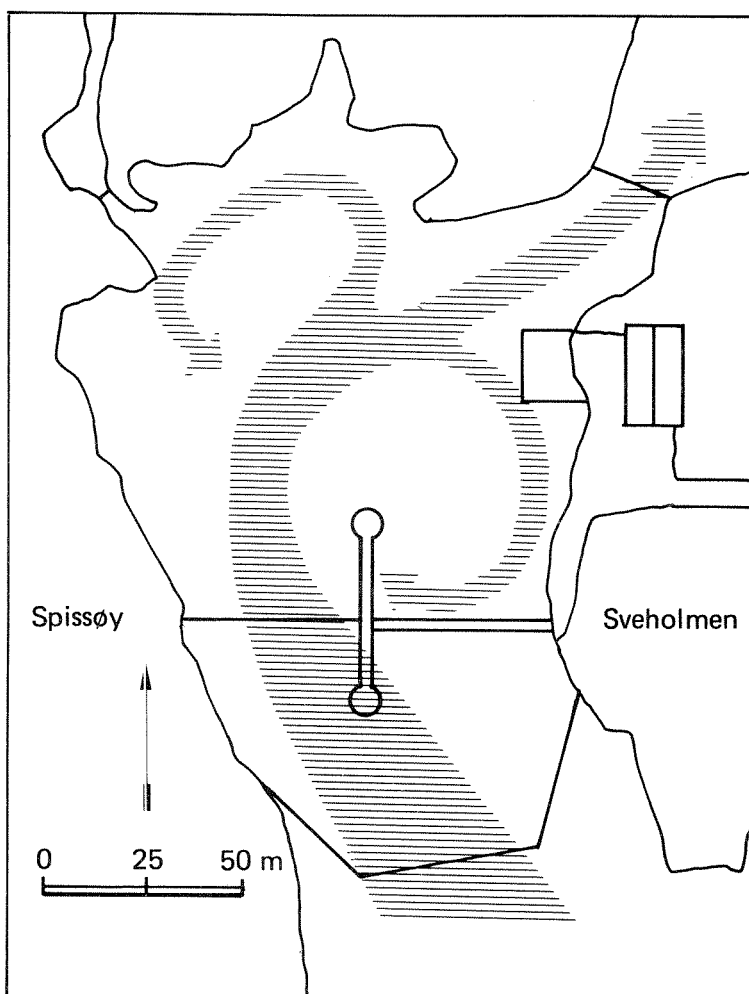


O-  
86028

1967

O~86028

## Miljøundersøkelser i sjøanlegget til Bakkasund Lakseoppdrett



# NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

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

Sørlandsavdelingen  
Grooseveien 36  
4890 Grimstad  
Telefon (041) 43 033

Østlandsavdelingen  
Rute 866  
2312 Ottestad  
Telefon (065) 76 752

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

Prosjektnr.:	0-86028
Undernummer:	
Løpenummer:	1967
Begrenset distribusjon:	

Rapportens tittel:  Miljøundersøkelser i sjøanlegget til Bakkasund Lakseoppdrett A/S.	Dato:  15. februar 1987
	Prosjektnummer:  0-86028
Forfatter (e):  Jan Nilsen Kristoffer Næs Jarle Molvær	Faggruppe:  Marinøkologisk
	Geografisk område:  Hordaland
	Antall sider (inkl. bilag):  67

Oppdragsgiver:  Bakkasund Lakseoppdrett A/S og Vesta Hygea	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
--	----------------------------------

Ekstrakt: Undersøkelser av strømforhold og av bunnsedimenter i sjøanlegget til Bakkasund Lakseoppdrett A/S viste at faren for fiskedød var stor. Dette gjaldt spesielt nordre basseng, ved fiskebestand over 100 tonn. Hovedproblemene er dårlig vannutskiftning, og grunt basseng hvor bunnsedimentene i store områder er sterkt influert av forrester, ekskrementer og med høye konsentrasjoner av løst sulfid, ammonium og metan. I stress-situasjoner kan fisk tenkes å erodere stoffene opp i vannsøylen. Produksjonskapasiteten i anlegget kan økes ved optimalisert drift av strømsetterne, bortsprengning av terskel og masse i nordre sund samt opprensning av bunnen.
--

4 emneord, norske:

1. Miljøundersøkelser
2. Akvakultur
3. Fiskedød
4. Bakkasund

4 emneord, engelske:

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

Prosjektleder:

*Jan Nilsen*

For administrasjonen:

*Tom Bohm*

ISBN 82-577-1204-3

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

OSLO

O-86028

MILJØUNDERSØKELSER

I

SJØANLEGGET TIL BAKKASUND LAKSEOPPDRETT A/S

Oslo, februar 1987

Prosjektleder: Jan Nilsen  
Medarbeidere : Kristoffer Næs  
Jarle Molvær

## F O R O R D

I januar 1986 ble NIVA forespurt av Bakkasund Lakseoppdrett A/S og forsikringsselskapet Vesta Hygea, om å utføre en undersøkelse av miljøforhold og fiskeribiologiske forhold i sjøanlegget til Bakkasund Lakseoppdrett A/S. Anlegget ble i november 1985 rammet av en akutt fiskedød.

I forbindelse med denne miljøundersøkelsen er det utført målinger i anlegget av strøm- og sedimentforhold. Det er også innhentet produksjons- og foringsdata.

NIVA ser på prosjektet som meget interessant og vil derfor benytte egne forskningsmidler til å utføre den fiskeribiologiske delen av undersøkelsen. Resultatene av denne delen av undersøkelsen vil bli rapportert senere i eget notat, og er derfor ikke med i denne rapporten.

Rapporten er ordnet på følgende måte. I kapittel 2 er det gitt en kort beskrivelse av sjøanlegget til Bakkasund Lakseoppdrett. I kapittel 3 og 4 er undersøkelsene av strømforhold, vannutskiftning og bunnsedimenter beskrevet. Resultatene av disse undersøkelsene, samt diskusjon av resultatene er også presentert i de kapitlene. Kapittel 5 inneholder en kort vurdering av tiltak som kan øke produksjonskapasiteten eller sikre anlegget mot faren for framtidig fiskedød. Konklusjoner og sammendrag av undersøkelsen er gitt helt først i rapporten.

Vi vil få takke Bakkasund Lakseoppdrett A/S og Vesta Hygea for et hyggelig samarbeide i prosjektet.

Oslo, februar 1987

Jan Nilsen

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

	side
FORORD	2
INNHOLDSFORTEGNELSE	3
FIGURLISTE	5
KONKLUSJONER OG SAMMENDRAG	6
1 INNLEDNING	10
1.1 Overordnede mål for undersøkelsen	10
1.2 Mål for delprosjektene	10
2 KORT BESKRIVELSE AV SJØANLEGGET TIL BAKKASUND LAKSEOPPDRETT	12
3 UNDERSØKELSER AV STRØMFORHOLD OG VANNUTSKIFTNING	16
3.1 Metoder og feltarbeid	16
3.2 Resultater og diskusjon	18
3.2.1 Målinger i Nordre basseng	18
3.2.2 " Søndre "	25
3.2.3 Utskiftningen av vannmassene i de to bassengene	28
3.2.4 Drift av strømsettere	31
3.2.5 Vurdering av mulighet for resuspensjon av bunn- sedimentene	32
3.2.6 Enkel modellsimulering av oppdrettsanleggets miljøbelastning	34
4 UNDERSØKELSER AV BUNNSEDIMENTER	38
4.1 Metoder og feltarbeid	38
4.2 Resultater og diskusjon	38
4.2.1 Sedimentbeskrivelse	38
4.2.2 Organisk innhold og vanninnhold i sedimentene	40
4.2.3 Syreløselig sulfid i sedimentet og løst hydrogen- sulfid i porevannet	42
4.2.4 Metan i sedimentet	42
4.2.5 Ammonium i porevannet	43
4.3 Konklusjoner	44
5 TILTAK SOM KAN ØKE PRODUKSJONSKAPASITETEN ELLER SIKRE ANLEGGET MOT FAREN FOR FRAMTIDIG FISKEDØD	45
6 REFERANSER	46
VEDLEGG A: Metereologiske data	47

VEDLEGG B: Tidevannsdata	53
VEDLEGG C: Kort beskrivelse av strømforholdene ved den planlagte nye lokaliteten i Bakkasund.	61

## FIGURLISTE

	side
Figur 2.1. Geografisk plassering av anlegget til Bakkasund Lakseoppdrett.	12
Figur 2.2. Kart over sjøanlegget til Bakkasund Lakseoppdrett.	13
Figur 3.2.1. Målt strømfart på St 1, 2 og 3 i Nordre basseng. Beregnet tidevannshøyde i Bergen havn er tegnet inn for perioden 1986-02-11--21.	20
Figur 3.2.2. Beregnet transportprosent innenfor 10 <sup>0</sup> og 15 <sup>0</sup> sektoren på stasjon 2 og 3 i Nordre basseng og St. 22 og 33 i Søndre basseng.	21
Figur 3.2.3. Målt strømfart på St. 3 i perioden 1986-02-11--21.	22
Figur 3.2.4. Dekomponert strømfart i nord-syd, øst-vest retning på St. 3 for perioden 1986-02-11--21.	23
Figur 3.2.5. Strømkorsmålinger utført i Nordre basseng 1986-02-11, måledyp = 1m.	24
Figur 3.2.6. Totalt målt strømfart på St. 33 for perioden 1986-02-21--03-03.	26
Figur 3.2.7. Dekomponert strømfart i sørøst-nordvest (135-315) og nordøst-sydvest (45-225) retning, målt på St. 33 i perioden 1986-02-21--03-03.	27
Figur 3.2.8. Siktekurve for bunnsedimenter fra stasjon 2 i anlegget i Bakkasund Lakseoppdrett.	32
Figur 3.2.9. Beregnede midlere oksygenkonsentrasjoner, O, i nordre og søndre basseng som funksjon av midlere gjennomstrømningshastighet, v, i anlegget til Bakkasund Lakseoppdrett.	35
Figur 3.2.10 Beregnede, midlere, minimale oksygenkonsentrasjoner i begge bassengene, som funksjon av fisketettheten.	37
Figur 4.2.1 Stasjoner for innsamling av sedimentprøver i sjøanlegget til Bakkasund Lakseoppdrett A/S.	39

## KONKLUSJONER OG SAMMENDRAG

### Hovedkonklusjoner

1. Faren for akutt fiskedød må ansees som stor i nordre basseng og i noe mindre grad i søndre basseng. Årsaken er at det ofte forekommer perioder med liten vannutskifting i anlegget. Dette vil når bestanden er stor medføre dårlige - kritiske oksygenforhold. Store deler av bassengene er relativt grunne med dyp mindre enn 2-3m. Dersom stor fisk blir stresset kan fiskens aktivitet medføre oppvirvling av forurensede bunnsedimenter. Dette kan gi utløsning av sulfid, ammonium og metan i vannmassene.
2. Anleggets produksjonskapasitet begrenses i dag hovedsakelig av liten gjennomstrømning/tilførsel av oksygenrikt vann. Under perioder med liten naturlig gjennomstrømning vil det kunne oppstå kritiske oksygenforhold når totalbestanden i begge bassengene overstiger 50 tonn fisk. Ved optimal bruk av anleggets to strømsettere vil i følge modellberegninger kritiske oksygenforhold kunne opptre for en tilsvarende totalbestand på ca 200 tonn.
3. Tiltak som kan øke produksjonskapasiteten i anlegget vil være opprensning av bunnen i anlegget, økning av volumgjennomstrømningen i anlegget, optimalisering av foringen samt fysisk adskillelse av de to bassengene. Gjennomstrømningen kan økes ved optimalisert drift av anleggets to disponible strømsettere eller bortsprengning av terskel og masse for økning av det nordlige gjennomstrømnings-tverrsnittet.

### Sammendrag

#### Resultater av strøm- og vannutskiftningsundersøkelsene.

Strømforholdene i de to bassengene ble undersøkt ved å benytte oppankrede, selvregistrerende målere og strømkors som drev med strømmen.

