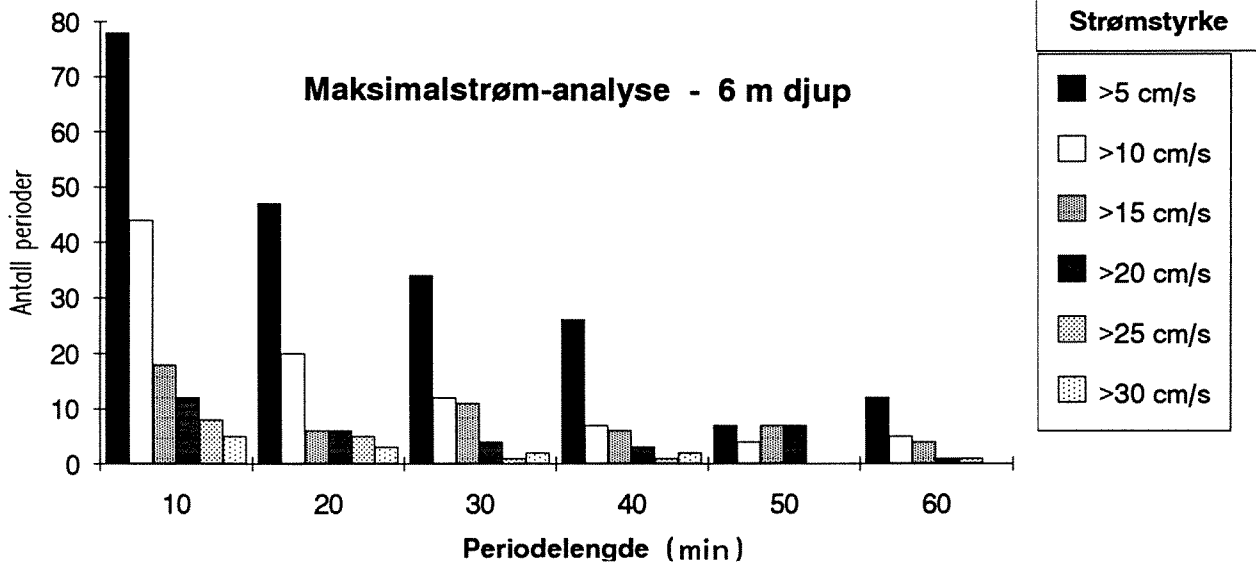
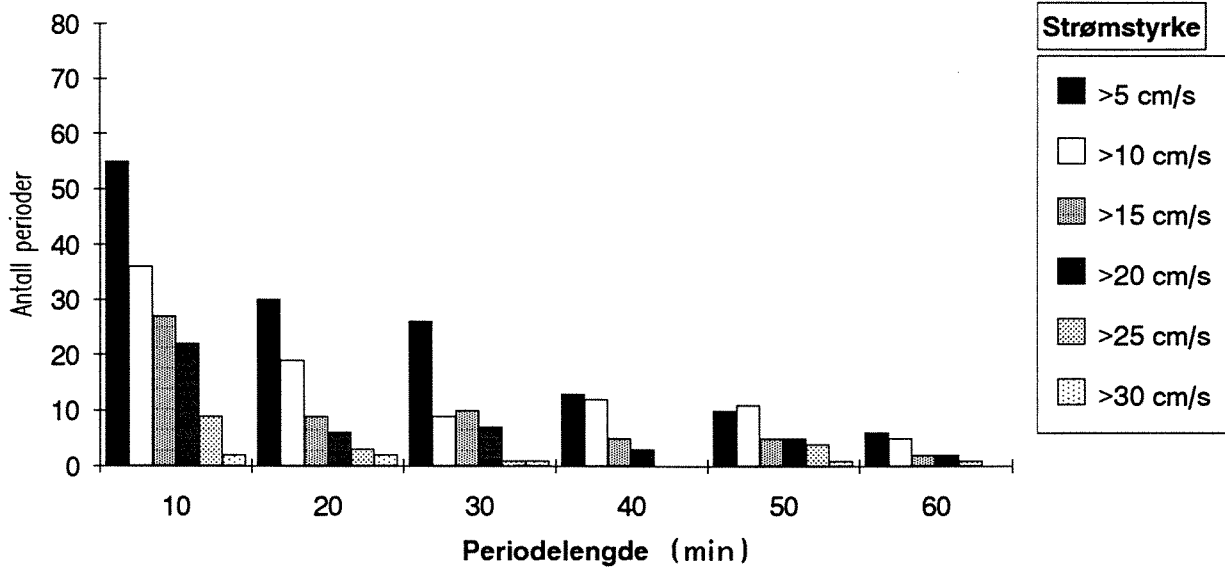


Fig. 4.3. Resultat for sterkstrømsanalysen for dei kortaste periodelengdene, og for øvre testgrenser inntil 30 cm/s for strøm. Jømfør tabell A4 - A6.

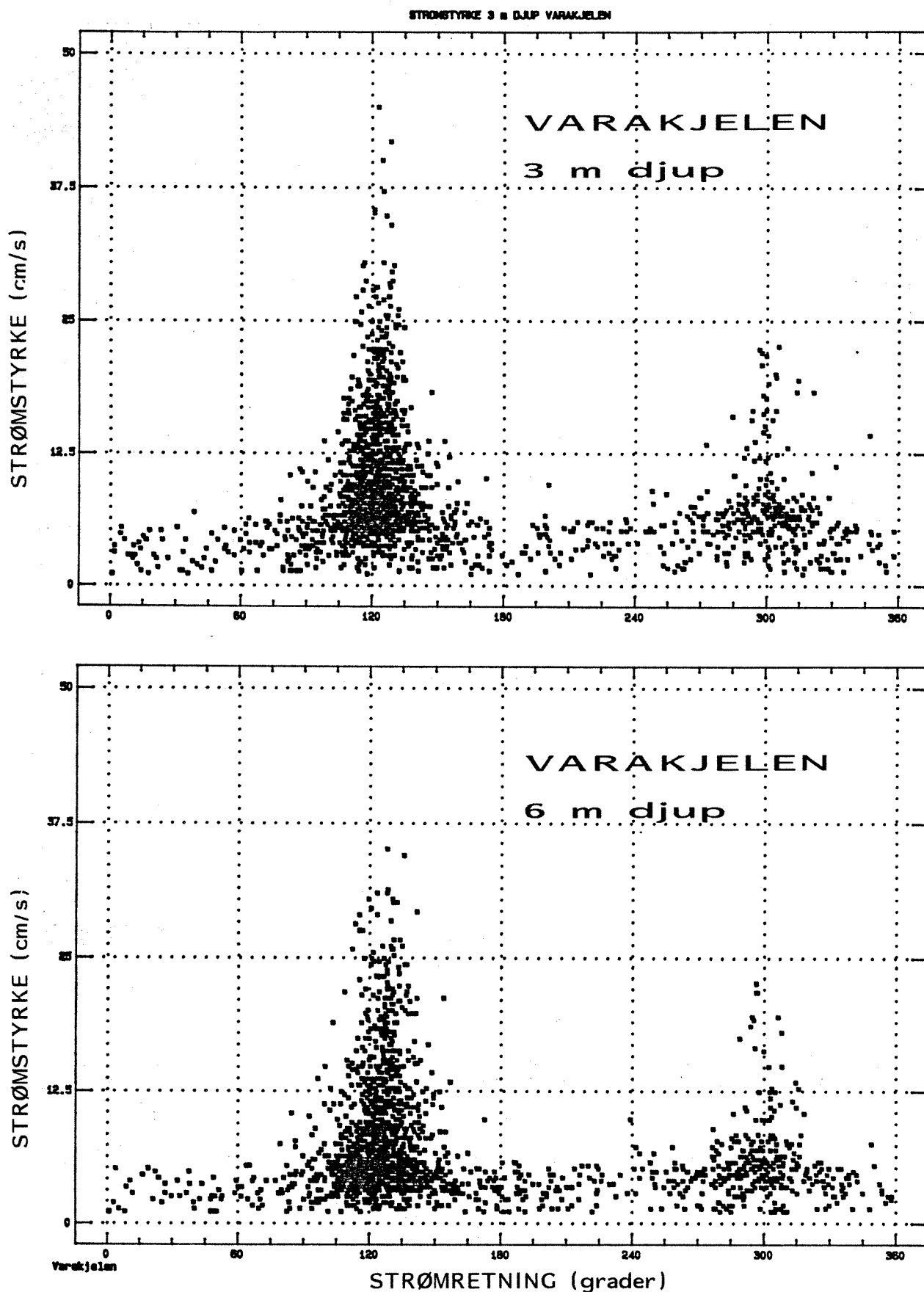


Fig. 4.4. Spredningsdiagram (Strømstyrke mot strømretning) for målingane i 3m og 6m djup ved Varakjelen i perioden 17/12 1991 til 23/1 1992.



## REFERANSAR

Golmen, L.G., Bakke, H., Erga, S.R. og Stuvøy, K. 1990a. Undersøkelse av egnethet for fiskeoppdrett ved Varaldsøy i Hardanger. Rapp. nr. 2360, NIVA, Oslo.

Golmen, L.G. 1990b. Strømmålinger ved Aakre på Varaldsøy i april 1990. Notat 24/04/90 NIVA-Vestlandsavdelinga, Bergen.

Golmen, L. G. 1991. Registreringar av strøm, hydrografi og sediment ved MOWIs oppdrettslokalitetar ved Aakre og Haukanes på Varaldsøy. Rapp. nr. 2586, NIVA, Oslo.

Magnusson, A. K., Moi, R., Lohrmann, A., Petterson, L. m. fl. 1983. Undervisningstokt 4-6 februar 1983 i Hardangerfjorden. Rapp. Geofysisk Inst., U. i Bergen.

Skei, J., Knutzen, J. og Næs, K. 1989. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1987-1988. NIVA-rapport nr. 2227.

Sælen, O. H. 1962. The Natural History of the Hardangerfjord. 3. The hydrographic observations 1955-1956. Sarsia 6, Febr. 1962.

## APPENDIKS I

### Figurar A1 til A10:

Fig. A1. Vertikalprofil av salinitet (SAL), temperatur (TEM) og densitet (S-T) i sjøen ved Varakjelen den 17/12 1991 (øverst) og 23/1 1992.	side	25
Fig. A2a. Tidsserie av målt sjøtemperatur i 3m, 6m og 35 m djup ved Varakjelen i perioden 17/12 1991 til 4/1 1992.	"	26
Fig. A2b. Tidsserie av målt sjøtemperatur i 3m, 6m og 35 m djup ved Varakjelen i perioden 5/1 til 23/1 1992.	"	27
Fig. A3a. Tidsserie av målt salinitet (promille) i 3m, 6m og 35 m djup ved Varakjelen i perioden 17/12 1991 til 4/1 1992.	"	28
Fig. A3b. Tidsserie av målt salinitet (promille) i 3m, 6m og 35 m djup ved Varakjelen i perioden 5/1 til 23/1 1992.	"	29
Fig. A4a. Tidsserie av beregna densitet for sjøvatn ( $\text{kg/m}^3 \cdot 1000$ ) i 3m, 6m og 35 m djup ved Varakjelen i perioden 17/12 1991 til 4/1 1992.	"	30
Fig. A4b. Tidsserie av beregna densitet for sjøvatn ( $\text{kg/m}^3 \cdot 1000$ ) i 3m, 6m og 35 m djup ved Varakjelen i perioden 5/1 til 23/1 1992.	"	31
Fig. A5a. Tidsserie av målt strømstyrke (cm/s) i 3m, 6m og 35 m djup ved Varakjelen i perioden 17/12 1991 til 4/1 1992. Kurve for 25 timars glidande middel er også synt.	"	32
Fig. A5b. Tidsserie av målt sjøtemperatur i 3m, 6m og 35 m djup ved Varakjelen i perioden 5/1 til 23/1 1992. Kurve for 25 timars glidande middel er også synt.	"	33
Fig. A6a. Tidsserie av målt strømretning (i grader, i strømretninga) i 3m, 6m og 35 m djup ved Varakjelen i perioden 17/12 1991 til 4/1 1992.	"	34
Fig. A6b. Tidsserie av målt strømretning (i grader, i strømretningen) i 3m, 6m og 35 m djup ved Varakjelen i perioden 5/1 til 23/1 1992.	"	35
Fig. A7. Observasjonane fordelt i retningsintervall for strømmålingane ved Varakjelen i perioden 17/12 1991 til 23/1 1992.	"	36
Fig. A8. Kumulativ fordeling av målt strømstyrke ved Varakjelen i perioden 17/12 1991 til 23/1 1992.	"	37
Fig. A9. Måledata frå 23/1 1992 for strømstyrke (SPD, cm/s) og strømretning (DIR, grader) plotta som funksjon av tid etter kvart som strømmålaren blei slakka nedover i sjøen frå overflata til ca 25 m djup nær måleriggen. Kurven PRS angir tilsvarande måledjup, i meter. Tidsintervall for målingane var 2 sekund.	"	38
Fig. A10. Måledata frå 23/1 1992 for strømstyrke (SPD, cm/s) og strømretning (DIR, grader) plotta som funksjon av tid etter kvart som strømmålaren blei slakka nedover i sjøen frå overflata til ca 8 m djup. Kurven PRS angir tilsvarande måledjup, i meter. Under nedslakkinga var båten fortøyd i riggen. Tidsintervall for målingane var 2 sekund.	"	39

## APPENDIKS II

Tabell A1 Svakstrømsanalyse for	3 m djup.	side	40
Tabell A2 ----- " -----	6 m "	"	41
Tabell A3 ----- " -----	35 m "	"	42
Tabell A4 Sterkstrømanalyse for	3 m djup	"	43
Tabell A5 ----- " -----	6 m "	"	44
Tabell A6 ----- " -----	35 m "	"	45

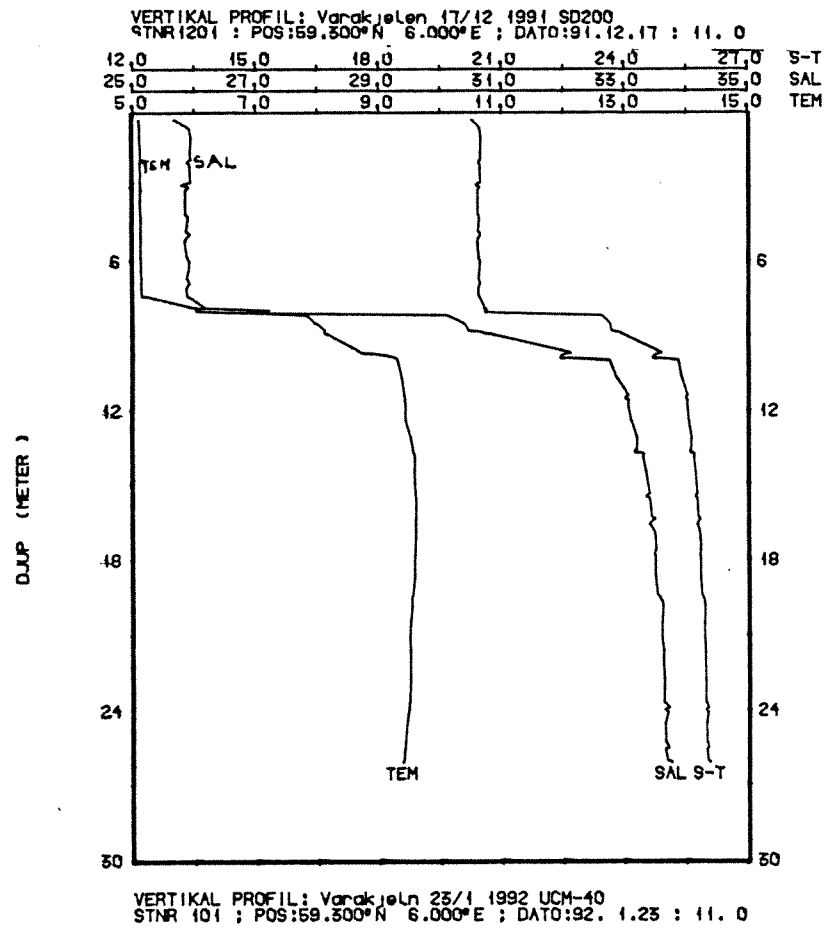
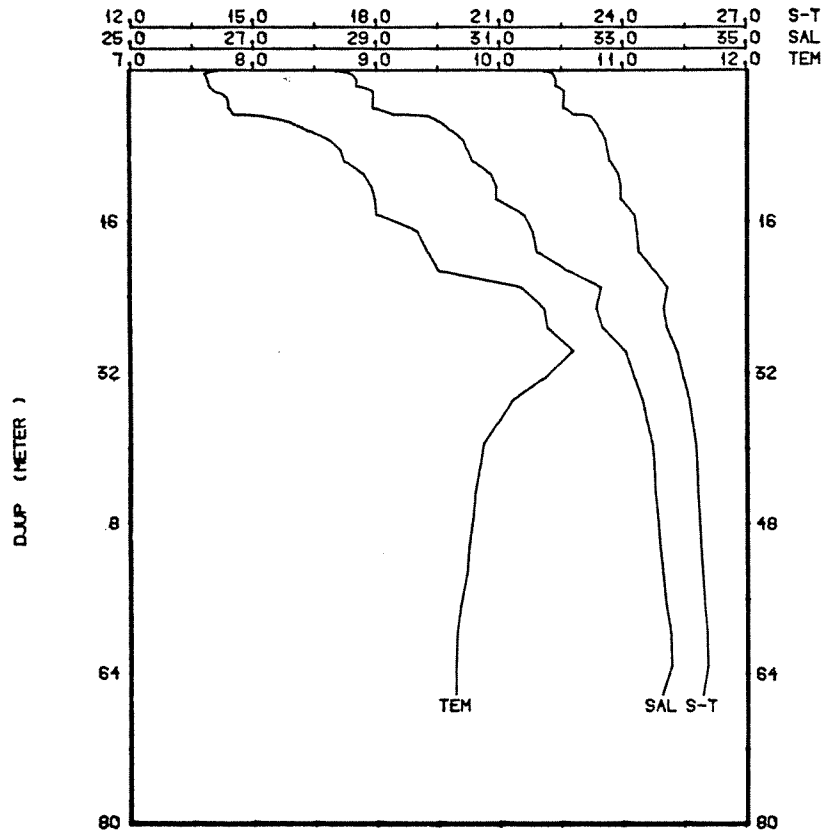


Fig. A1. Vertikalprofil av salinitet (SAL), temperatur (TEM) og densitet (S-T) i sjøen ved Varakjelen den 17/12 1991 (øverst) og 23/1 1992.

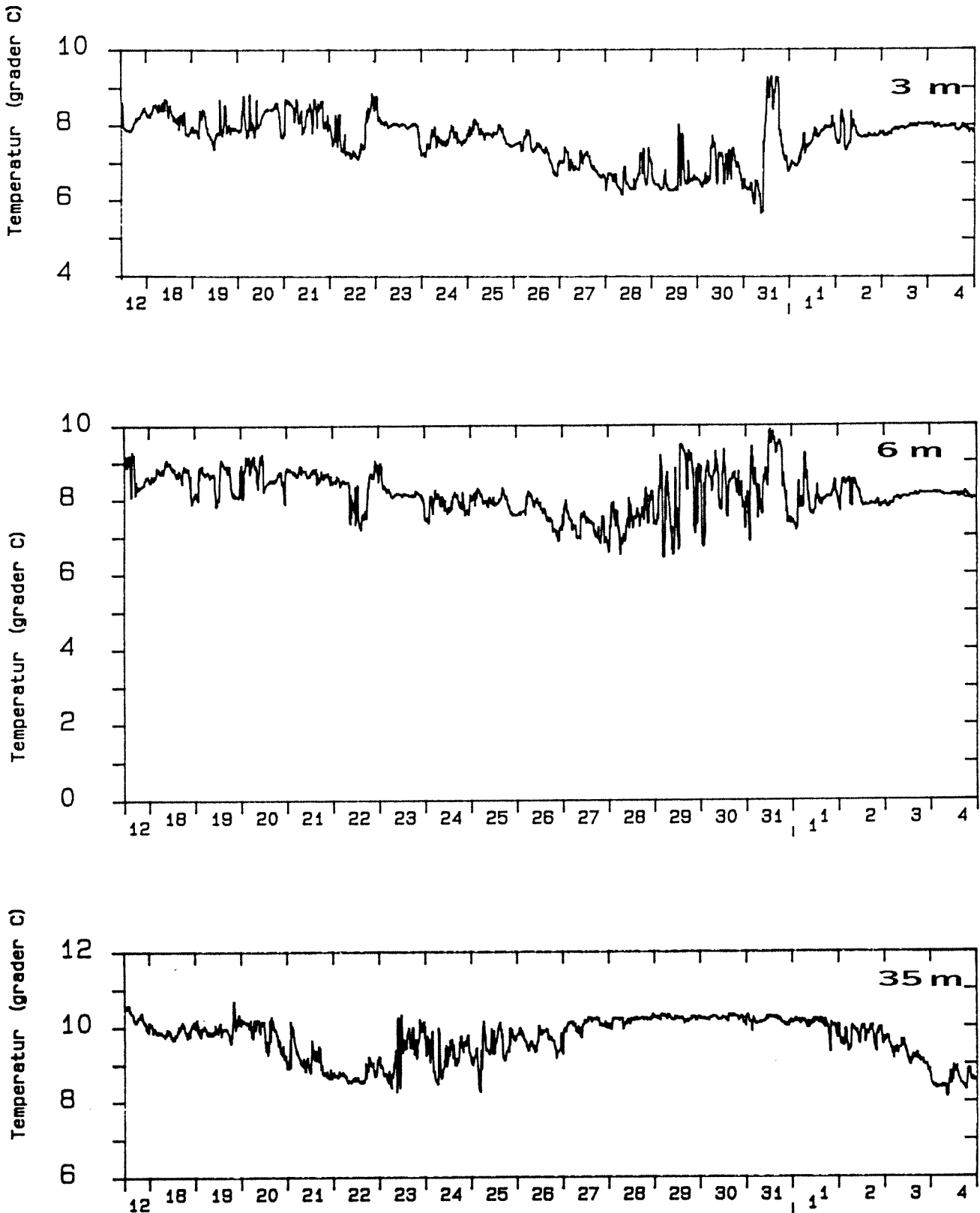


Fig. A2a. Tidsserie av målt sjøtemperatur i 3m, 6m og 35 m djup ved Varakjelen i perioden 17/12 1991 til 4/1 1992.