Resultatene av målingene viste at strømmene i begge bassengene var små



i måleperioden. Maksimal registrert hastighet i begge bassengene var 14 cm/s. Beregnet midlere strømfart på de ulike stasjonene varierte mellom <math>1-5\text{ cm/s}</math>. Hastighetene var over lange perioder så små at både angivelser av fart og strømrretning kunne bli noe usikre, som følge av at hastighetene lå nær verdier som var de samme som målernes oppløselighet.

Målingene og informasjon fra Bakkasund Lakseoppdretts egne folk, viste at det i det nordre bassenget ofte forekom to relativt stillestående strømvirvler/bakevjer. Den ene lå i det nordvestlige hjørnet av bassenget, mens den andre var plassert like nord for foringsbrygga, mot bryggene ved sjøbua. I disse områdene vil vannmassene oppholde seg relativt lenge. Forrester og ekskrementer vil derfor sedimentere og lett kunne hope seg opp i disse områdene. Strømmålingene viste ingen markerte bakevjer i det sydlige bassenget.

Utskiftningsforholdene i det sydlige bassenget er p.g.a. den brede munningen og kontaktflaten med vannmassene utenfor, adskillig bedre enn i det nordlige bassenget.

Vanngjennomstrømmingen gjennom begge bassengene må passere gjennom de to relativt trange nordlige kanalene. Den midlere naturlige volumstrømmen ble på grunnlag av strømmålingene og topografi i kanalene beregnet til  $1-2\text{ m}^3/\text{s}$ . Ved bruk av begge strømsetterne, som anlegget disponerer, kan denne transporten økes til ca.  $5\text{ m}^3/\text{s}$ . Dersom en skal oppnå noen effekt ved bruk av strømsetterne, er det viktig at de rettes samme veg som den naturlige strømmen. Hvis ikke dette gjøres, vil virkninger av strømsetterne og den naturlige strømmen kunne oppheve hverandre og skape svært ugunstige forhold inne i bassengene.

Ved en midlere volumgjennomstrømning på ca.  $2\text{ m}^3/\text{s}$ , vil den tiden det tar før vannmassene over 2.5 m dyp i begge bassengene blir skiftet ut, være ca. 6.5 timer. Dersom volumgjennomstrømmingen er ca.  $1\text{ m}^3/\text{s}$ , vil den tilsvarende utskiftningstiden være ca. 15 timer.

Budsjetter for oksygenkonsentrasjoner i oppdrettsanleggene, er beregnet ved bruk av en numerisk modell for miljøbelastning fra oppdrettsanlegg. Som startdata for modellen er det lagt inn verdier for volumgjennomstrømning, hydrografiske, topografiske og geometriske data, samt data for fiskebestand og næringsstoffer i fisk og for. Oksygenkonsentrasjonene i anlegget er beregnet for ulike volumgjennomstrømninger i de to bassengene, hver for seg og samlet. Beregningene viste at volumgjennomstrømmingen i det nordre bassenget, med ca 150 tonn fisk i bassenget, måtte være større enn ca.  $3.2\text{ m}^3/\text{s}$ ,

dersom ikke oksygenkonsentrasjonene skulle bli kritisk lave dvs. lavere enn 5 mg/l.

Da den akutte fiskedøden inntraff i november 1985, var den totale bestanden i anlegget ca. 200 tonn. Dette var følgelig mer enn tilrådelig under normale midlere gjennomstrømningsforhold i anlegget.

#### Resultater av bunnsedimentundersøkelsene.

Analyser av bunnsedimentene gir informasjon om miljøforholdene i anlegget de siste måneder og år. Sedimentene i det nordre bassenget var sterkt influert av forspill og ekskrementer, spesielt nær foringsbrygga. Store deler av bunnen var dekket av et hvitt trådformet belegg sannsynligvis Beggiatoa (svovelbakterier). Disse trives i overgangen mellom oksygenerte og anoksiske miljøer, og dette tyder på at det var anoksiske forhold like under sedimentoverflaten i store deler av nordre basseng. I søndre basseng var forholdene mye bedre.

Inneholdet av organisk materiale i sedimentene i deler av det nordre basseng var svært høyt, 29-35% i den nordvestre delen av bassenget. Dette tyder på at området ligger i en bakevje for strømmen, med gode sedimenteringsforhold.

Det ble funnet svært høye konsentrasjoner av løst sulfid i sedimentene. Dette viser at oksygenforbruket i overflatesedimentene var langt større enn oksygentilførselen.

Både verdiene av metan og ammonium i overflatesedimentene var høye og bekreftet dårlige miljøforhold i bunnsedimentene.

Analyser av kornstørrelsesfordeling i bunnsedimentene, viste at bunnsedimentene i hovedsak besto av fin-, middels og grov sand. I henhold til klassisk teori vil ikke disse sedimentene kunne bringes i suspensjon for hastigheter lavere enn 14-35 cm/s. På grunn av at biologisk materiale var innblandet i sedimentene, vil dette medføre en enda sterkere sammenbinding av sedimentene enn tilfelle er for ren kvartssand, som teorien er basert på. Dette vil sannsynligvis medføre at sedimentene først bringes i suspensjon for hastigheter signifikant høyere enn 14-35cm/s. Det synes derfor å være lite sannsynlig at naturlige strømforhold vil medføre noen oppvirvling av bunnsedimenter i noen av bassengene.

#### Anleggets produksjonskapasitet.

Anleggets produksjonskapasitet er bestemt av bl.a. tilgjengelig

oksygen for fisken. Tilgjengelig oksygen for fisken er bestemt av bl.a. vannvolumet inne i oppdrettsanlegget og utskiftningsforholdene for vannmassene i anlegget, samt oksygenforbruk fra bunnsedimentene.

Sjøanlegget til Bakkasund Lakseoppdrett A/S kan betraktes som en grunnbukt. Hovedutløpet er en bred munning i sør. To smale utløp i nord tillater noe vann å strømme gjennom anlegget. Utskiftningen av vannmassene i anlegget skjer gjennom disse nordlige utløpene og den relativt brede munningen i sør.

Undersøkelsen viste at den naturlige gjennomstrømningen av vann gjennom anlegget til Bakkasund Lakseoppdrett A/S var liten i måleperioden, i gjennomsnitt  $1-2\text{m}^3/\text{s}$ . Anlegget disponerer to strømsetterer som tilsammen kan sette opp en volumstrøm på  $1-3\text{m}^3/\text{s}$ .

Størrelsen på den midlere naturlige volumstrømmen og volumstrømmen satt opp av strømsetterne, er tilnærmet like store. Det er derfor svært viktig at strømsetterne rettes samme veg som den naturlige strømmen. Ved bruk av begge strømsetterne vil volumgjennomstrømningen følgelig kunne økes med over 100%, i forhold til midlere naturlige gjennomstrømning.

Det er benyttet en numerisk modell til å beregne oksygenkonsentrasjonen inne i anlegget som følge av fiskens miljøpåvirkning ved ulike volumgjennomstrømninger. Dersom oksygenkonsentrasjonene blir lavere enn  $5\text{mg/l}$  regnes forholdene å være kritiske for laksefisken. Beregningene viste at ved en volumgjennomstrømning på  $2\text{m}^3/\text{s}$ , ble oksygenkonsentrasjonene kritiske, dersom den totale bestanden i hele anlegget ble større enn ca 105 tonn. Dersom volumgjennomstrømningen økes til  $5\text{m}^3/\text{s}$  f.eks. ved bruk av begge strømsetterne, vil oksygenkonsentrasjonene først bli kritiske når bestanden blir større enn ca 210 tonn. Det må understrekes at det er antatt at fisken ikke er stresset når dens oksygenforbruk er beregnet i modellen. Stresset fisk kan ha et oksygenforbruk som ligger over 100% høyere enn normalt forbruk.

## 1. INNLEDNING

### 1.1 Overordnede mål for undersøkelsen

Lørdag 9. november 1985 ble Bakkasund Lakseoppdrett rammet av en akutt fiskedød. Årsaken er delvis avklart ved undersøkelser av bunnfaunaen (Aabel 1985), analyser av fôr, vann og sedimenter ved Fiskeridirektoratets Sentrallaboratorium, av fiskefor og organer fra død laks utført ved Fiskeridirektoratets Ernæringsinstitutt og undersøkelser av død laks utført ved Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt, avd. for akvakultur, og Veterinærinstituttet. Disse undersøkelsene ga skjellig grunn for mistanke om at fiskedøden kunne ha sammenheng med forurensede bunnsedimenter og/eller oksygensvikt i vannmassene i bassengene

Formålet med NIVA's undersøkelser har vært å vurdere:

- \* Faren for akutt fiskedød på bakgrunn av analyser av bunnsedimentene
- \* Anleggets produksjonskapasitet
- \* Tiltak som kan øke produksjonskapasiteten eller sikre anlegget mot framtidig fiskedød.

### 1.2 Mål for delprosjektene

Undersøkelsen har vært delt i 3 delprosjekter med spesifikke delmål:

#### 1 Undersøkelser av strømforhold og vannutskiftning

Målet har vært å kartlegge strømforholdene i oppdrettsanlegget for å vurdere:

- \* Hvorledes foret spres og sedimenterer
- \* Vannutskiftning og oppholdstid for vannmassene i bassengene, som grunnlag for å bedømme hvordan fiskebestanden kan påvirke vannkvaliteten i anlegget.

#### 2 Undersøkelser av sedimenter

Målet har vært:

- \* Karakterisere sedimentene i anlegget med tanke på mulige

negative effekter på fisk.

\* Kartlegge utbredelse og tykkelsen av forurensa sediment.

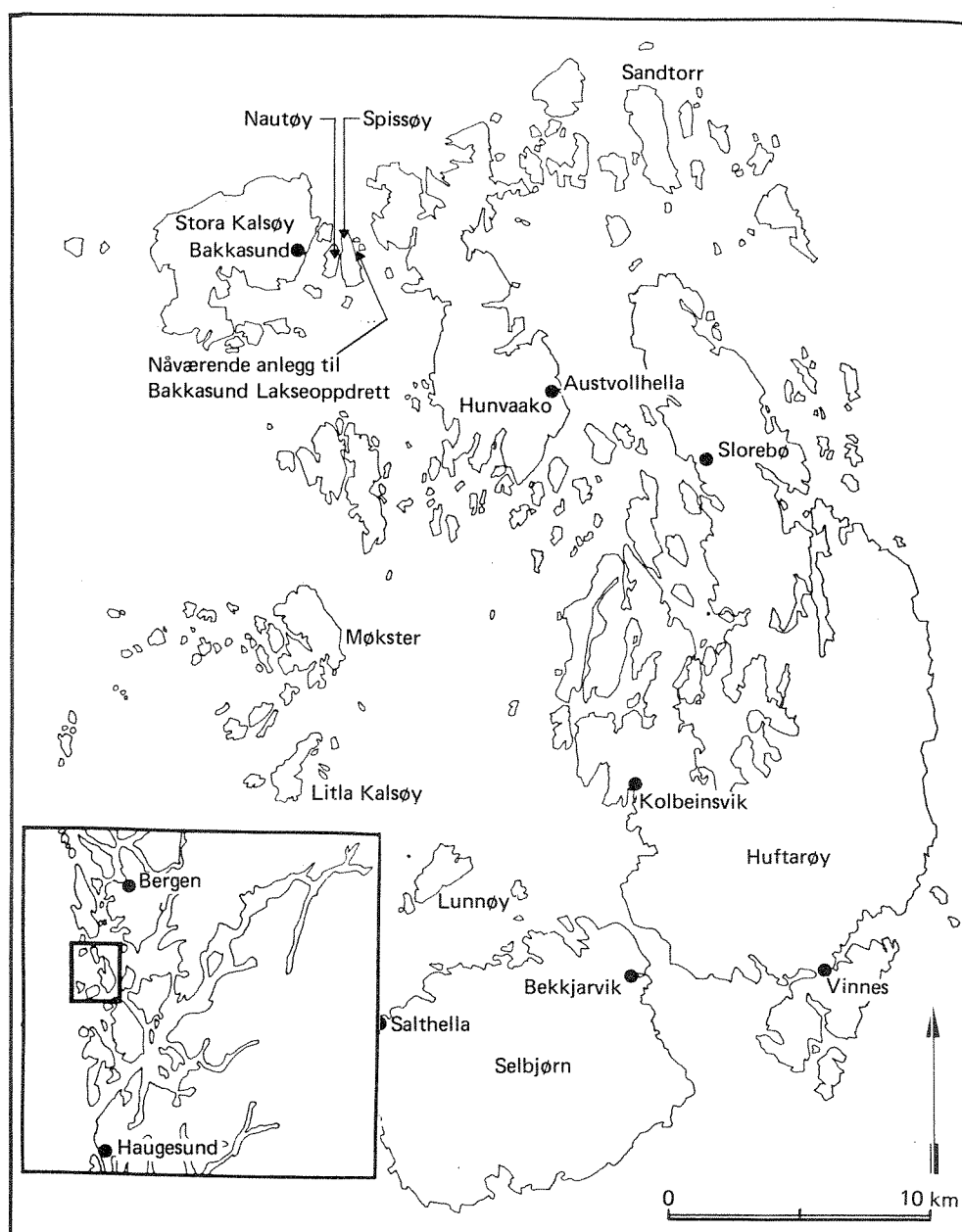
### 3 Fiskeribiologiske vurderinger

Målet har vært å gi en fiskeribiologisk vurdering av driften av anlegget og av resultatene fra undersøkelsene. Disse vurderingene vil bli rapportert senere i et eget notat.