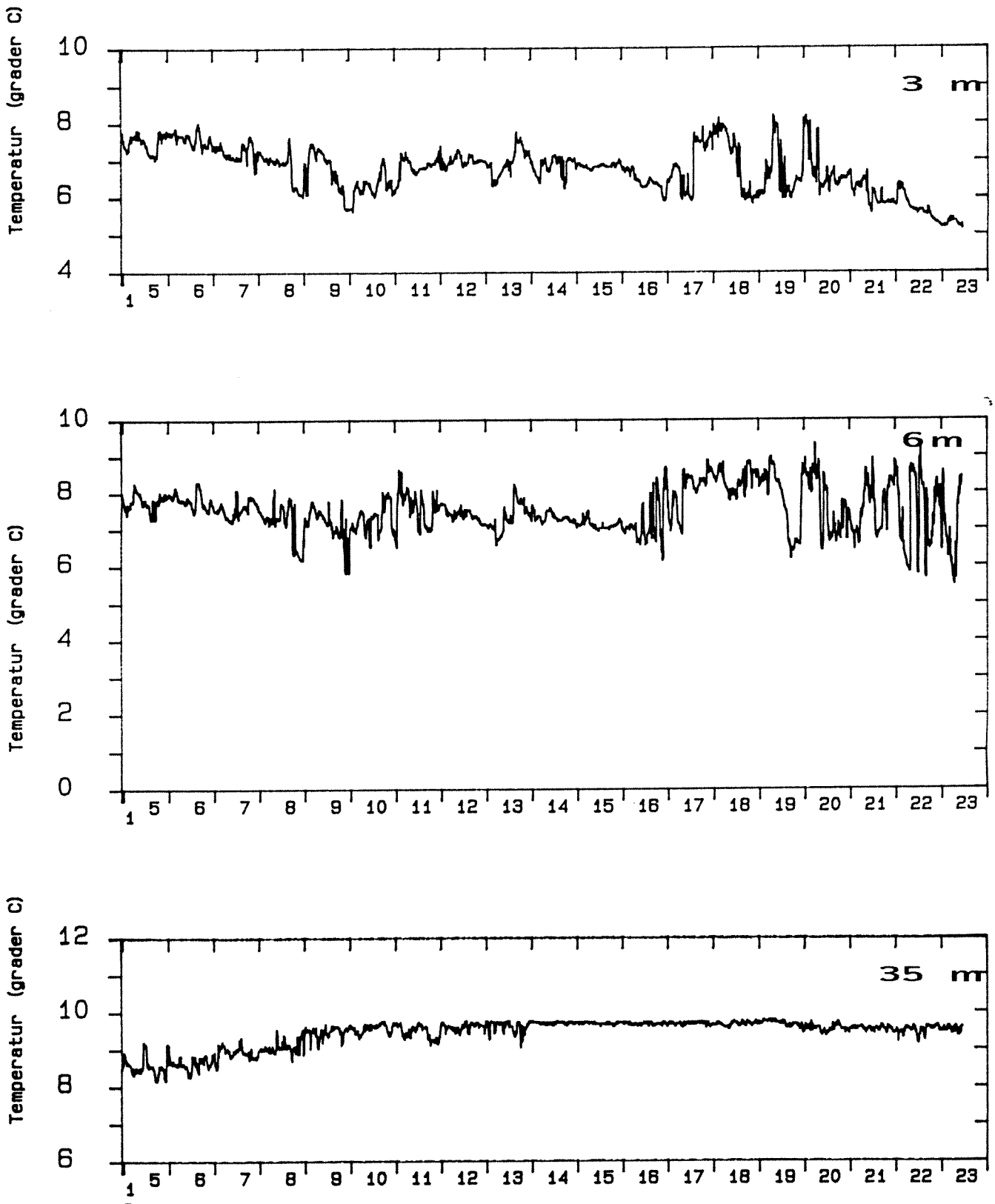


Fig. A2b. Tidsserie av målt sjøtemperatur i 3m, 6m og 35 m djup ved Varakjelen i perioden 5/1 til 23/1 1992.

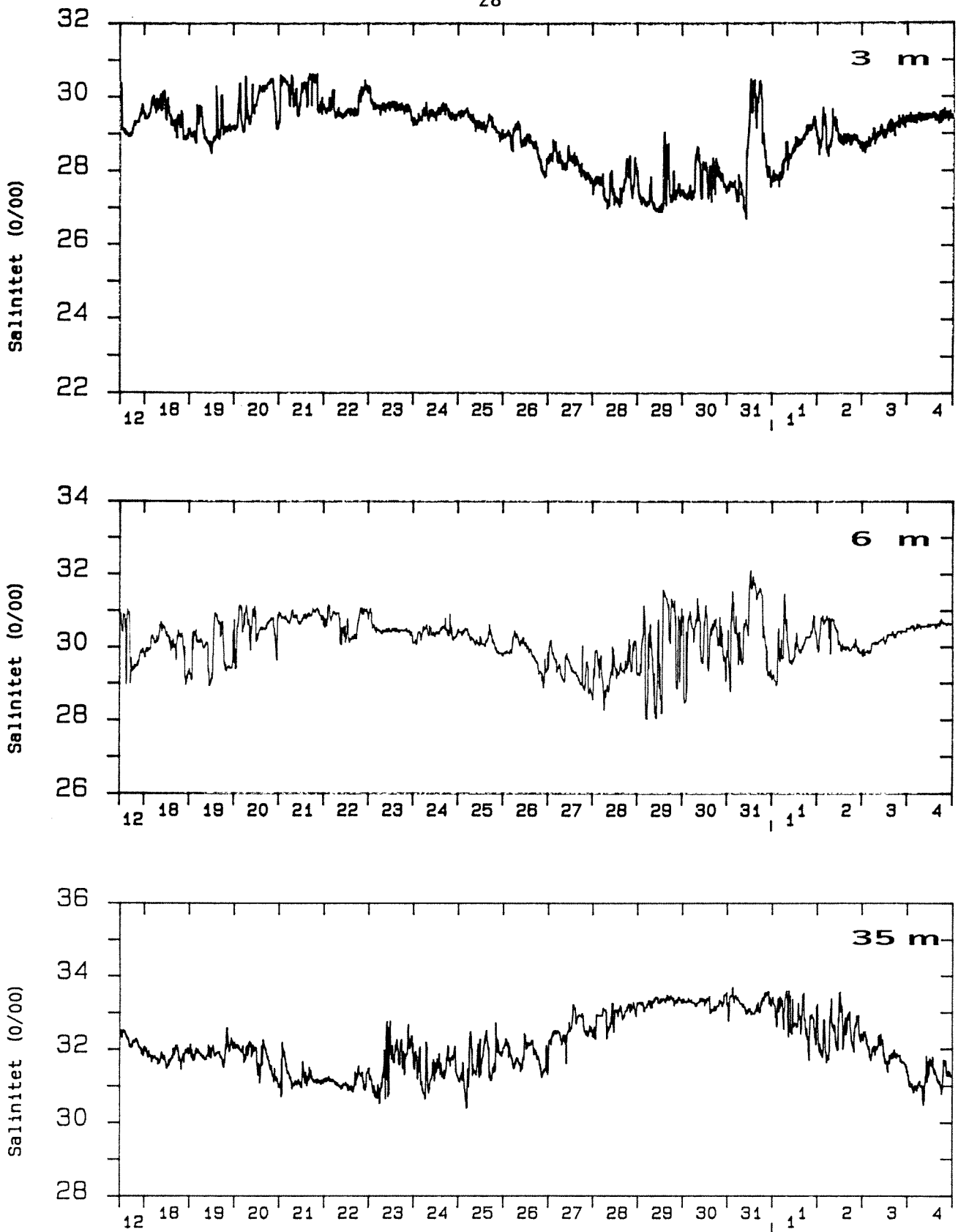


Fig. A3a. Tidsserie av målt salinitet (promille) i 3m, 6m og 35 m djup ved Varakjelen i perioden 17/12 1991 til 4/1 1992.

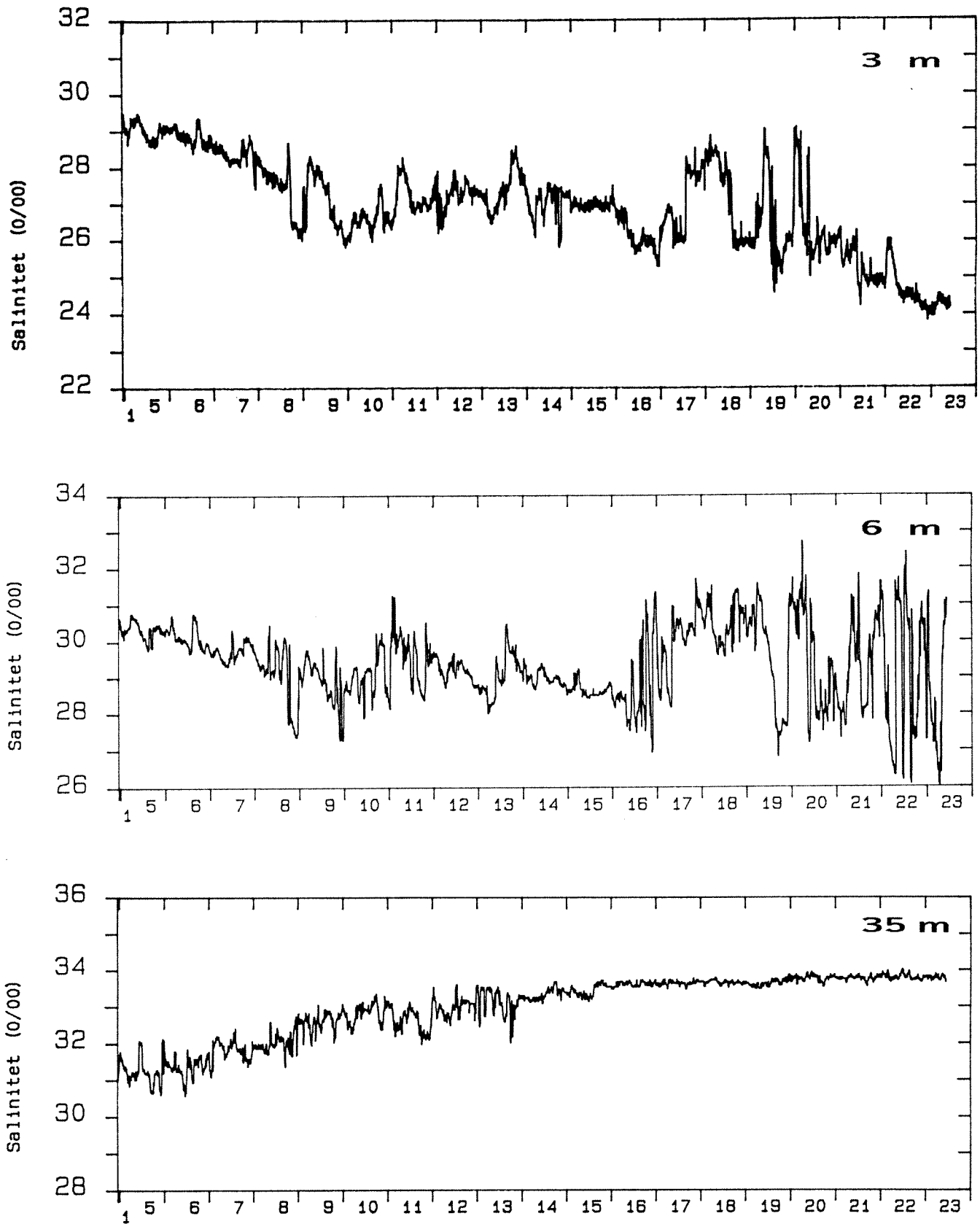


Fig. A3b. Tidsserie av målt salinitet (promille) i 3m, 6m og 35 m djup ved Varakjelen i perioden 5/1 til 23/1 1992.