Delprosjektene skal samlet gi grunnlag for å oppfylle prosjektets overordnede mål.

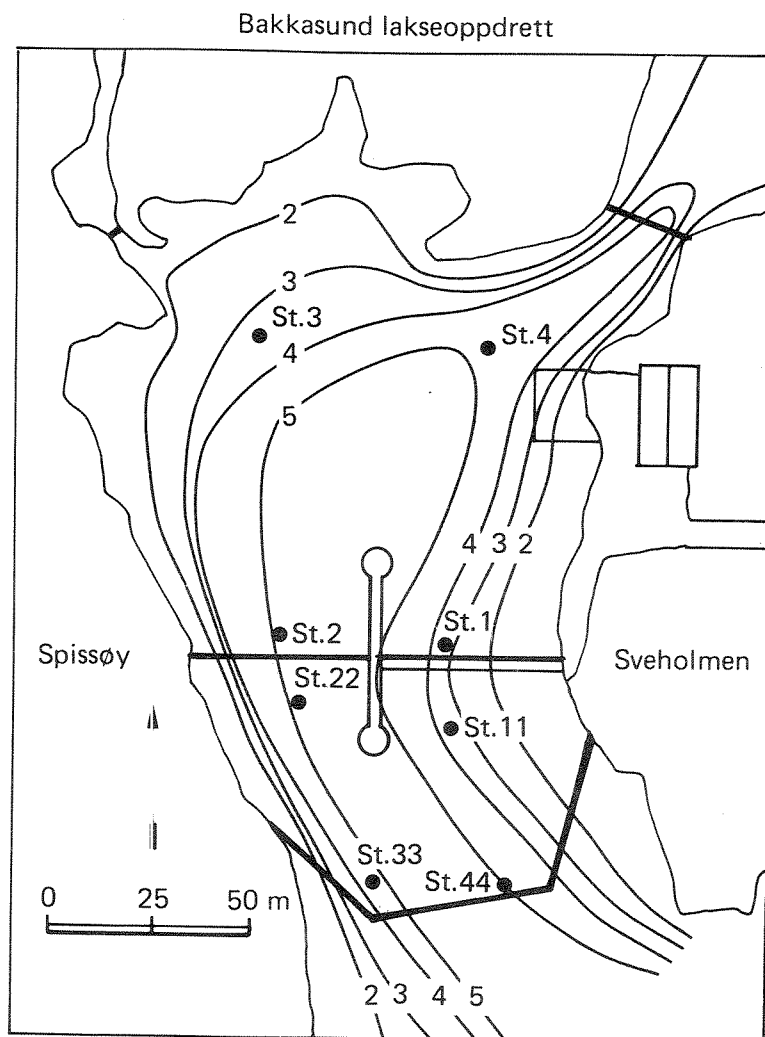
## 2. KORT BESKRIVELSE AV SJØANLEGGET TIL BAKKASUND LAKSEOPPDRETT.

Sjøanlegget til Bakkasund Lakseoppdrett ligger ytterst i Korsfjorden syd for Bergen, rett øst for Store Kalsøy, figur 2.1.



Figur 2.1 Geografisk plassering av anlegget til Bakkasund Lakseoppdrett.

Anlegget ligger mellom Sveholmen og Spissøy og er godt skjermet av vinder fra vest, nord og øst. Sør-sørøstlige vinder har lengst strøklengde, dvs. lengst vei over åpen sjø hvor vinden kan sette opp bølger. Det synes som om lokaliteten er svært gunstig plassert med hensyn til lite vind og bølgepåvirkning. Figur 2.2 viser en detaljkartskisse av anlegget.



Figur 2.2 Kart over sjøanlegget til Bakkasund Lakseoppdrett. Plassering av strømmålerstasjoner, dybdekoter i meter og sperringer er også angitt på figuren.

Det følger av figur 2.2 at anlegget er delt i to bassenger. Foringsbryggene er plassert midt mellom de to bassengene. Fra det Nordre bassenget leder to kanaler ut, mot henholdsvis nordvest og nordøst. Begge kanalene er avstengt med finmasket gitter. Bredde, dybde og terskeldyp i begge kanaler er angitt i tabell 2.1.

De to bassengene er adskilt med en not-vegg. Det sørlige bassenget er også i sør avstengt med en notvegg. Utløpet mot sør i det søndre bassenget er vesentlig dypere og bredere enn utløpet mot nord i det Nordre bassenget.

Tabell 2.1 Karakteristiske dyp, arealer og volumer for vannmassene i det Nordre og Søndre bassenget i sjøanlegget til Bakkasund Lakseoppdrett.

PARAMETER	Nordre basseng	Søndre basseng
Overflateareal ( m <sup>2</sup> )	14000	4500
Største dyp ( m )	5-6	6-7
Midlere dyp ( m )	3-3.5	3-3.5
Terskeldyp ( m )	nord: 2.5 syd : 5-6	nord: 5-6 syd : 5-6
Totalt vannvolum ( m <sup>3</sup> )	45000	16000
Vannmasser over terskeldyp ( m <sup>3</sup> )	30000	11000
Totalt gjennomstrømningsareal ved utløp ( m <sup>2</sup> )	nord: 43 syd : 315	nord: 315 syd : 315
Gjennomstrømningsareal ved utløp, over terskeldyp ( m <sup>2</sup> )	nord: 36 syd : 225	nord: 225 syd : 225



Bunntopografien i de to bassengene er angitt ved dybdekoter. I tabell 2.1 er for øvrig angitt største og midlere dyp i bassengene, terskeldyp i kanalene ut av bassengene, totale vannmasser, samt vannmasser og terskeldyp i de to bassengene og gjennomstrømningsarealer i kanalene ut av bassengene.

Det følger av tabell 2.1 at dersom en ser på de to bassengene under ett så er det totale gjennomstrømningstverrsnittet i nord bare ca 14% av gjennomstrømningstverrsnittet mot syd. Forholdet mellom totale vannmasser i nordre og søndre basseng er 2.8:1 dvs. det er nesten tre ganger så stort vannvolum i det Nordre som i det Søndre bassenget.

### 3. UNDERSØKELSER AV STRØMFORHOLD OG VANNUTSKIFTNING

Vannkvaliteten i et oppdrettsanlegg vil være påvirket av formengde, forttype, størrelse på fiskebestanden samt strømningsforholdene og vannutskiftningen i anlegget. Stadig tilførsel av oksygenrikt vann er viktig og nødvendig for å oppnå en best mulig vekst av fisken.

Kjennskap til vannmassenes oppholdstid og fiskens oksygenforbruk er viktig når mengden av fisk i anleggene skal bestemmes. For anlegg som består av avstengte sund eller bukter er kjennskap til strømningsmønsteret viktig for valg av foringssted. Dersom foringsstedet plasseres i områder med bakevjer vil det her lett kunne hope seg opp store mengder forrester på bunnen. Nedbrytningen av forrestene vil være oksygenforbrukende. Dette sammen med det økte oksygenforbruket fra den sammenstimlede fisken vil gi lite gunstige vekstforhold.

I Bakkasund Lakseoppdretts anlegg synes plasseringen av foringsstedene å være gunstig valgt. Oppdrettsanlegget benytter seg også av 1-2 strømsettere som styres manuelt. Den ene strømsetteren er fast plassert like på utsiden av nettet i det nord-østre sundet. Den har en kapasitet på ca  $1\text{m}^3/\text{s}$ . Den andre strømsetteren kan flyttes rundt etter behov og har en kapasitet på  $3.4\text{m}^3/\text{s}$ .

#### 3.1 Metoder og feltarbeid.

Strømforholdene er undersøkt ved å benytte både selvregistrerende målere og strømkors. Det ble plassert ut fire selvregistrerende målere, en Aanderaa RCM4 måler og tre Sensordata målere, to av type SD-1000 og en av type SD-2000. I tabell 3.1.1 er angitt stasjonsbetegnelse, instrumenttype, måleperiode, måleintervall, måledyp og bunndyp for de utførte strømmålingene i Nordre og Søndre basseng.

Tabell 3.1.1 Strømmålinger i Bakkasund Lakseoppdrettsanlegg.  
 Stasjonsbetegnelse, instrumenttype, måleperiode,  
 måleintervall, måledyp og bunndyp er angitt.  
 St 1-4 ligger i Nordre basseng, mens St 11-44  
 ligger i Søndre basseng.

Stasj	Instrument	Periode ( 1986 )	Måleinterv ( min. )	Måledyp ( m )	Bunndyp ( m )
1	SD-1000	-02-11--21	28	2.5	3.2
2	RCM4	- " -	10	3.0	5.0
3	SD-1000	- " -	28	2.4	3.5
4	SD-2000*;	- " -	28	3.4	4.5
11	SD-1000	-02-21--03-03	28	2.3	3.0
22	RCM4	- " -	10	3.5	5.6
33	SD-1000	- " -	28	3.3	4.4
44	SD-2000*;	- " -	28	4.8	5.9

\* Data mangler p.g.a. teknisk feil på måler.

Plasseringen av de ulike stasjonene er vist på figur 2.2. På denne figuren er det også tegnet inn dybdekoter for de to bassengene samt de nærmeste områdene utenfor. Plasseringen av målestasjonene er valgt med tanke på å få mest mulig representativ informasjon om strømforholdene i de to bassengene for beregning av vannutskiftninger og for kartlegging av eventuelle bakevjer.

Det følger av tabell 3.1.1 at lengden på måleperiodene var ca 10 døgn i begge bassengene. De selvregistrerende målerne ble satt ut 11. februar av NIVA-personell sammen med Bakkasund Lakseoppdrettsanleggs egne folk. Målerne ble 21. februar flyttet fra Nordre til Søndre basseng av oppdretterne som også tok de opp 3. mars.

For å kartlegge strømforholdene i det øverste laget 0-2m ble det benyttet strømkors. Strømkorsene driver med vannmassene og ved å tegne inn driftbaner og notere klokkeslett for korsenes ulike posisjoner kan strømfart og retning bestemmes. Korsene besto av to vertikalstilte aluminiumsplater som ble plassert i ca 1m dyp. Fra platene og opp til en liten bøye på overflaten gikk et tynt tau med lite strømfang. Overflatebøyens bevegelse kunne så følges. På grunn av svært lave strømhastigheter i begge bassengene i oppdrettsanlegget ble vinddraget på overflatebøya signifikant,

selv for relativt lave vindhastigheter. Resultatene av strømkorsmålingene må derfor benyttes med forsiktighet.

### 3.2 Resultater og diskusjon

#### 3.2.1 Målinger i Nordre basseng

I tabell 3.2.1 er angitt maksimal, minimal og midlere målt strømfart i det Nordre og Søndre bassenget, henholdsvis på stasjonene 1-4 og 11-44.

Tabell 3.2.1 Maksimal, minimal og midlere målt strømfart samt retning på maksimalt beregnet transportfluks er angitt for St 1-4 i Nordre og St 11-44 i Søndre basseng. Målingene ble utført 1986-02-11--02-21 og 1986-02-21--03-03 i henholdsvis Nordre og Søndre basseng.