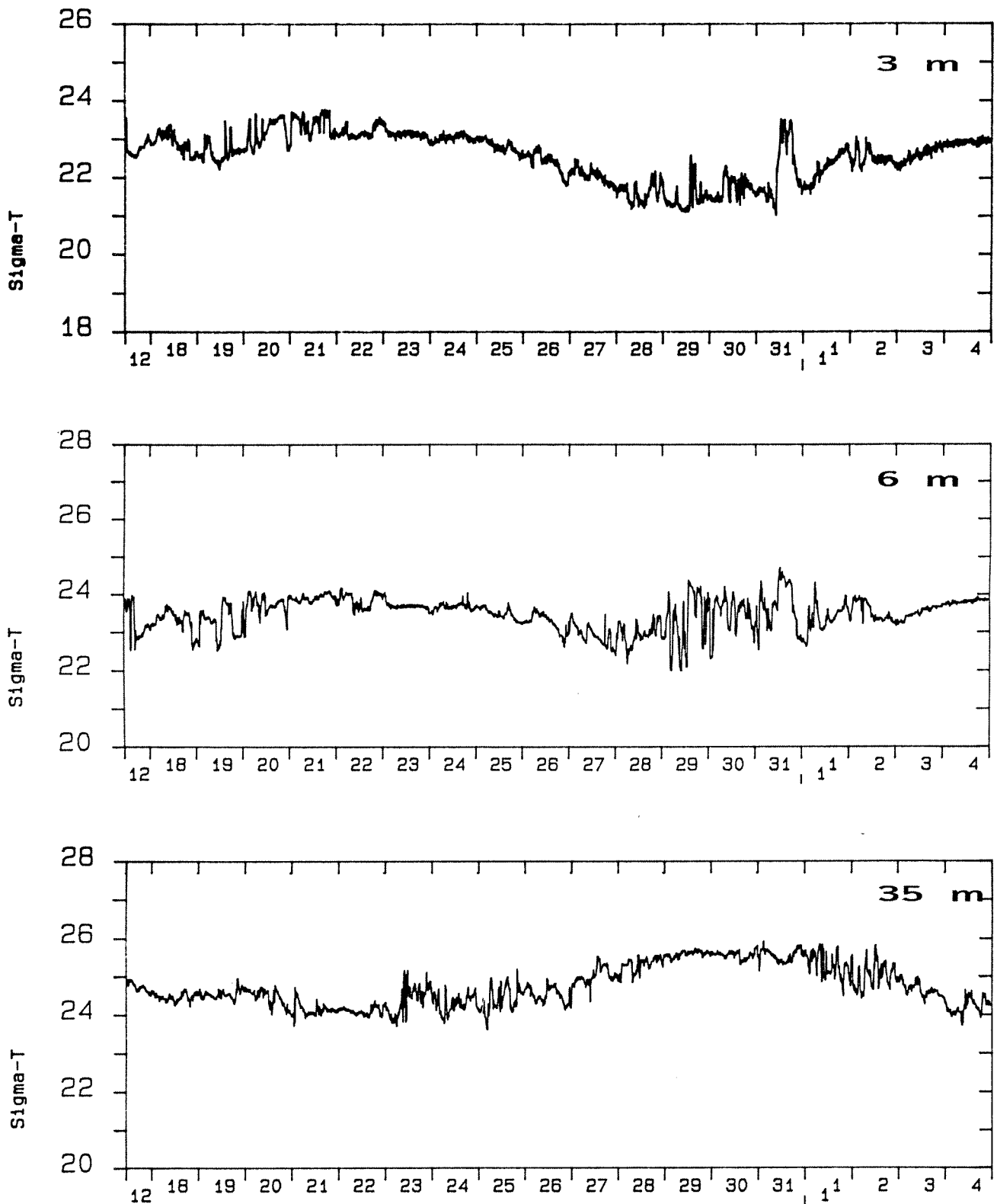


Fig. A4a. Tidsserie av beregna densitet for sjøvann ( $\text{kg/m}^3 - 1000$ ) i 3m, 6m og 35 m djup ved Varakjelen i perioden 17/12 1991 til 4/1 1992.



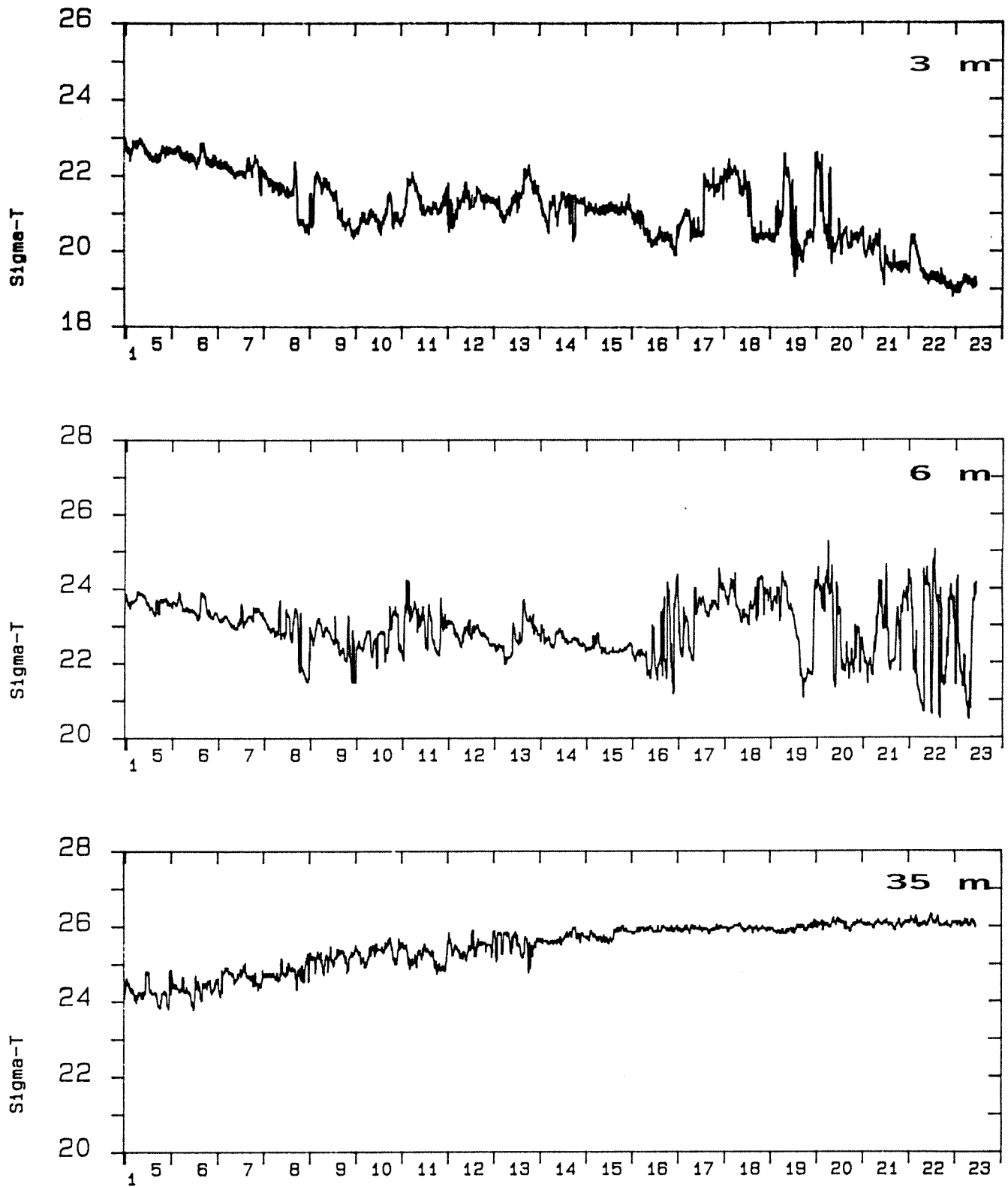


Fig. A4b. Tidsserie av beregna densitet for sjøvann ( $\text{kg/m}^3 - 1000$ ) i 3m, 6m og 35 m djup ved Varakjelen i perioden 5/1 til 23/1 1992.

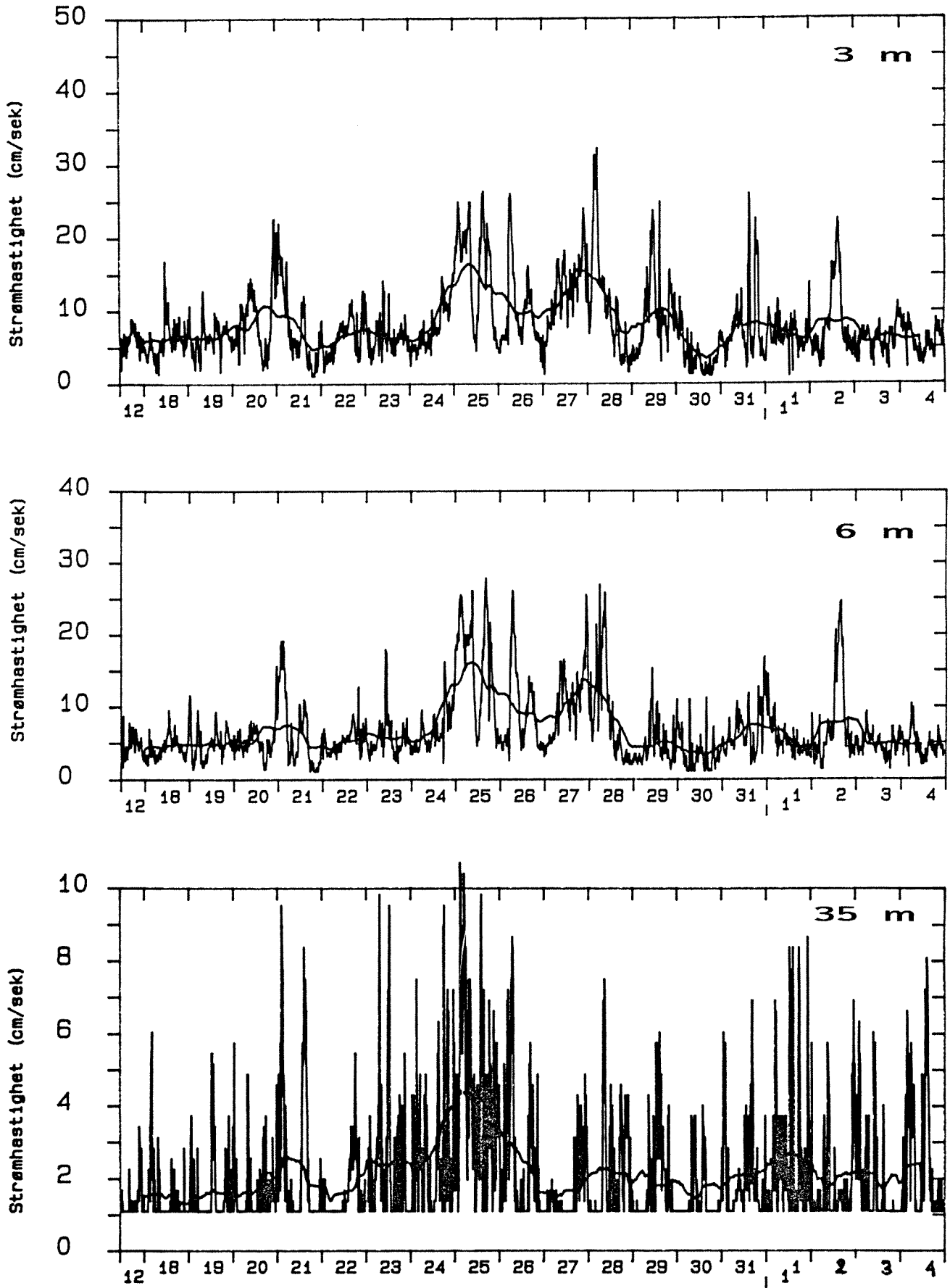


Fig. A5a. Tidsserie av målt strømstyrke (cm/s) i 3m, 6m og 35 m djup ved Varakjelen i perioden 17/12 1991 til 4/1 1992. Kurve for 25 timars glidande middel er også synt.