St	Måledyp (m)	Strømfart			Retning maksimal transport fluks ( <sup>o</sup> )
		Maks (cm/s)	Min. (cm/s)	Middel (cm/s)	
1	2,5	5	0	<1	1
2	3.0	6	1	≈1.4	120-130 <sup>o</sup> 1
3	2.4	13	0	3	135-150 <sup>o</sup> 1
4 <sup>2</sup>	3.4				
11	2.3	5	0	<1	1
22	3.5	2	0	<1	80-90 <sup>o</sup> og 330-340 <sup>o</sup> 1
33	3.3	14	0	5	135-150
44 <sup>2</sup>	4.8				

- 1) På grunn av de lave målte hastighetene må retningen på maksimalt beregnet transport fluks ansees noe usikker.
- 2) Data mangler p.g.a. tekniske feil på måleren.

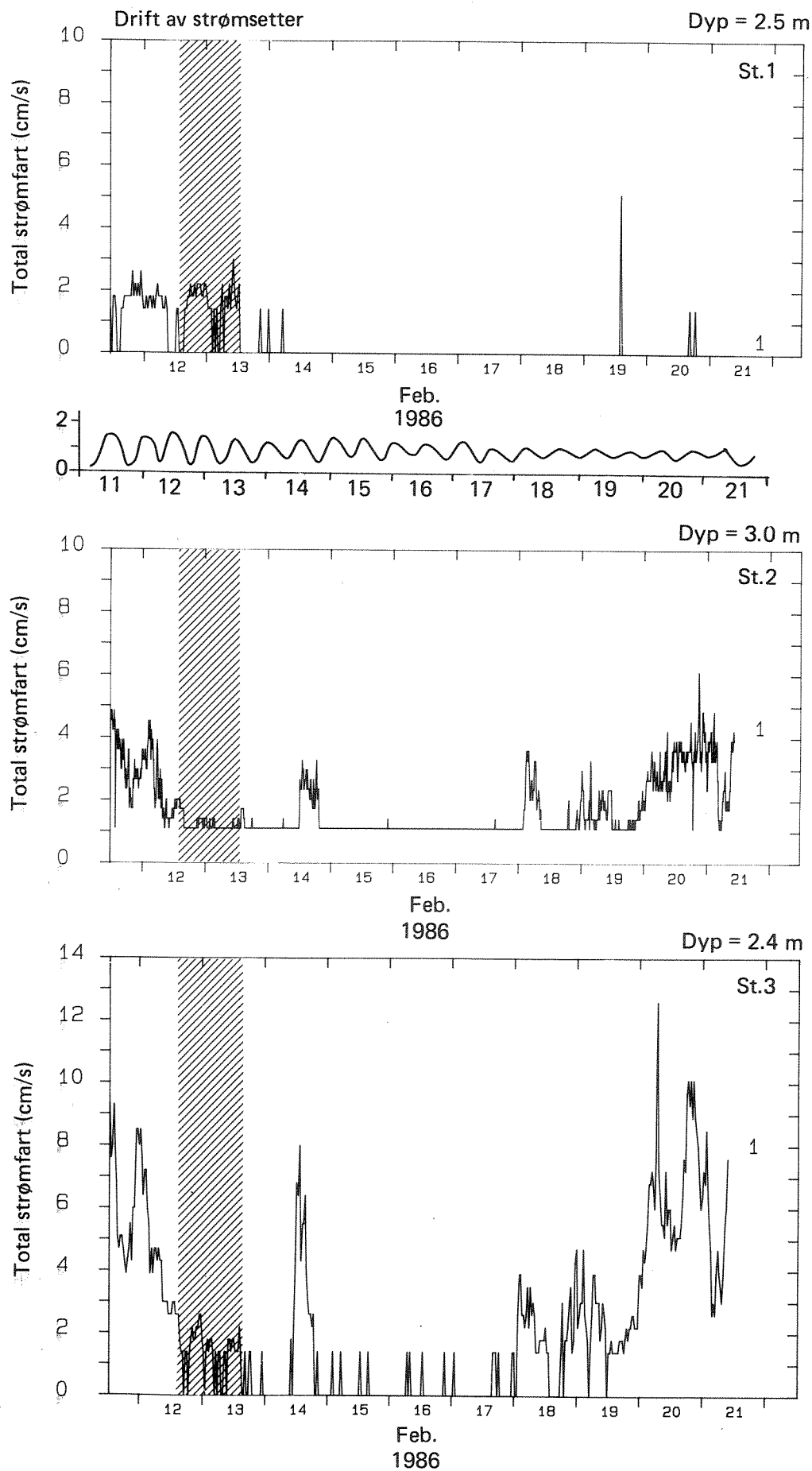
Det følger av tabell 3.2.1 at høyeste fart i det Nordre bassenget ble målt på stasjon 3 og var 13cm/s. Midlere fart på de tre stasjonene i Nordre basseng var også høyest på St 3 med 3cm/s. Verdiene på både maksimal og midlere strømfart var svært små på alle stasjonene.

Figur 3.2.1 viser målt strømfart på St. 1, 2 og 3 i Nordre basseng. Det følger av figur 3.2.1 at det spesielt på St 1 var lange perioder med strømfart lik 0 cm/s. Dette kan muligens skyldes at farten var lavere enn målerens terskelverdi ca 1-2 cm/s i denne perioden. På figuren er også tegnet inn beregnede tidevannsvariasjoner i Bergen havn for å kunne sammenlikne strømmålingene med variasjoner i tidevannshøyden relatert til månefasene, dvs. spring-nip variasjoner.

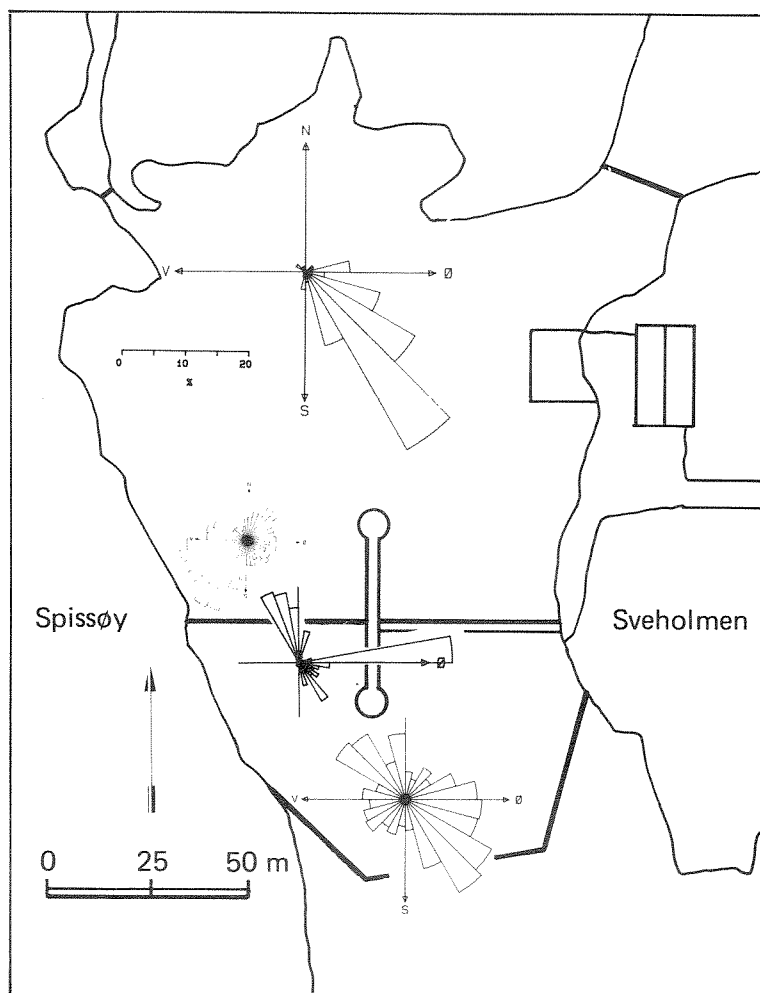
Figur 3.2.2 viser beregnet prosentvis transport innenfor sektorer på  $10^0$  og  $15^0$  på henholdsvis stasjon 2 og 3 i Nordre basseng. Fordi skalaene i tillegg ikke er de samme for stasjon 2 og 3 kan en ikke sammenlikne direkte fordelingene på de to stasjonene. Det følger av figur 3.2.1 og 3.2.2 at de lave strømfartene spesielt på stasjon 2 kan ha medført en noe usikker retningsbestemmelse av strømhastigheten og dermed av transportprosenten. Det synes imidlertid fra figur 3.2.2 rimelig å anta en største transportprosent i nord-øst/sydvestlig retning.

Normalt skulle en forvente at strømretningen i sund i store trekk fulgte bunntopografien. Dette synes ikke helt å ha vært tilfelle i det Nordre basenget. Det er imidlertid mulig at lokale rygger og bakevjer kan ha påvirket strømforholdene på st. 2 og st. 3 fordi strømmålingene ble utført i eller like under terskeldyp. Dette kan ha medført at strømmen i disse dypene var noe influert av terskelen. En annen forklaring på fordelingen av transportprosenten på st. 3 kan også være at vedvarende syd-østlige vinder har stuert opp vannmassene i det nordre bassenget og frembragt en nordvestlig strøm i det øverste laget og en sydvestover rettet strøm i nedre laget.

Figur 3.2.3 viser total strømfart på stasjon 3 i måleperioden. Det følger av figuren at strømfarten spesielt i begynnelsen og slutten av perioden fluktuerte med perioder mellom lokale maksima på ca 12 timer. Dette tyder på at strømhastigheten består av tidevannsstrømmer overlagret en reststrøm. Når retningen på tidevannsstrømmen og reststrømmen faller sammen inntreffer lokale maksima i strømfarten. Det følger av figur 3.2.3 at maksimalt målt strømfart i perioden var ca 13cm/s.



Figur 3.2.1 Målt strømffart på St 1,2 og 3 i Nordre basseng. Beregnet tidevannshøyde i Bergen havn er tegnet inn for perioden, 1986-02-11--21. Tidsrom for drift av strømsetter er vist med skravur.



Figur 3.2.2 Beregnet transportprosent innenfor  $10^{\circ}$  og  $15^{\circ}$  sektoren på stasjon 2 og 3 i Nordre basseng og St 22 og 33 i Søndre basseng. Bredden på sektorene brukt til transport prosent på stasjon 2 og 22 var  $10^{\circ}$ , på stasjon 3 og 33,  $15^{\circ}$ . Transportprosenten  $Q$  er gitt ved