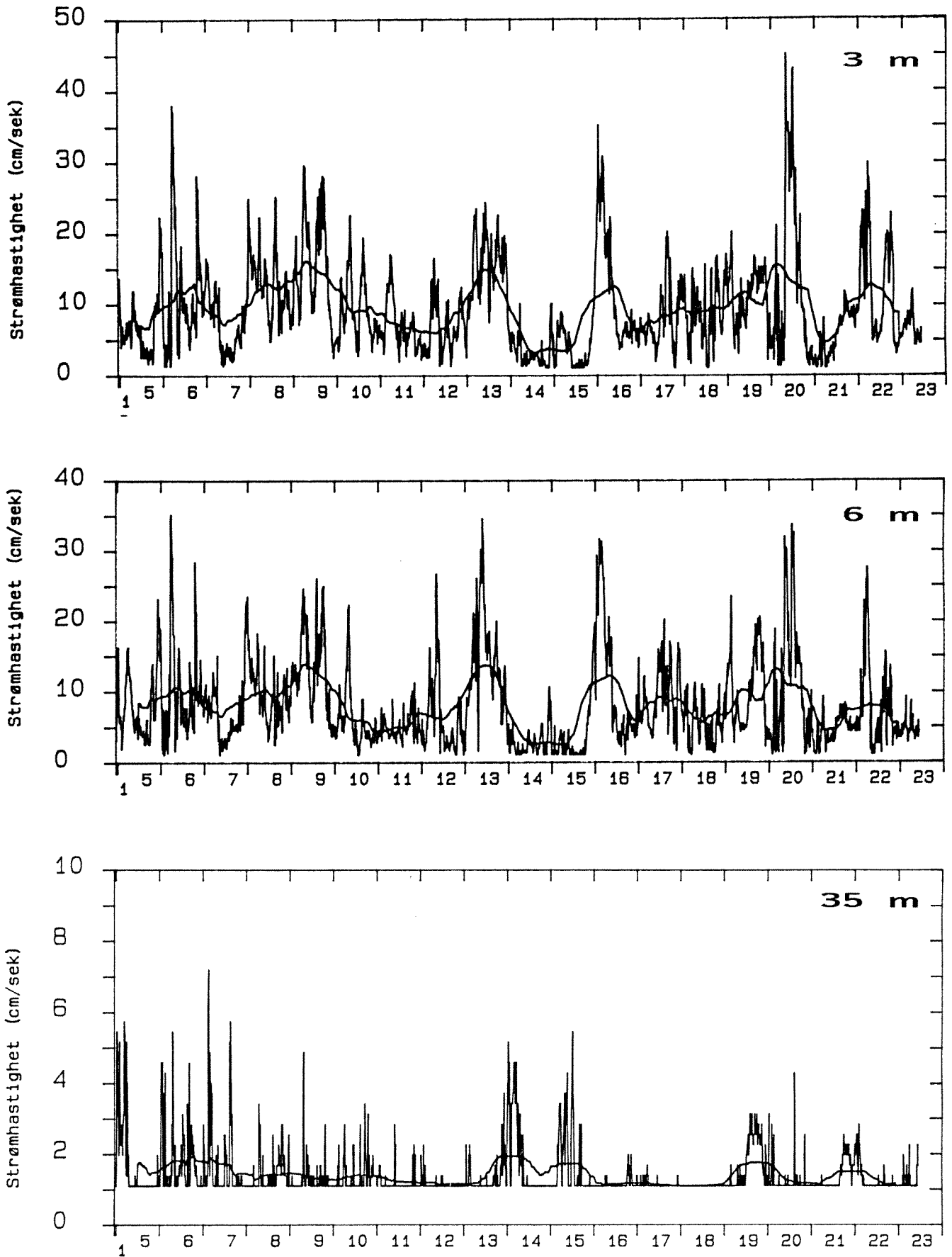


Fig. A5b. Tidsserie av målt sjøtemperatur i 3m, 6m og 35 m djup ved Varakjelen i perioden 5/1 til 23/1 1992. Kurve for 25 timers glidande middel er også synt.

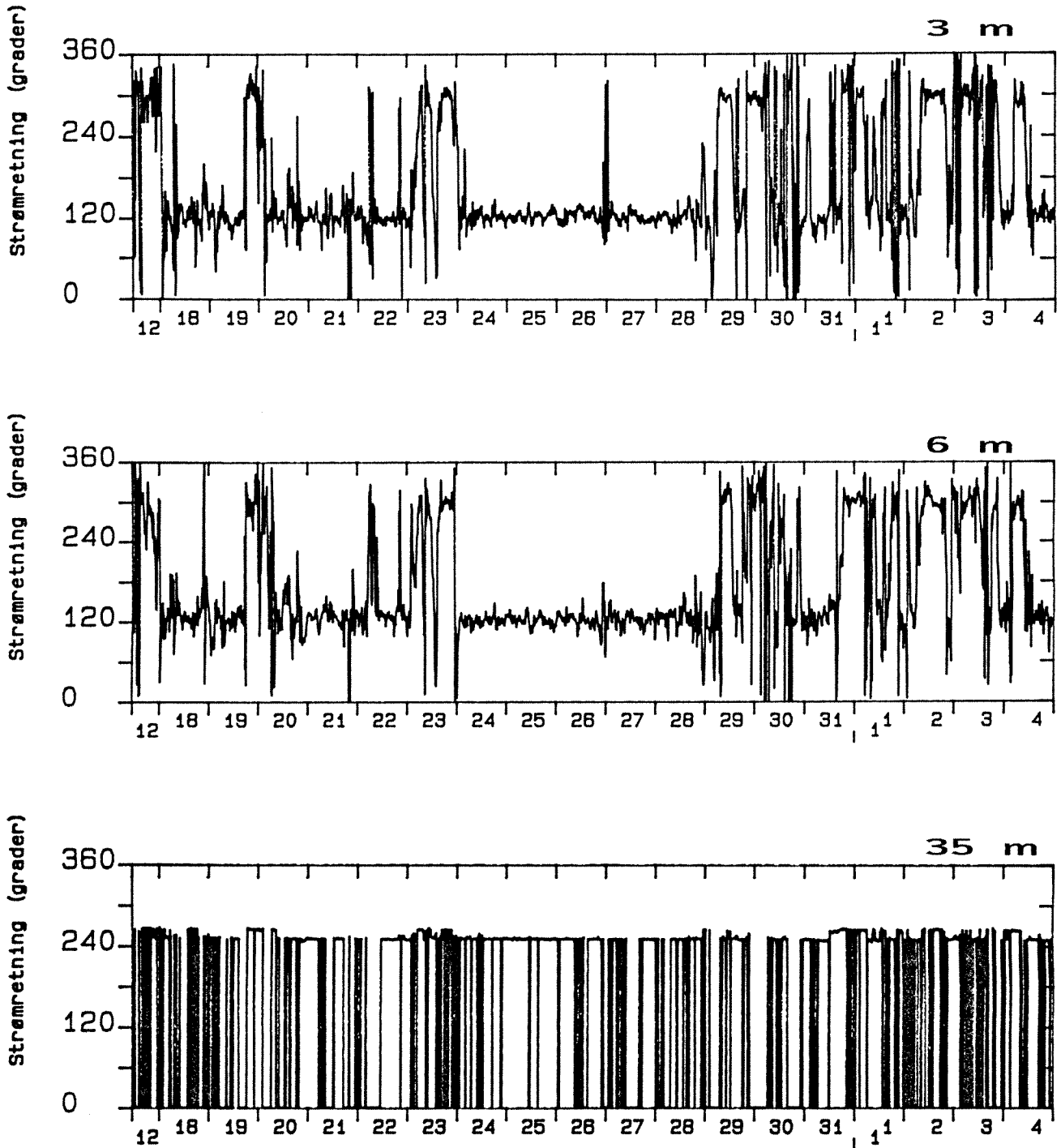


Fig. A6a. Tidsserie av målt strømretning (i grader, i strømretninga) i 3m, 6m og 35 m djup ved Varakjelen i perioden 17/12 1991 til 4/1 1992.

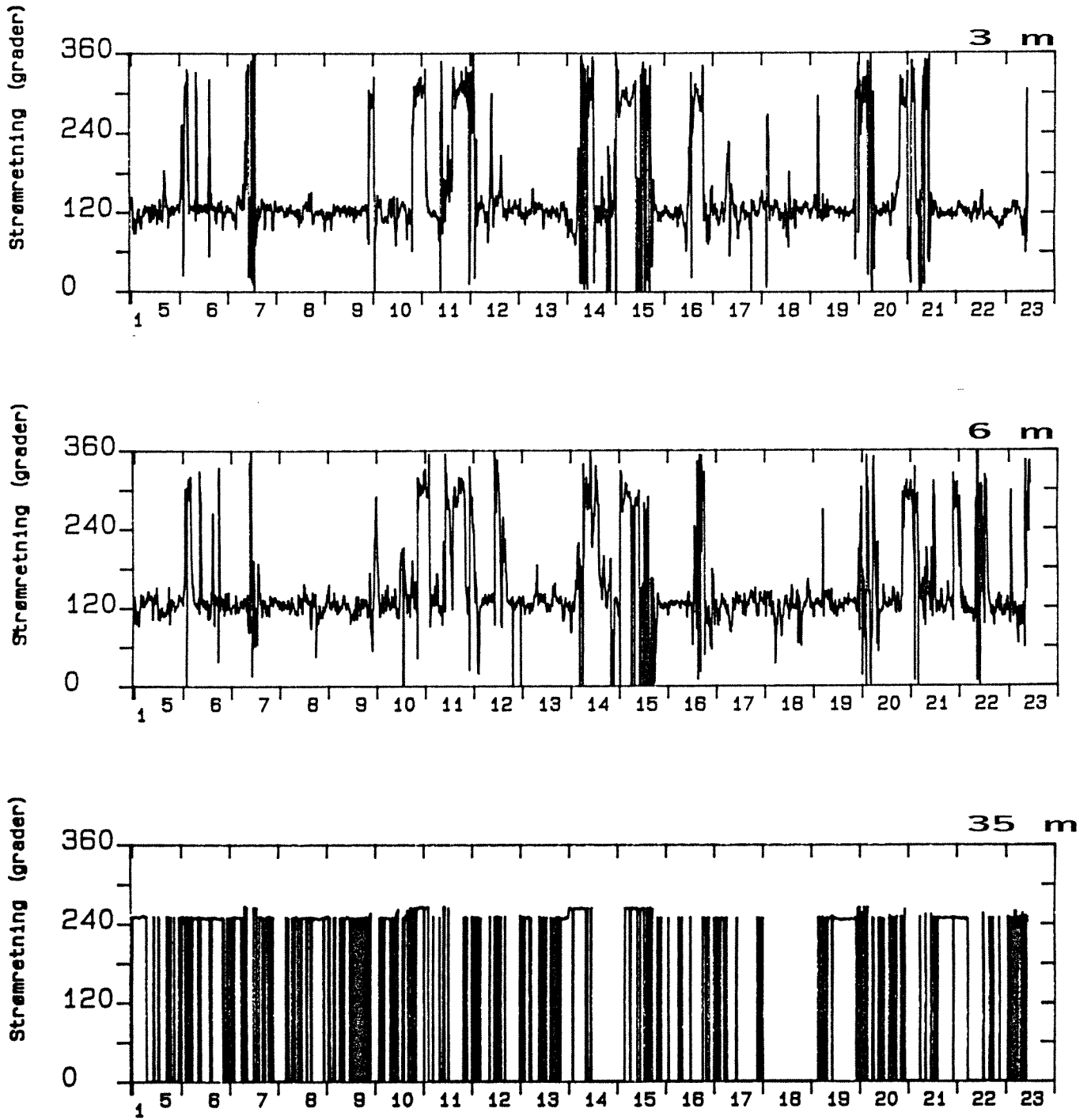


Fig. A6b. Tidsserie av målt strømretning (i grader, i strømretningen) i 3m, 6m og 35 m djup ved Varakjelen i perioden 5/1 til 23/1 1992.

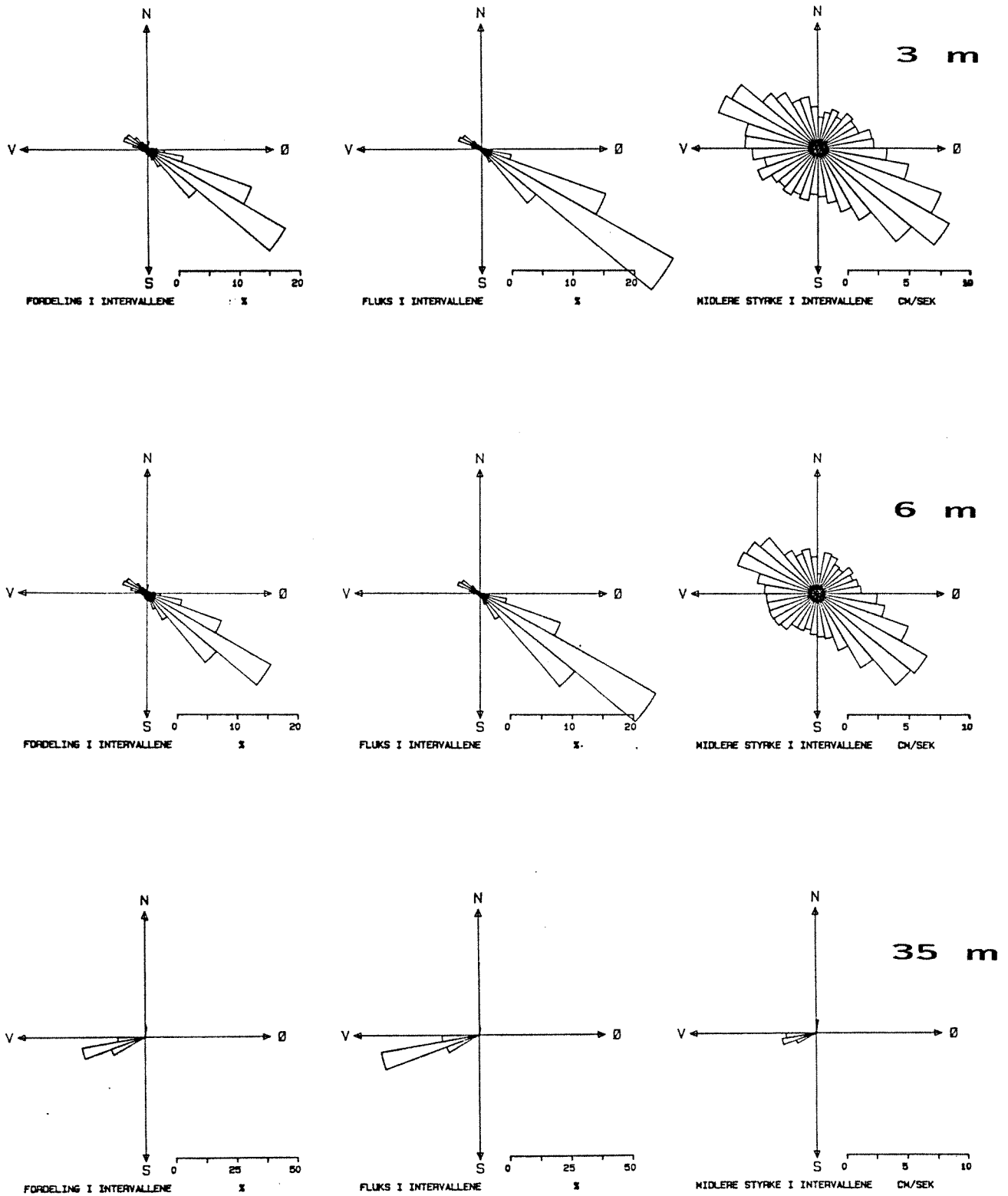


Fig. A7. Observasjonane fordelt i retningsintervall for strømmålingane ved Varakjelen i perioden 17/12 1991 til 23/1 1992.

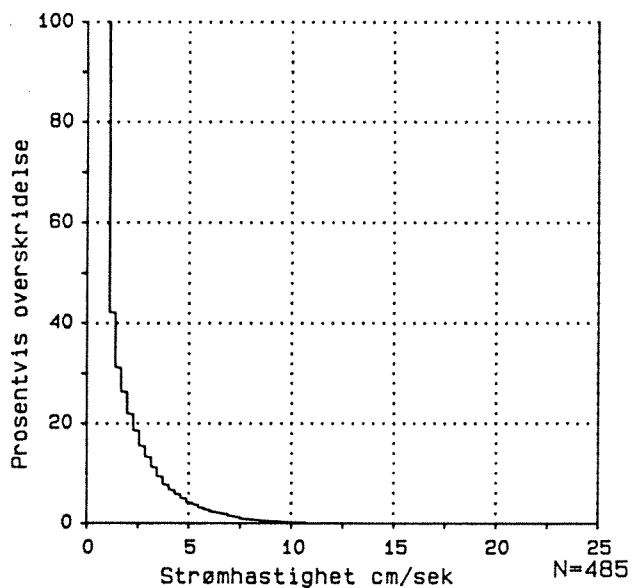
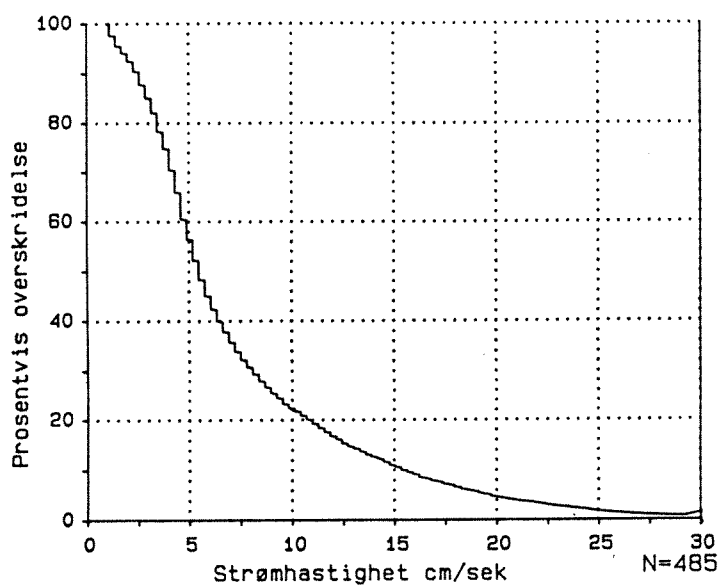
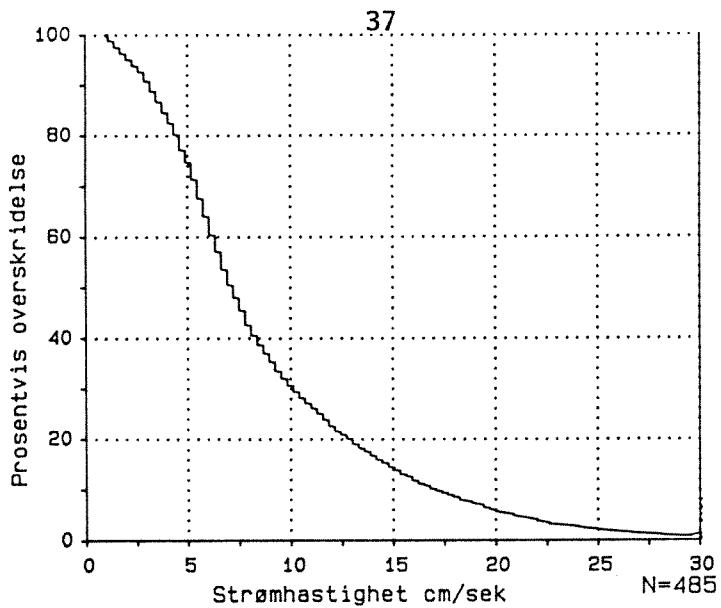


Fig. A8. Kumulativ fordeling av målt strømstyrke ved Varakjelen i perioden 17/12 1991 til 23/1 1992.