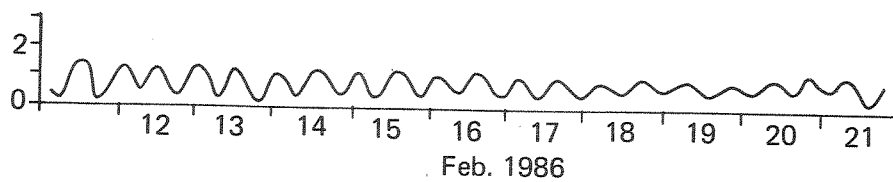
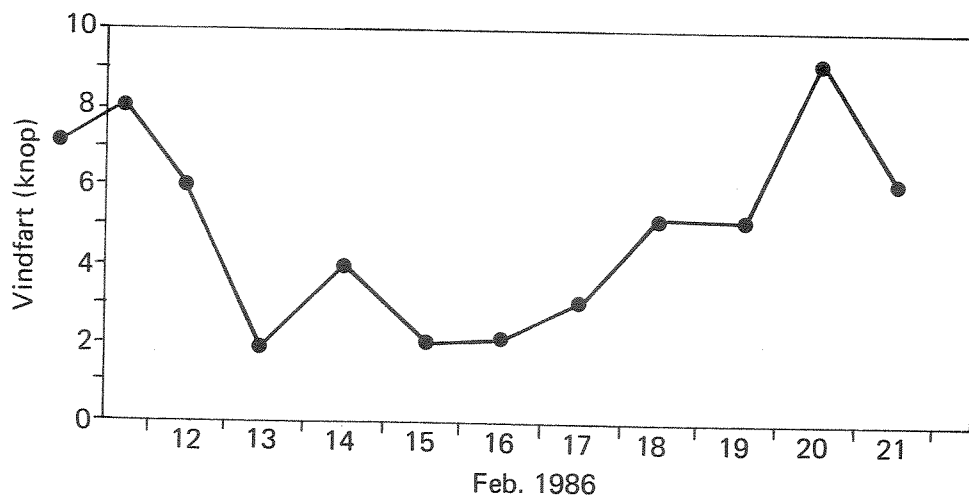
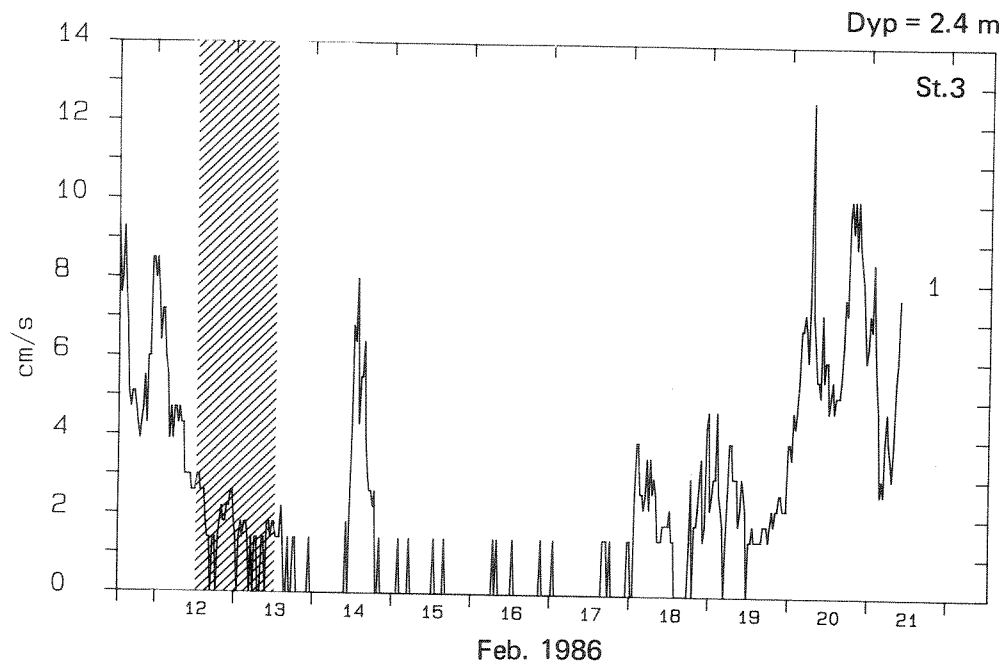
$$Q_i = n_i/N * v_i/v * 100\%$$

$n_i$ = antall registreringer i  $i$ 'te sektor

$v_i$ = middelfart i  $i$ 'te sektor

$n$ = totalt antall registreringer

$v$ = middelfart for hele serien, uansett retning

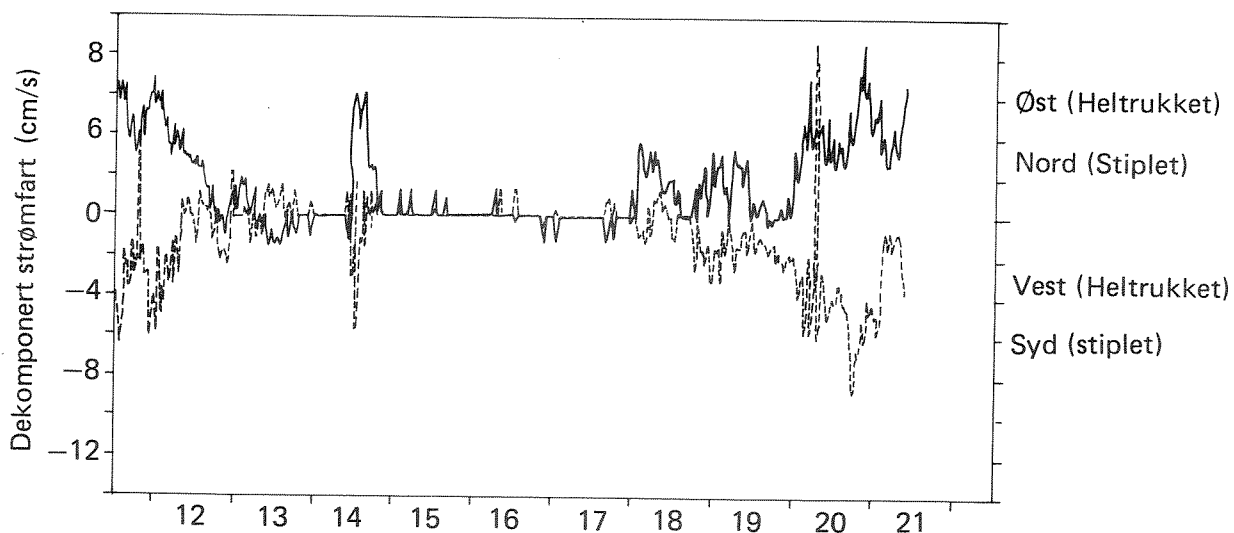


Figur 3.2.3 Målt strømfast på St 3 i perioden 1986-02-11--21.  
Døgnmidlet vindfart fra Flesland flyplass fra samme periode samt beregnet tidevannsamplitude for Bergen havn, er også tegnet inn.



På figur 3.2.3 er også tegnet inn døgnmidlet vindfart fra Flesland flyplass som er nærmeste representative meteorologiske stasjon. Det synes å være god korrelasjon mellom strøm- og vindfart i perioden. Korrelasjonen mellom beregnet tidevannsamplitude og strømfart synes derimot i følge figur 3.2.3 ikke å ha vært stor i perioden, størst strømfart intraff ved lavest tidevannsamplitude dvs. ved nip.

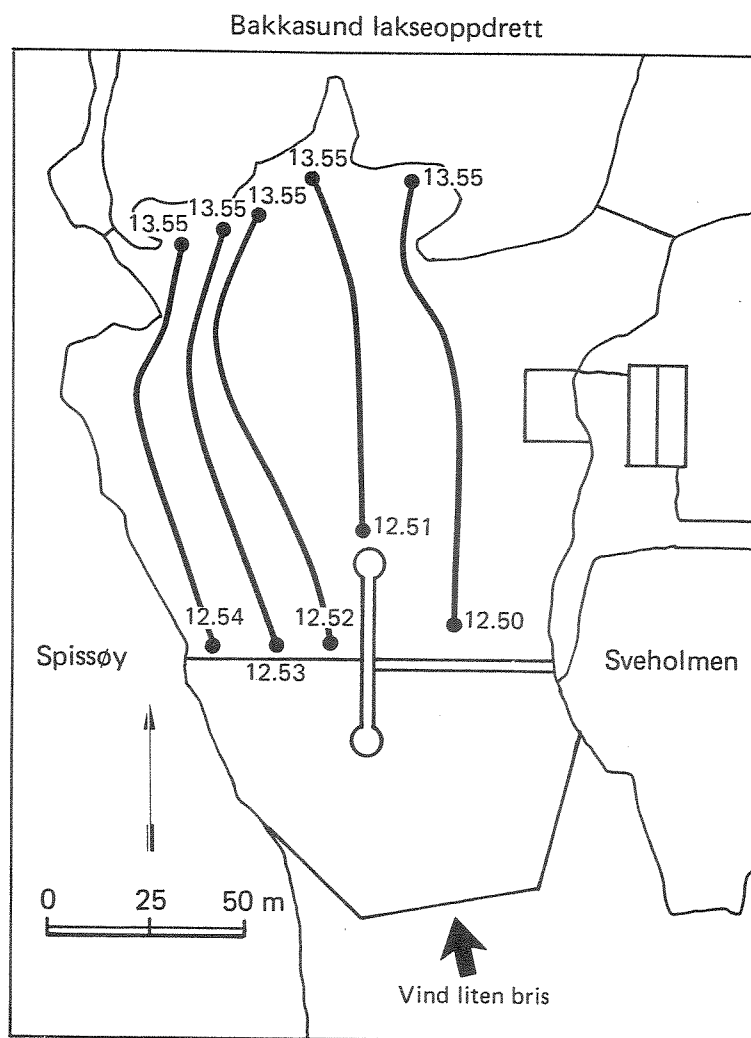
Figur 3.2.4 viser dekomponert strømfart i øst-vest og nord-syd retning. på St 3. Det følger av figur 3.2.4 at retningen på strømmen spesielt i begynnelsen og slutten av måleperioden var mot øst-sydøst.



Figur 3.2.4 Dekomponert strømfart i nord-syd, øst-vest retning på St 3 for perioden 1986-02-11--21.

Resultatene av strømkorsmålingene viste at korsene stort sett fulgte vindretningen. Den beregnede farten på korsene var mindre enn 5cm/s. På figur 3.2.5 er vist driftsbanene for 5 strømkors i 1m dyp, sluppet i det nordre bassenget 13/2-86. Vindretningen er også tegnet inn.

Det følger av figuren at alle 5 korsene gikk inn i den nordvestre bukta. Selv kors nr.1 som var satt ut nærmest det nordøstre sundet ble ikke transportert mot sundet. Dette viser at strømhastigheten gjennom sundet var svært liten mens disse strømkorsmålingene pågikk. På figur 3.2.5 er også tegnet inn tidevannsvariasjonene i Bergen 1986-02-11. Det følger av figuren at strømkorsmålingene ble utført på stigende sjø.



Figur 3.2.5 Strømkorsmålinger utført i Nordre basseng 1986-02-11, måledyp = 1m.

Det er vanskelig å gi en entydig beskrivelse av strømbildet i Nordre basseng, spesielt på grunn av de lave målte hastighetene og dermed noe usikre retningsangivelser. Strømforholdene i det øvre laget vil i stor grad bestemmes av lokal vind. I perioder med lav reststrøm og eller liten tidevannsstrøm vil vind fra syd/sydøst kunne sette opp overflatestrøm mot nord/nordvest, med en sydovertrettet returstrøm under terskeldyp. Det synes imidlertid rimelig på grunnlag av målingene og bunntopografien å anta at det ofte forekommer en bakevje i den nord-nordvestre bukta i dette bassenget og også muligens en på nordsiden av foringsbrygga. Oppholdstiden på vannmassene i disse bakevjene vil være lenger enn på vannmassene som strømmer mellom bakevjene og inn eller ut av det nordøstre utløpet.