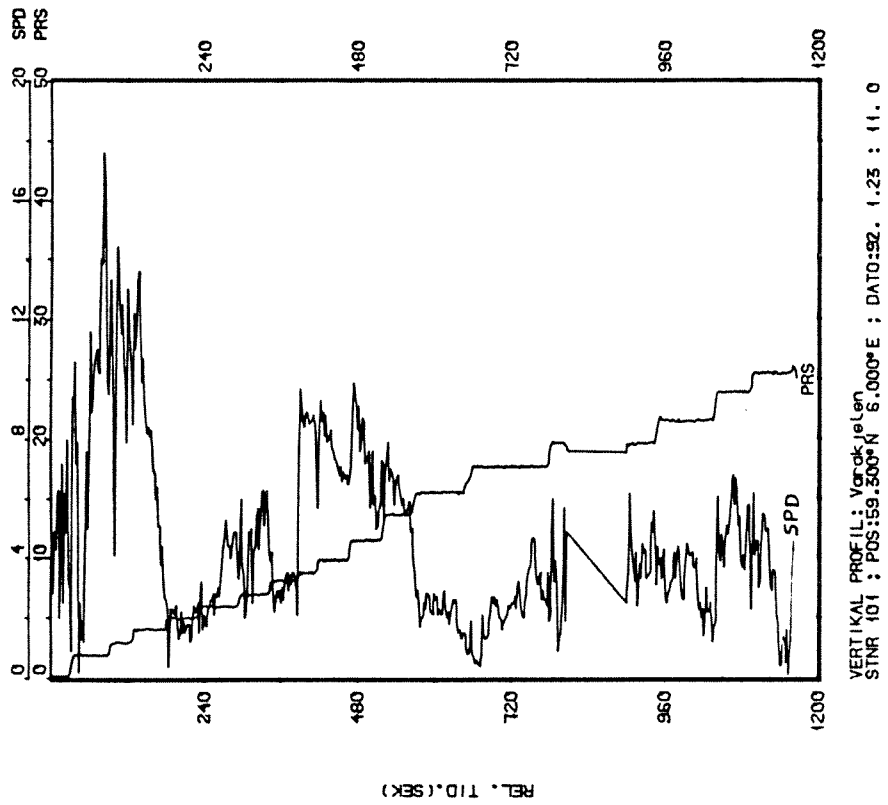
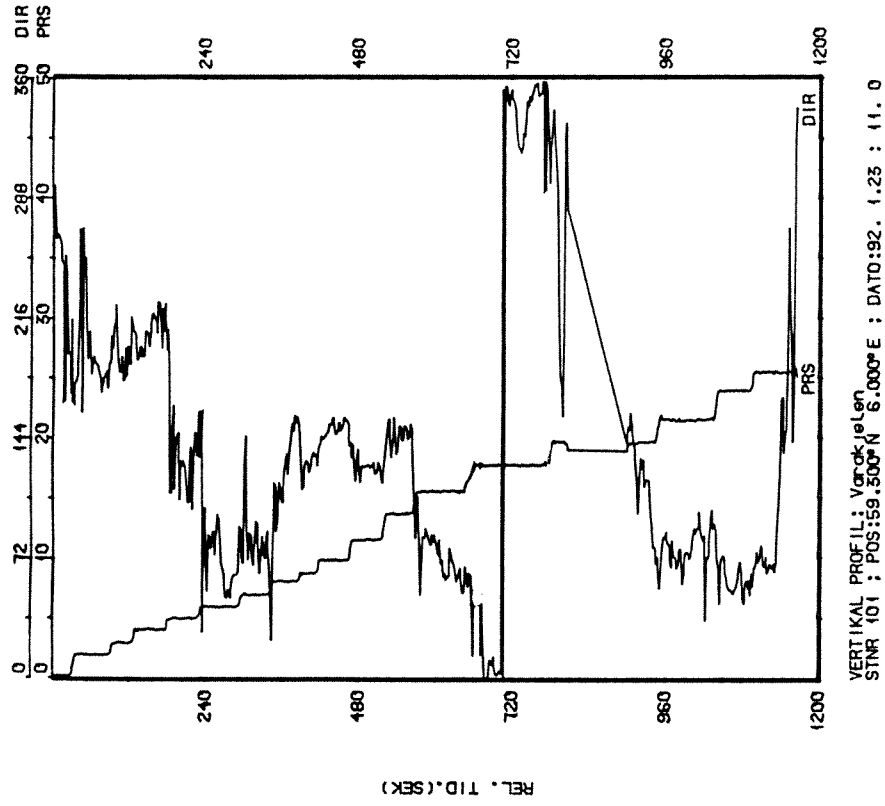


Fig. A9. Måledata fra 23/1 1992 for strømstyrke (SPD, cm/s) og strømretning (DIR, grader) plotta som funksjon av tid etter kvart som strømmålaren blei slakka nedover i sjøen frå overflata til ca 25 m djup nær måleriggen. Kurven PRS angir tilsvarande måledjup, i meter. Tidsintervall for målingane var 2 sekund.



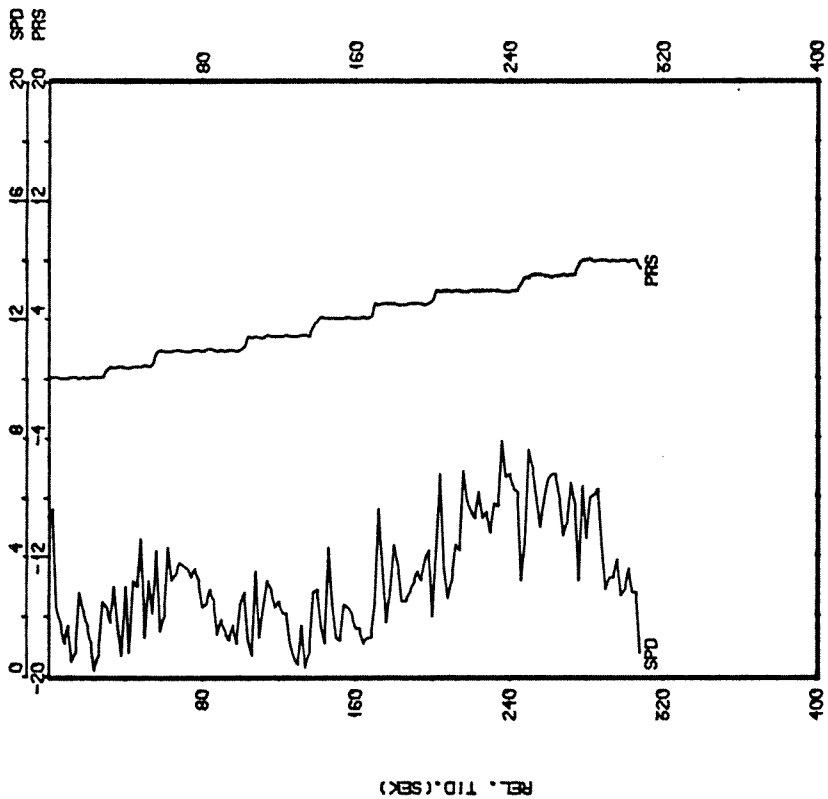
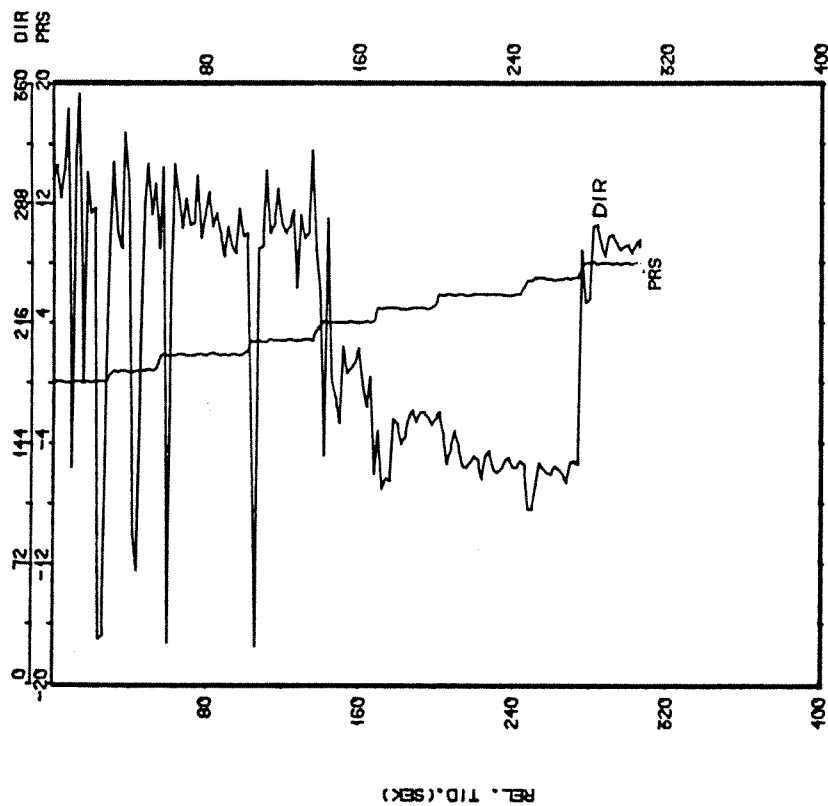


Fig. A10. Måledata fra 23/1 1992 for strømstyrke (SPD, cm/s) og strømretning (DIR, grader) plotta som funksjon av tid etter kvart som strømmåleren blei slakka nedover i sjøen frå overflata til ca 8 m djup. Kurven PRS angir tilsvarande måledjup, i meter. Under nedslakkinga var båten fortløyd i riggen. Tidsintervall for målingane var 2 sekund.

## APPENDIKS II

Tabell A1 til A6.

**Tabell A1.**

Resultat av svakstrøms-analyse for måleserien frå **3 m djup** ved Varakjelen. Matrisa syner antall vedvarande perioder då strømmen uavbrutt var svakare enn angitte øvre grenser "HAST<sub>i</sub>", i cm/s. Matrisa syner at der i serien var flest perioder med kort varigheit (10-40 minutt) og med strøm lavare enn 4 cm/s, 5 cm/s og 6 cm/s. Eksempelvis var der 15 perioder i serien med 60 minutt varigheit og med strøm vedvarande svakare enn HAST<sub>i</sub>= 6 cm/s. Innafor spesifiserte perioder vi det også kunne vere (kortare) perioder med strøm svakare enn HAST<sub>i-1</sub>, HAST<sub>i-2</sub> etc, men desse blir i så fall talt opp i naboelement i matrisa. Siste linje (T=360 min) inneheld også perioder lengre enn 360 minutt.

Aanderaa 9289 Varakjelen des91-jan92, lavere enn...

AANDSTAT NIVA

HAST \* 1.1\*\* 1.5\*\* 2.0\*\* 3.0\*\* 4.0\*\* 5.0\*\* 6.0\*\* 8.0\*\*10.0\*\*12.0\*\*14.0\*\*16.0\* (cm/s)

Periode (min)	1.1**	1.5**	2.0**	3.0**	4.0**	5.0**	6.0**	8.0**	10.0**	12.0**	14.0**	16.0*
10>	11	30	39	68	84	96	70	51	25	19	27	18
20>	8	8	13	24	29	41	36	9	23	10	9	4
30>	3	6	10	8	15	16	30	18	10	10	5	4
40>	0	4	5	10	6	23	17	9	6	6	2	5
50>	3	0	3	3	10	12	11	5	4	5	5	6
60>	2	1	1	4	6	4	15	7	6	3	3	3
70>	0	0	4	3	5	2	6	9	3	3	1	0
80>	0	0	2	3	4	5	9	6	2	0	3	1
90>	0	0	1	1	7	4	8	2	3	1	4	0
100>	0	0	2	4	3	3	5	6	3	3	0	1
110>	0	1	1	2	3	5	7	3	2	3	1	1
120>	0	0	0	0	1	5	3	4	2	2	3	2
130>	0	0	0	0	0	3	3	5	3	2	2	3
140>	0	1	0	1	1	2	6	5	2	1	1	2
150>	0	1	0	0	0	0	3	3	0	4	3	2
160>	0	0	0	1	2	2	2	3	1	0	0	1
170>	0	0	0	0	1	2	2	4	0	3	0	0
180>	0	0	1	0	0	1	3	1	5	0	1	0
190>	0	0	0	0	1	0	1	1	2	2	0	2
200>	0	0	0	0	0	1	4	0	2	0	1	0
210>	0	0	0	1	0	1	1	0	1	3	2	0
220>	0	0	0	0	0	1	1	3	0	2	0	1
230>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
240>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
250>	0	0	1	1	0	0	0	3	2	0	1	0
260>	0	0	0	0	2	1	0	1	3	0	1	0
270>	0	0	0	0	1	0	1	0	1	2	0	1
280>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	3
290>	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0
300>	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	1	1
310>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	2
320>	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	3	0
330>	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
340>	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
350>	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0
360>	0	0	0	1	4	8	13	29	31	29	25	26
Sum:	27	52	83	136	186	239	261	196	148	120	108	89

**Tabell A2.**

Resultat av svakstrøms-analyse for måleserien frå **6 m djup** ved Varakjelen. Matrisa syner antall vedvarande perioder då strømmen uavbrutt var svakare enn angitte øvre grenser "HAST<sub>i</sub>", i cm/s. Matrisa syner at der i serien var flest perioder med kort varigheit (10-50 minutt) og med strøm lavare enn 3 cm/s, 4 cm/s og 5 cm/s. Eksempelvis var der 11 perioder i serien med 60 minutt varigheit og med strøm vedvarande svakare enn HAST<sub>i</sub>= 6 cm/s. Innafor spesifiserte perioder vi det også kunne vere (kortare) perioder med strøm svakare enn HAST<sub>i-1</sub>, HAST<sub>i-2</sub> etc, desse blir i så fall talt opp i naboelement i matrisa. Siste linje (T=360 min) inneheld også perioder lengre enn 360 minutt.