### 3.2.2 Målinger i Søndre basseng.

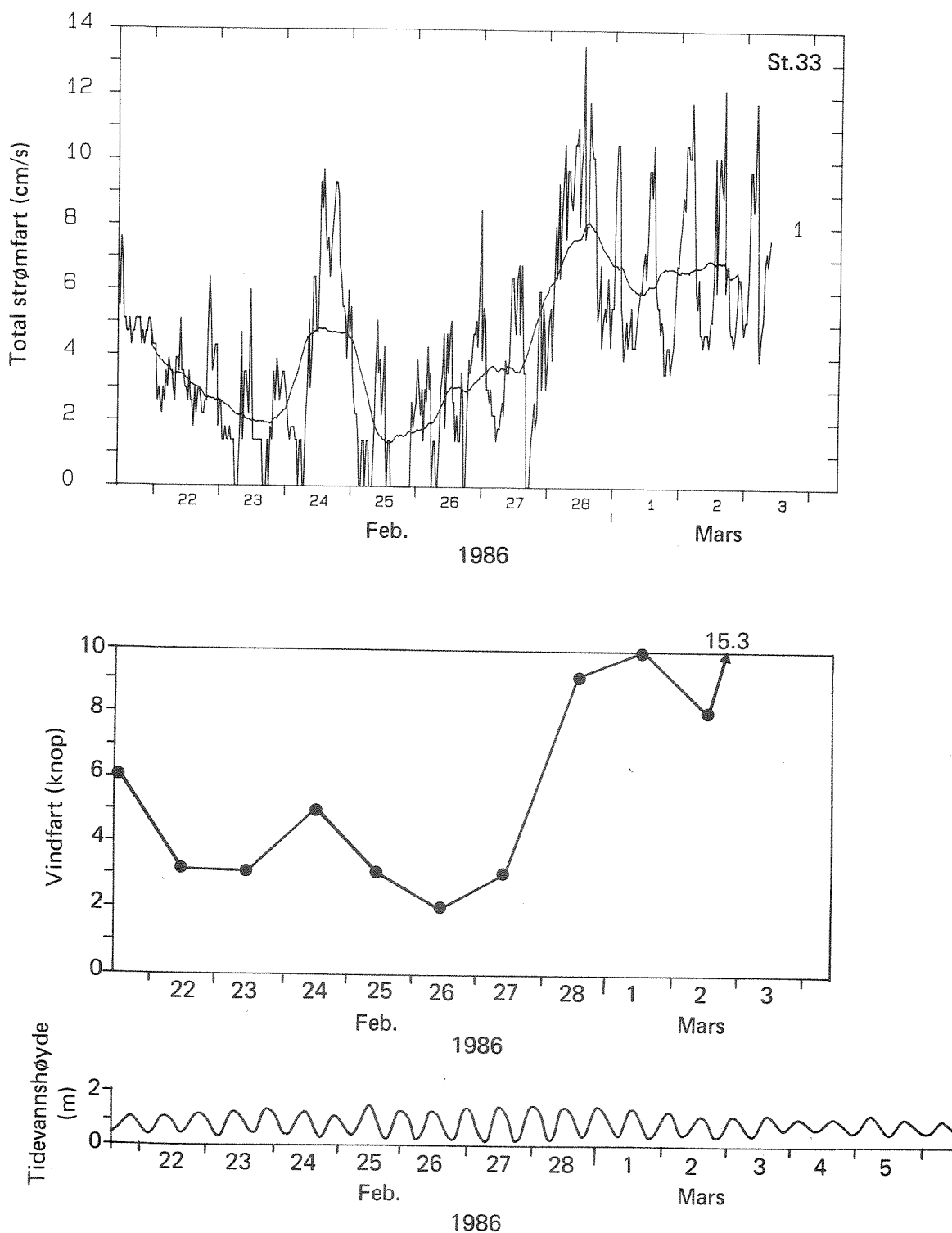
I tabell 3.2.1 er angitt maksimal, minimal og midlere målt strømfart på stasjonene 11-44 i det Søndre bassenget. Det følger av tabell 3.2.1 at maksimal og midlere fart var høyest på stasjon 33 henholdsvis 14cm/s og 5cm/s. På stasjonene 11 og 22 var maksimalt målt fart henholdsvis 5cm/s og 2cm/s mens midlere fart var mindre enn 1cm/s på begge stasjonene. Måledyp på stasjonene 22 og 33 var henholdsvis 2.3m, 3,5m og 3.3m.

Figur 3.2.2 viser beregnet prosentvis transport på stasjon 22 og 33 innenfor sektorer på henholdsvis  $10^0$  og  $15^0$ . Det følger av figur 3.2.2 at retningen på transporten i hovedsak følger bunntopografien, dvs. nordvest-sydøst. På stasjon 22 ser det ut som om dominerende transportretning var mot øst. På grunn av lav strømfart, vil som nevnt i kap. 3.2.1 retningsbestemmelsen til strømhastighet bli noe usikker. I den svake strømmen, i middel mindre enn 1cm/s, har ikke roret på Aanderaa måleren klart og snu helt etter strømretningen. Det synes derfor rimelig å anta at strømmen hovedsakelig følger bunntopografien.

Figur 3.2.6 viser total strømfart på stasjon 33 i måleperioden. Det følger av figuren at strømfarten fluktuerte med perioder på ca 12-13 timer mellom lokale maksima for strømfart. Det tyder på at strømhastigheten er influert av tidevannsstrømmer overlagret en reststrøm. Maksimal strømfart inntreffer når retningen på reststrømmen og tidevannsstrømmen faller sammen. Det følger av figur 3.2.6 at maksimal strømfart i perioden var ca 13cm/s.

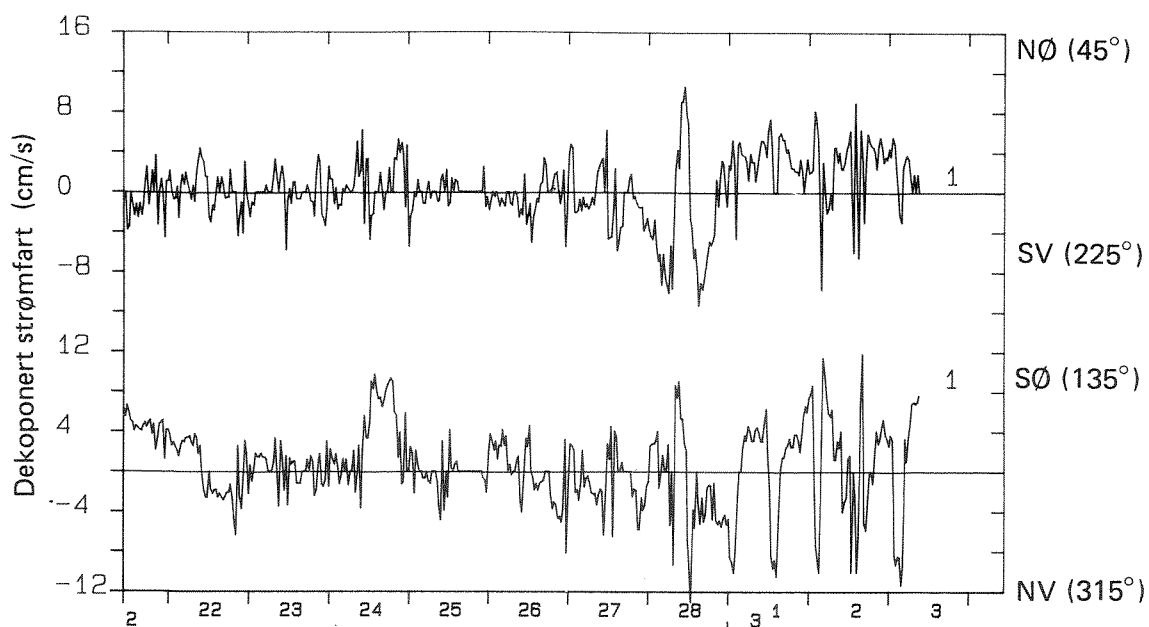
På figur 3.2.6 er det også tegnet inn resultatet av en 25 timers glidende midling av strømfarten. Ved å foreta en slik midling fjernes den ossilerende tidevannsstrømmen tilnærmet. Strømfarten framkommet etter en slik 25 timers midling, kalles ofte reststrøm og er tilnærmet lik

totalstrøm minus tidevannsstrøm. Det følger av figur 3.2.6 at maksimalt beregnet reststrøm i perioden var ca 8cm/s.



Figur 3.2.6 Totalt målt strømfart på St 33 for perioden 1986-02-21--03-03. Døgnmidlet vindfart målt på Flesland flyplass samt beregnet tidevannshøyde for Bergen havn er også vist på figuren.

Figur 3.2.7 viser strømhastigheten dekomponert langs sørøst-nordøst retning dvs. ( $135^{\circ}$ - $315^{\circ}$ ) og langs nordøst-sydvest retning, ( $45^{\circ}$ - $225^{\circ}$ ). Det følger av figur 3.2.6 at retningen på strømmen under de lokale maksima siste del av perioden, vist på figur 3.2.5, var mot nord, mens retningen på strømmen under det lokale maksima 24 februar var mot syd. Retningen på strømmen skiftet ofte med samme periode som tidevannet. Dette viser at tidevannesstrømmen målt på stasjon 33 i denne delen av måleperioden var sterkere enn reststrømmen. Lokale maksima i den totale strømfarten mot nord, viser at reststrømmen var rettet mot nord da disse inntraff. Tidevannsstrømmen var i perioden mot nord på stigende sjø og mot syd på fallende sjø.



Figur 3.2.7 Dekomponert strømfart i sørøst-nordvest ( $135$ - $315^{\circ}$ ) og nordøst-sydvest ( $45$ - $225^{\circ}$ ) retning, målt på St 33 i perioden 1986-02-21--03-03.

### 3.2.3 Utskiftningen av vannmassene i de to bassengene

Sundet mellom Sveholmen i øst og Spissøy i vest og nord er avstengt med jerngitter og not i henholdsvis nord og sør. Anlegget består av to bassenger avdelt med en notvegg like syd for foringsbrygga.

Resultatene av både strømkorsmålingene og målingene med de selvregistrerende strømmålerne viste at strømfarten i begge bassengene i måleperioden var lav, se tabell 3.2.1. Styrken på strømfarten varierte i store deler av måleperiodene i takt med tidevannsvariasjonene. Retningen på strømmen målt på stasjon 3 i 2.4m dyp var relativt konstant i perioden 1986-02-11--21 mens den på stasjon 33 i 3.3m dyp, målt 1986-02-21--03-03, ofte varierte i takt med tidevannet, mot nord på stigende sjø og sør-øst på fallende sjø. Fluktuasjonene i både strømfart og retning viser at innstrømmingen av vannmassene til de to bassengene varierte signifikant i perioden og også over døgnet.

Søndre basseng ble benyttet til smolt, mens det Nordre bassenget ble brukt til større laks. Vannmasser som kommer sørfra inn i anlegget vil måtte passere det Søndre bassenget før de når det Nordre bassenget, mens det motsatte vil være tilfelle når vannmassene beveger seg sydoover. Avhengig av strømretningen vil et av bassengene alltid få tilførsel av forurenset vann fra det andre bassenget. Dersom strømretningen skifter med samme fase som tidevannet betyr det at nytt vann bare blir tilført bassengene tidligst hver 6. time. Hvis strømretningen er stabil over lengre perioder, f.eks. flere døgn, noe som strømmålingene og uttalelser fra Bakkasund Lakseoppdretts egne folk bekrefter, så vil fisken måtte leve med tilførsel av forurenset vann over lengre perioder. Dersom f.eks. fisken i oppstrømsbassenget alene har forbrukt så mye oksygen at disse verdiene er kritisk lave, vil fisken i nedstrømsanlegget kunne få problemer.

Det følger av tabell 2.1 at totalt gjennomstrømningsareal mot nord ut av det Nordre bassenget var ca 43m<sup>2</sup>. Det tilsvarende arealet over terskeldyp var ca 30m<sup>2</sup>. Midlere volumfluks, Q, gjennom disse gjennomstrømningsarealene ved midlere gjennomstrømningshastigheter på 0,02m/s, 0,05m/s, 0,10m/s og 0,20m/s er angitt i tabell 3.2.3.

Q er gitt ved likning:

$$Q = A * v$$

hvor A = gjennomstrømningsareal (m<sup>2</sup>)

v = midlere gjennomstrømningshastighet (m/s)

Tabell 3.2.2. Beregnet midlere volumfluks ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) gjennom de to kanalene mot nord og nordøst i Nordre basseng.

Midlere gjennomstrømningsfart (m/s)	Midlere volumfluks gjennom kanalene mot nord	
	Totalt ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Over terskel nivå ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
0.02	0.9	0.7
0.05	2.15	1.8
0.10	4.3	3.6
0.20	8.6	7.2

I tabell 3.2.3 er det angitt midlere oppholdstid, T, for vannmassene i henholdsvis Nordre, Søndre og begge bassengene samlet. T er beregnet for ulike midlere utstrømningshastigheter for vannmassene i bassengene. T er definert ved følgende uttrykk:

$$T = V / Q$$

her av V: Volumet av vannmassene som skal skiftes ut ( $\text{m}^3$ )  
 Q: midlere volumfluks ut av bassengene  $\text{m}^3/\text{s}$

Det ble i måleperioden registrert svært lave hastigheter ved stasjon 1, 11, 2 og 22. Hastigheten var vesentlig lavere enn for stasjon 3 og 33. Når det gjelder forholdene i det Sydlige bassenget, kan de høye hastighetene på stasjon 33 antagelig forklare ved at denne stasjonen lå nærmest utkanten av sundet i sør. I det nordlige bassenget lå stasjon 3 nærmest utløpene i nord.

Tabell 3.2.3 Beregnede midlere oppholdstid T for vannmassene i sjøanlegget til Bakkasund Laksoppdrett. T er beregnet for følgende valg av midlere utstrømningshastighet i de to nordlige utløpene:  $v_1 = 2\text{cm/s}$ ,  $v_2 = 5\text{cm/s}$  og  $v_3 = 10\text{cm/s}$  og  $v_4 = 20\text{cm/s}$

Midlere oppholdstid:	Nordre basseng		Søndre basseng		Begge basseng	
	totalt (timer)	over sprang-sjikt (timer)	totalt (timer)	over sprang-sjikt (timer)	totalt (timer)	over sprang-sjikt (timer)
T1 (0.02m/s)	14.5	11.5	4.9	4.4	19.7	15.8
T2 (0.05m/s)	5.8	4.6	2.1	1.7	7.8	6.3
T3 (0.10m/s)	2.9	2.3	1.0	0.9	4.	3.2
T4 (0.20m/s)	1.5	1.2	0.5	0.4	2.	1.6

Av kontinuitetslikningen følger det at volumfluksen inn i et basseng må være like stor som volumfluksen ut, dersom vannvolumet i bassenget ikke skal øke. Av likning 3.1 følger da at forholdet mellom hastigheten ut/inn av de nordlige kanalene i det nordre bassenget og ut/inn av den sydlige avstengning av det nordre bassenget er lik forholdet mellom størrelsen på gjennomstrømningsarealene. Av tabell 2.2 følger at dette forholdet blir ca 0.14 for det totale gjennomstrømningsarealet og ca 0.16 for arealet over terskelnivå. Det betyr at midlere gjennomstrømningsfart gjennom de nordlige kanalene, av kontinuitetsbetraktninger, vil være 6-7 ganger større enn gjennom den sydlige avstengningen av bassenget.

Fordi terskeldypet i de nordlige kanalene er bare 2.5m, vil de hyppigste utskiftningene/gjennomstrømmingene forekomme over dette dypet. Vannmassene under terskeldyp kan fritt strømme ut gjennom den sydlige avsperringen. Dypvannutskiftningene i anlegget vil derfor i hovedsak foregå gjennom denne avsperringen. For å kunne strømme gjennom de nordlige kanalene må vannmassene under 2.5m dyp presses opp over terskeldyp. Dette vil mest sannsynlig bare skje under forhold med relativt sterke strømmer i bassengene.



Det følger av tabell 3.2.3 at oppholdstiden for vannmassene i både det Nordre og i begge bassengene for gjennomstrømningsfart på 0.02m/s, var tilnærmet like lang og lenger enn en tidevannsperiode dvs, lenger enn 12.4 timer.

### 3.2.4 Drift av strømsettere

Strømmålingene fra både Nordre og Søndre basseng viste at farten kunne være svært lav og nesten ikke målbar i perioder på flere døgn. Under slike forhold vil også vannutskiftningen være tilnærmet lik 0 og kritiske situasjoner kan oppstå. Da er det viktig at strømsetterne anvendes.

I anlegget til Bakkasund Lakseoppdrett disponeres to strømsettere. Den ene er fast montert ved utløpet av det nordøstre sundet. Den andre er opphengt i en flåte. I følge opplysninger fra Bakkasund Lakseoppdrett er kapasiteten på den fastmonterte og den flyttbare henholdsvis ca  $1\text{m}^3/\text{s}$  og  $3.4\text{m}^3/\text{s}$ . Strømsetterne kan kjøres begge veier dvs. sende vannmassene ut eller inn av sundene.

Den flyttbare strømsetteren har stort sett vært plassert i det Nordre bassenget. Dersom begge strømsetterne kjøres samtidig og er gunstig plassert i forhold til hverandre vil de i beste fall kunne sende en volumfluks på ca  $3-4\text{m}^3/\text{s}$  ut/inn av det nordre bassenget. Av tabell 3.2.3 følger det at dersom ingen bakgrunnstrøm/naturlig strøm, er tilstede vil denne volumfluksen tilsvare en midlere gjennomstrømningsfart gjennom de nordlige kanalene på 5-10cm/s. Beregnet midlere oppholdstid for vannmassene i det Nordre bassenget vil da i følge tabell 3.2.4 være 3-6 timer. Tilsvarende midlere oppholdstid for begge bassengene vil være 4-8 timer.

Det bør merkes at disse verdiene på midlere utskiftningperioder gjelder som nevnt når den naturlige strømfarten er lik 0. Lengden på oppholdstid vil f.eks. øke dersom retningen på den naturlige strømmen er motsatt retningen og volumfluksen fra strømsetterne. En naturlig strøm på 2cm/s motsatt rettet strømsetterne vil f.eks. øke midlere oppholdstid i begge bassengene med ca 20-40% dvs. 1-2 timer i det Nordre bassenget og med 1-3 timer i begge bassengene. Dersom retningen på den naturlige strømmen og strømsetterstrømmen faller sammen vil midlere oppholdstid avta tilsvarende.

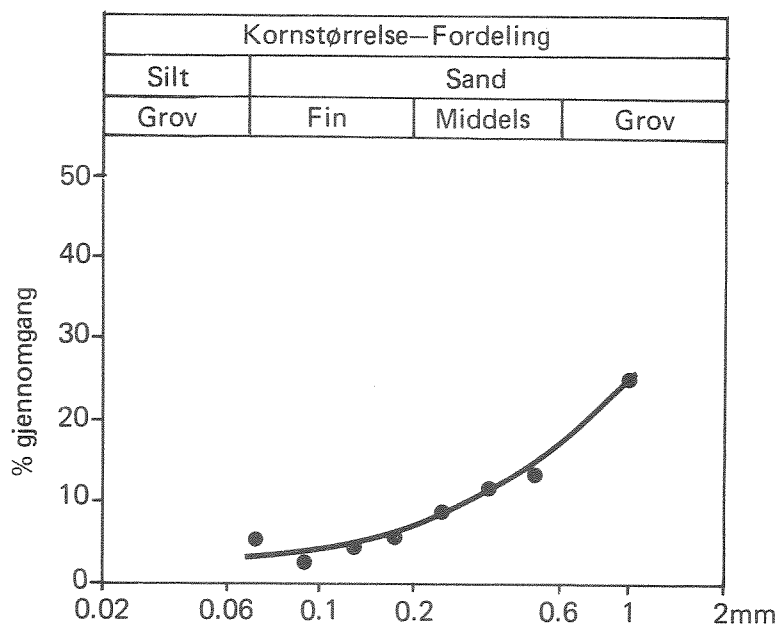
Tabell 3.2.1 viste at strømfarten i måleperiodene var relativt lave med måkshastigheter på stasjon 3 og 33 på henholdsvis 13 og 14cm/s. Dette viser at den naturlige strømfarten i perioden var omtrent av samme størrelse som den driften av begge strømsetterne kunne produsere.

Dersom ikke driften av strømsetterne skal forverre de naturlige utskiftningsforholdene i anlegget er det derfor svært viktig å kjenne retningen på den naturlige strømmen.

For strømhastigheter ned mot 2cm/s vil det kunne være vanskelig å anslå retningen på strømmen fra rent visuelle betraktninger av tang og tare. Det er mulig at en ved å binde et tynt lett synlig flytetau på ca 1-2m dyp på hver side av jerngitteret i det nordøstre sundet, enklest kan bestemme retningen på strømmen.

### 3.2.5 Vurdering av mulighet for resuspensjon av bunnsedimentene

Det ble tatt prøve av bunnsedimenter for å bestemme kornfordelingen i det øverste bunnsjiktet. Til å hente opp bunnprøvene ble det benyttet en liten Van Veen grabb, se kap 5 for nærmere beskrivelse. Resultatene av kornfordelingsanalysen er vist i figur 3.2.8.



Figur 3.2.8 Siktekurve for bunnsedimenter fra stasjon 2 i anlegget til Bakkasund Lakseoppdrett. Stasjonen er representativ for de mest strømutsatte områdene i bassengene.

Det følger av figur 3.2.8 at bunnen i hovedsak besto av fin, middels og grov sand. Ca 5 vektprosent av prøven hadde korndiameter mindre enn 0.06mm mens ca 22 vektprosent hadde korndiameter større enn 1mm. Det var relativt mye skjellfragmenter i bunnprøven.

For å bringe bunnsedimenter i suspensjon dvs. opp i vannmassen, er det nødvendig med en viss strømhastighet like over bunnen. Fra klassisk teori og eksperimentelle undersøkelser av Hjulstrøm (1935) og Shield (1936), følger det at den kritiske strømfarten ved bunnen som er nødvendig for å bringe kvarts sedimenter,  $\rho = 2,65 \text{ kg/l}$ , med diameter på henholdsvis  $0,06 \text{ mm} - 1,0 \text{ mm}$  i suspensjon er ca  $14 - 38 \text{ cm/s}$ . Det er antatt flat bunn.

I tillegg til sand inneholdt bunnsedimentene i anlegget i Bakkasund biologisk materiale slik at sedimentene var noe geleaktige. Dette sammen med at store deler av bunnen var dekket av soppveksten *Beggiatoa* medfører at det synes rimelig å anta at det virker sterke kohesive krefter mellom sedimentene og at Hjulstrøm og Shield hastigheter derfor må ansees som for lave.

I måleperioden var størst observerbare hastigheter  $13 \text{ cm/s}$  i  $0,9 \text{ m}$  over bunnen i det Nordre bassenget og  $14 \text{ cm/s}$  i  $1,1 \text{ m}$  over bunnen i det Søndre bassenget. I henhold til en vanlig logartimisk lov for avtagning av strømfart mot bunnen, blir de beregnede hastighetene like over bunnen lavere enn de som ble observert, ca  $1 \text{ m}$  over bunnen.

Da den store fiskedøden inntraff natten til 1985-11-09 var vindforholdene svært rolige. Maksimal observert middelvind var 8 og 9 november henholdsvis  $2$  og  $5 \text{ m/s}$ . Observert lufttrykk viste at et lavtrykk passerte 9 november uten at dette resulterte i noen store vindhastigheter, se vedlegg A. Vannstandsobservasjonene fra Bergen havn viste at middelvannstand 8 og 9 november var noe høyere enn angitt i Tidevannstabeller for den Norske kyst og Svalbard, se Vedlegg B. Dette kan ha vært forårsaket av lavtrykkspassasjen.

Målingene i februar og mars 1986 viste at strømhastighetene i begge bassengene var sterkt korrelert til vindhastigheten og lite til variasjoner i tidevannshøyden. Den vindinduserte strømfarten i bassengene var derfor sannsynligvis relativt lav da uhellet inntraff. Sjøtemperaturmålingene utført daglig av Bakkasund Lakseoppdrett antyder ingen endringer som kunne påvise frontpassasjer med derved påfølgende høye hastigheter, 8 og 9 november 1985. Det synes derfor på grunnlag av strømmålingene og bunnsedimentanalysene lite sannsynlig at naturlige strømmer kunne ha forårsaket noen kraftig resuspensjon av bunnsedimentene i sjøanlegget til Bakkasund Lakseoppdrett.