Aanderaa 9000, Varakjelen des91-jan92, lavere enn...

AANDSTAT NIVA

HAST \* 1.1\*\* 1.5\*\* 2.0\*\* 3.0\*\* 4.0\*\* 5.0\*\* 6.0\*\* 8.0\*\*10.0\*\*12.0\*\*14.0\*\*16.0 (cm/s)

Periode (min)	1.1	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0
10>	22	31	44	75	104	66	37	35	23	16	9	10
20>	10	10	17	33	43	47	28	16	22	7	8	9
30>	9	7	11	22	32	40	17	16	5	9	6	6
40>	3	7	11	15	19	16	14	11	6	1	3	3
50>	1	6	6	9	21	21	14	11	8	3	5	3
60>	2	3	2	2	13	11	11	6	9	5	2	5
70>	3	4	4	3	8	10	11	2	0	1	0	2
80>	0	1	3	5	7	4	4	1	3	2	2	1
90>	1	2	3	7	6	7	6	3	1	2	0	0
100>	0	0	2	3	6	5	3	2	3	0	0	0
110>	0	1	1	6	6	9	6	4	7	3	1	0
120>	0	0	1	3	4	6	3	1	1	4	2	0
130>	0	0	0	4	3	4	6	3	0	3	0	0
140>	0	0	1	1	3	5	2	2	2	1	0	1
150>	0	0	1	1	5	3	3	1	1	3	1	0
160>	0	0	1	0	0	8	1	1	1	2	2	0
170>	0	0	0	0	2	4	3	0	3	2	4	2
180>	0	0	0	0	3	4	6	3	2	0	1	0
190>	0	0	0	0	0	5	1	1	0	1	1	1
200>	0	0	0	0	2	1	4	2	1	1	1	1
210>	0	0	0	0	1	1	1	2	2	0	0	0
220>	0	0	0	0	1	1	4	3	1	0	0	0
230>	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1
240>	0	1	0	0	0	1	3	2	1	1	0	0
250>	0	0	0	0	1	0	2	0	0	1	2	1
260>	0	0	0	0	0	4	2	1	1	1	0	1
270>	0	0	0	0	0	1	3	2	1	1	1	1
280>	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0
290>	0	0	0	0	0	0	4	0	0	1	0	1
300>	0	0	0	0	2	0	0	2	3	0	3	2
310>	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	0	1
320>	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
330>	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	1
340>	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0
350>	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1
360>	0	0	1	3	5	9	24	37	30	24	26	22
Sum:	51	73	109	192	298	298	229	175	141	98	82	76

**Tabell A3.**

Resultat av svakstrøms-analyse for måleserien frå **35 m djup** ved Varakjelen. Matrisa syner antall vedvarande perioder då strømmen uavbrutt var svakare enn angitte øvre grenser "HAST<sub>i</sub>", i cm/s. Matrisa syner at der i serien var flest perioder med kort varigheit (10-50 minutt) og med strøm svakare enn 1.1 cm/s, 1.5 cm/s og 2 cm/s. Eksempelvis var der kun 2 perioder i serien med 60 minutts varigheit og med strøm vedvarande svakare enn HAST<sub>i</sub> = 6 cm/s. Innafor spesifiserte perioder vi det også kunne vere (kortare) perioder med strøm svakare enn HAST<sub>i-1</sub>, HAST<sub>i-2</sub> etc, men desse blir i så fall talt opp i naboelement i matrisa. Siste linje (T=360 min) inneheld også perioder lengre enn 360 minutt.

Aanderaa 9030 Varakjelen des91-jan92 lavere enn...

AANDSTAT NIVA

HAST \* 1.1\*\* 1.5\*\* 2.0\*\* 3.0\*\* 4.0\*\* 5.0\*\* 6.0\*\* 8.0\*\*10.0\*\*12.0\*\*14.0\*\*16.0\* (cm/s)

Periode (min)	1.1	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0
10>	102	78	62	27	12	12	8	2	0	0	0	0
20>	73	48	36	29	13	5	3	2	0	0	0	0
30>	21	26	28	16	7	1	1	0	0	0	0	0
40>	32	18	16	17	8	2	0	0	0	0	0	0
50>	14	18	10	9	8	1	1	1	0	0	0	0
60>	15	8	9	6	4	2	2	0	0	0	0	0
70>	16	14	8	7	1	1	1	0	0	0	0	0
80>	8	13	7	4	7	5	0	0	0	0	0	0
90>	5	9	5	4	2	2	0	0	0	0	0	0
100>	5	8	6	3	2	1	1	1	1	0	0	0
110>	2	7	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0
120>	5	3	3	6	1	0	0	0	0	0	0	0
130>	3	2	4	4	4	2	0	0	0	0	0	0
140>	9	3	2	3	4	3	2	0	0	0	0	0
150>	0	3	1	1	0	1	2	0	0	0	0	0
160>	4	3	2	1	3	0	2	0	0	0	0	0
170>	2	3	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0
180>	2	1	5	1	1	0	0	0	0	0	0	0
190>	3	5	2	1	0	0	1	1	0	0	0	0
200>	7	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
210>	2	3	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0
220>	0	1	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0
230>	1	2	1	3	4	0	0	0	0	0	0	0
240>	2	1	0	1	1	2	1	0	0	0	0	0
250>	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
260>	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
270>	2	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
280>	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
290>	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
300>	2	0	2	1	2	0	0	1	0	0	0	0
310>	1	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0
320>	2	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
330>	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
340>	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
350>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
360>	17	25	28	32	31	29	15	9	2	1	1	1
Sum:	365	314	264	187	116	72	42	18	3	1	1	1

**Tabell A4.**

Resultat av sterkstrøms-analyse for måleserien frå 3 m djup ved Varakjelen. Matrisa syner antall vedvarande perioder då strømmen uavbrutt var sterkare enn angitte nedre grenser "HAST<sub>i</sub>", i cm/s. Matrisa syner at der i serien var mange perioder med begrensa varigheit (10-40 minutt) og med strøm sterkare enn 5 cm/s, 10 cm/s og 15 cm/s. Og tilsvarende få lange perioder med vedvarande sterk strøm. Eksempelvis var der 1 periode i serien med 180 minutt varigheit og med strøm vedvarande sterkare enn HAST<sub>i</sub> = 20 cm/s. Innafor denne perioden vi det også kunne vere (kortare) perioder med strøm sterkare enn HAST<sub>i+1</sub>, HAST<sub>i+2</sub> etc, men desse blir i så fall talt opp i naboelement i matrisa. Siste linje (T=360 min) inneheld også perioder lengre enn 360 minutt.

Program AANDSTAT, NIVA v/3-92

Varakjelen des91-jan92 3 m djup

AANDSTAT NIVA

HAST:>		5.0*>	10.0*>	15.0*>	20.0*>	25.0*>	30.0*>	35.0*>	40.0*>	45.0*>	50.0*>	55.0*>	60.0*	(cm/s)
10>	55	36	27	22	9	2	3	0	0	0	0	0	0	
20>	30	19	9	6	3	2	0	1	0	0	0	0	0	
30>	26	9	10	7	1	1	1	0	0	0	0	0	0	
40>	13	12	5	3	0	0	1	1	0	0	0	0	0	
50>	10	11	5	5	4	1	0	0	0	0	0	0	0	
60>	6	5	2	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	
70>	4	6	1	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	
80>	3	4	5	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
90>	7	4	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
100>	4	1	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
110>	4	1	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
120>	2	2	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
130>	5	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
140>	5	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
150>	1	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
160>	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
170>	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
180>	2	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
190>	5	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
200>	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
210>	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
220>	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
230>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
240>	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
250>	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
260>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
270>	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
280>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
290>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
300>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
310>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
320>	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
330>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
340>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
350>	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
360>	32	14	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Sum:	239	147	97	59	23	9	6	2	0	0	0	0	0	

**Tabell A5.**

Resultat av sterkstrøms-analyse for måleserien frå **6 m djup** ved Varakjelen. Matrisa syner antall vedvarande perioder då strømmen uavbrutt var sterkare enn angitte nedre grenser "HAST<sub>i</sub>", i cm/s. Matrisa syner at der i serien var mange perioder med begrensa varigheit (10-40 minutt) og med strøm sterkare enn 5 cm/s, 10 cm/s og 15 cm/s. Og tilsvarande få lange perioder med vedvarande sterk strøm. Eksempelvis var der 1 periode i serien med 180 minutt varigheit og med strøm vedvarande sterkare enn HAST<sub>i</sub> = 20 cm/s. Innafor denne perioden vi det også kunne vere (kortare) perioder med strøm sterkare enn HAST<sub>i+1</sub>, HAST<sub>i+2</sub> etc, men desse blir i så fall talt opp i naboelement i matrisa. Siste linje (T=360 min) inneheld også perioder lengre enn 360 minutt.

Program AANDSTAT, NIVA v/3-92

Aanderaa 9000 Varakjelen, 6 m djup, des91-jan92

AANDSTAT NIVA

HAST: * >5.0* >10.0* >15.0* >20.0* >25.0* >30.0* >35.0* >40.0* >45.0* >50.0* >55.0* >60.0* (cm/s)												
10>	78	44	18	12	8	5	1	0	0	0	0	0
20>	47	20	6	6	5	3	0	0	0	0	0	0
30>	34	12	11	4	1	2	0	0	0	0	0	0
40>	26	7	6	3	1	2	0	0	0	0	0	0
50>	7	4	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0
60>	12	5	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0
70>	6	6	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
80>	6	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90>	6	3	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0
100>	8	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
110>	4	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
120>	4	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
130>	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
140>	6	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0
150>	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
160>	6	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
170>	3	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
180>	4	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
190>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
200>	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
210>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
220>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
230>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
240>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
250>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
260>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
270>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
280>	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
290>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
300>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
310>	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
320>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
330>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
340>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
350>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
360>	21	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum:	297	140	79	44	21	12	1	0	0	0	0	0



---

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo  
ISBN 82-577-2072-0