### 3.2.6. Enkel modellsimulering av oppdrettsanleggets miljøbelastning

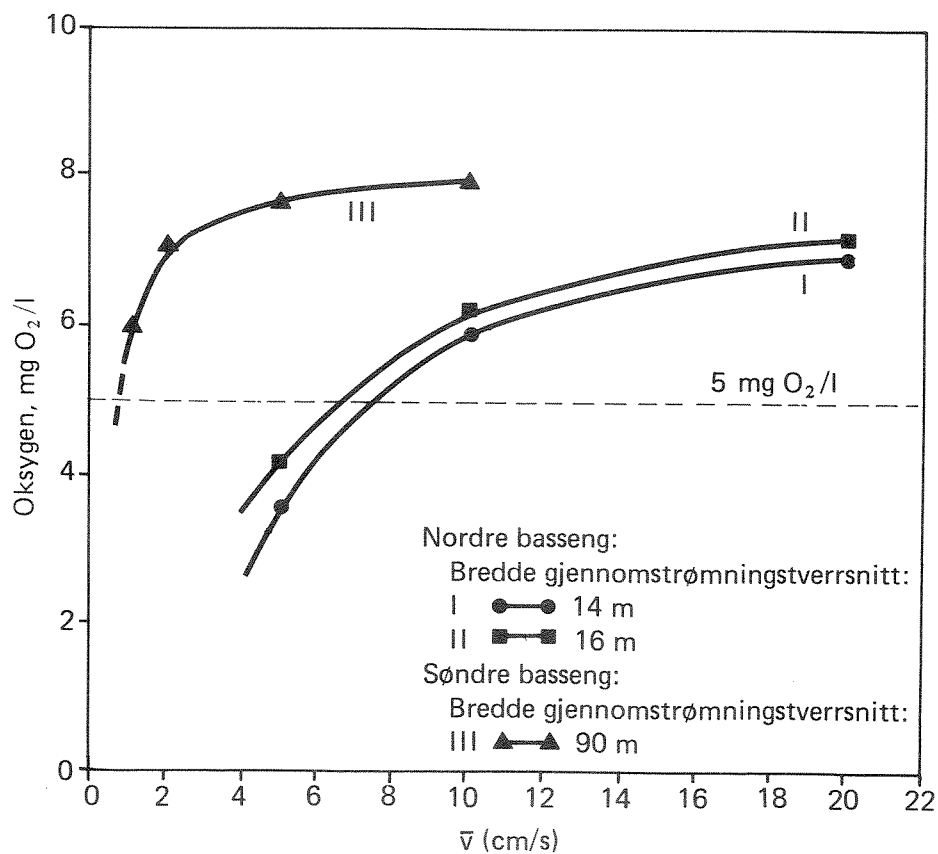
For å få et inntrykk av hvor velegnet lokaliteten i Bakkasund, miljømessig er til bruk som oppdrettsanlegg, er det anvendt en regnemaskinmodell, Stigebrandt (1986). Modellen beregner blant annet fiskens oksygenforbruk og også oksygenkonsentrasjonene i anlegget. Beregningene av oksygenkonsentrasjonene er i modellen avhengig av en rekke parametre som fiskens vekt, protein- og fettinnhold, konsentrasjonen av fisk i anlegget, temperatur og saltholdighet i vannmassen, gjennomstrømningsvolumet av vann gjennom anlegget, middelvind i området, terskeldyp utenfor anlegget, overflatearealet av anlegget, dyp i mærene, totaldyp på oppdrettsstedet og forsammensetningen.

Det er i modellberegningene av fiskens oksygenforbruk antatt at fisken ikke er stresset. Som kjent vil stresset fisk kunne ha et oksygenforbruk som er mer enn 100-200% over forbruket ved normalt stoffskifte, se f.eks. Pedersen (1982).

I de videre vurderingene er det ikke tatt hensyn til oksygenforbruket fra sedimenterte ekskrementer og foroverskudd. Beregninger som er gjort med tanke på dette oksygenforbruket i Bakkasund, viste imidlertid at forbruket selv ved 0% overføring i seg selv kan representere en betydelig oksygenbelastning for anlegget.

Anlegget til Bakkasund Laksoppdrett består som nevnt av to bassenger (se figur 2.2 og tabell 2.1). Avhengig av strømretningen vil et av bassengene få tilførsel av vann fra det andre bassenget. Disse vannmassene vil følgelig når de kommer inn i basseng nr. 2 ha en redusert oksygenkonsentrasjon tilgjengelig for fisken i dette bassenget.

Figur 3.2.9 viser hvordan konsentrasjonen av oksygen i mg/l varierer i basseng N og S for ulike midlere gjennomstrømningshastigheter i bassengene. Beregningene er gjort for strøm fra nord i det nordre basseng og fra syd i det søndre basseng. Det er antatt at vannmassene som strømmer inn i bassengene er mettet med oksygen før de kommer inn i bassengene. Beregningene av oksygenkonsentrasjonene er gjort for en temperatur på 15°C som antas å være en relativt normal månedsmiddeltemperatur om sommeren. Det er videre antatt at mengden av fisk i det nordre og søndre basseng er henholdsvis ca 150 tonn og 60 tonn. Disse bestandene synes å ha vært i bassengene like før den akutte fiskedøden inntraff i november 1985, i følge opplysninger fra Bakkasund Laksoppdrett.



Figur 3.2.9. Laveste gjennomsnittskonsentrasjon av oksygen,  $O_2$ , i nordre og søndre basseng som funksjon av midlere gjennomstrømningshastighet,  $\bar{v}$ , i anlegget til Bakkasand Lakseoppdrett. Temperaturen i vannmassene er antatt lik  $15^{\circ}C$  mens fisketettheten i nordre og søndre basseng er antatt henholdsvis lik  $3,4$  og  $2,5 \text{ kg/m}^3$ .

Det er vanlig å anta at oksygenkonsentrasjoner i oppdrettsanlegg ikke bør være lavere enn  $5 \text{ mg/l}$ . Verdiene angitt i figur 3.2.9 er dessuten middel- verdier for hele bassenget. Lavere verdier kan forekomme. På den annen side er ikke økning av oksygenkonsentrasjonene som følge av primærproduksjon om dagen i anlegget tatt med. I perioder med lite lys dvs., spesielt om natten, vil ikke denne primærproduksjonen gi noe signifikant oksygenbidrag.

Det følger av figur 3.2.9 at oksygenkonsentrasjonene i nordre basseng blir lavere enn  $5 \text{ mg/l}$  for midlere gjennomstrømningshastigheter gjennom den nordre kanalen på ca.  $7-7,5 \text{ cm/s}$  fra nord. Strømmålingene

som ble utført i det nordre bassenget viste at hastighetene i måleperioden på den nærmeste stasjonen dvs. stasjon 3, sjelden var så høye som 7-7,5 cm/s. Det må understrekes at målingene ble utført i og like under terskeldyp. Strømfarten har trolig vært noe høyere nærmere overflaten.

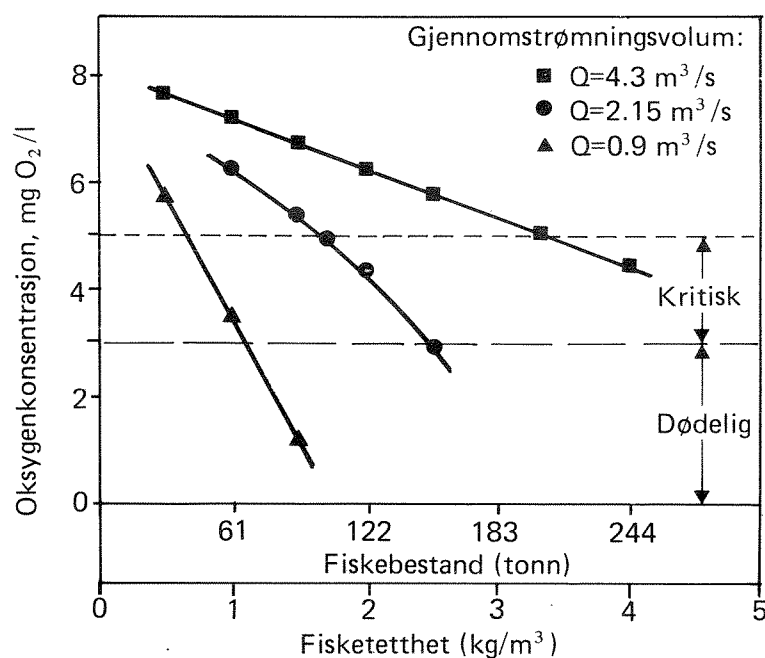
På figur 3.2.9 er også tatt med laveste gjennomsnittlige oksygenkonsentrasjoner som funksjon av midlere gjennomstrømningshastighet, dersom bredden på gjennomstrømningstverrsnittet i den nordlige kanalen ble økt fra 14m til 16m. Det følger av figuren at oksygenkonsentrasjonene bedrer seg noe og først blir lavere enn 5 mg/l for middelhastigheter på ca. 6,5 cm/s. Til sammenlikning kan nevnes at den volumstrømmen som Bakkasund Lakseoppdretts strømsettere maksimalt kan sette opp, vil tilsvare en middelstrøm gjennom et tverrsnitt med bredde 14m og middeldyp 3,5 m på ca. 6 cm/s. I følge figur 3.2.9 vil dette gi oksygenkonsentrasjoner lavere enn 5 mg/l i basseng N, henholdsvis ca. 4,3 mg/l. Strømsetterne slik de er i dag i Bakkasund vil derfor ikke alene kunne gi tilstrekkelig gode oksygenforhold inne i basseng N. Som nevnt i kap. 3.2.4 vil det være svært viktig at strømsetterne styres i samme retning som den naturlige middelstrømmen.

I perioder hvor det søndre bassenget ligger nedstrøms det nordre, vil en ytterligere reduksjon av oksygenkonsentrasjonene i vannmassene som strømmer inn i det søndre bassenget, som følge av en fiskens respirasjon, lett kunne bli kritisk for fisken i dette bassenget.

Figur 3.2.9 viser også beregnede oksygenkonsentrasjoner i basseng S for ulike midlere gjennomstrømningshastigheter fra syd. Bredden på gjennomstrømningstverrsnittet i basseng S er 90m mens det i den nordre kanalen i basseng N er 14m. Middeldypet i de samme to gjennomstrømningstverrsnittene er begge antatt å være ca. 3,5m. Volumstrømmen gjennom bassengene er proporsjonal med tverrsnittarealene. En og samme gjennomstrømningshastighet i begge bassengene vil derfor gi forskjellig volumstrøm gjennom de to bassengene. Kurvene for basseng S og N på figur 3.2.9 er derfor ikke direkte sammenliknbare. Det følger av figuren at oksygenkonsentrasjonene i basseng S blir lavere enn 5 mg/l for midlere gjennomstrømningshastigheter på ca. 0,5 cm/s. Strøm-målingene som ble utført i basseng S synes å vise at midlere gjennomstrømningshastigheter i måleperioden lå mellom 0-2 cm/s. Det betyr at oksygenkonsentrasjonene i vannmassene som kommer inn i basseng N fra basseng S allerede i utgangspunktet kan være betydelig redusert.

Figur 3.10 viser laveste gjennomsnittlige oksygenkonsentrasjoner beregnet for begge bassengene samlet, som funksjon av fisketettheten eller den totale bestanden i bassengene. Oksygenkonsentrasjonene er

beregnet for tre ulike volumgjennomstrømninger i anlegget, henholdsvis 0.9, 2.15 og 4.3 m<sup>3</sup>/s. Det følger av figur 3.10 at oksygenkonsentrasjonene blir kritisk lave for de tre gjennomstrømningsvolumene, for bestander høyere enn henholdsvis ca 40, 105 og 210 tonn fisk. Beregningene forutsetter at fisken ikke er stresset. Stresset fisk vil som kjent ha et oksygenforbruk som kan ligge over 100% høyere enn normalt forbruk. Det følger videre av figur 3.10 at de to laveste volumgjennomstrømningene kan medføre dødelige forhold for bestander over henholdsvis ca 80 og 170 tonn. Da den akutte fiskedøden inntraff i november 1985, var bestanden i sjøanlegget til Bakkasund Lakseoppdrett A/S ca 200 tonn.



Figur 3.2.10 Beregnede midlere, minimale oksygenkonsentrasjoner i begge bassengene, som funksjon av fisketettheten eller totalbestanden i anlegget.

#### 4. UNDERSØKELSER AV SEDIMENTER I BAKKASUND.

##### 4.1. Feltarbeid og metoder.

Bunnsedimenter ble innsamlet 10.2.1986 med en liten Van Veen grab (øvre ca. 3-5cm av sedimentet). Det ble tatt ut prøver til metanalyser på serum glassflasker, til andre sedimentparametre i plastskåler.

Metan-innhold i sedimentet ble analysert ved head-space teknikk og gasskromatografi, syreløslig sulfid spekrofotometrisk etter modifisert Norsk Standard og glødetap etter forbrenning ved 550 grader. Karbon til nitrogen forholdstall ble bestemt med CHN-elementanalysator. Sedimentet ble presset for porevann ved hjelp av en nitrogendrevet presser. Porevannet ble analysert på innhold av sulfid og ammonium etter Norsk Standard.

##### 4.2. Resultater og diskusjon.

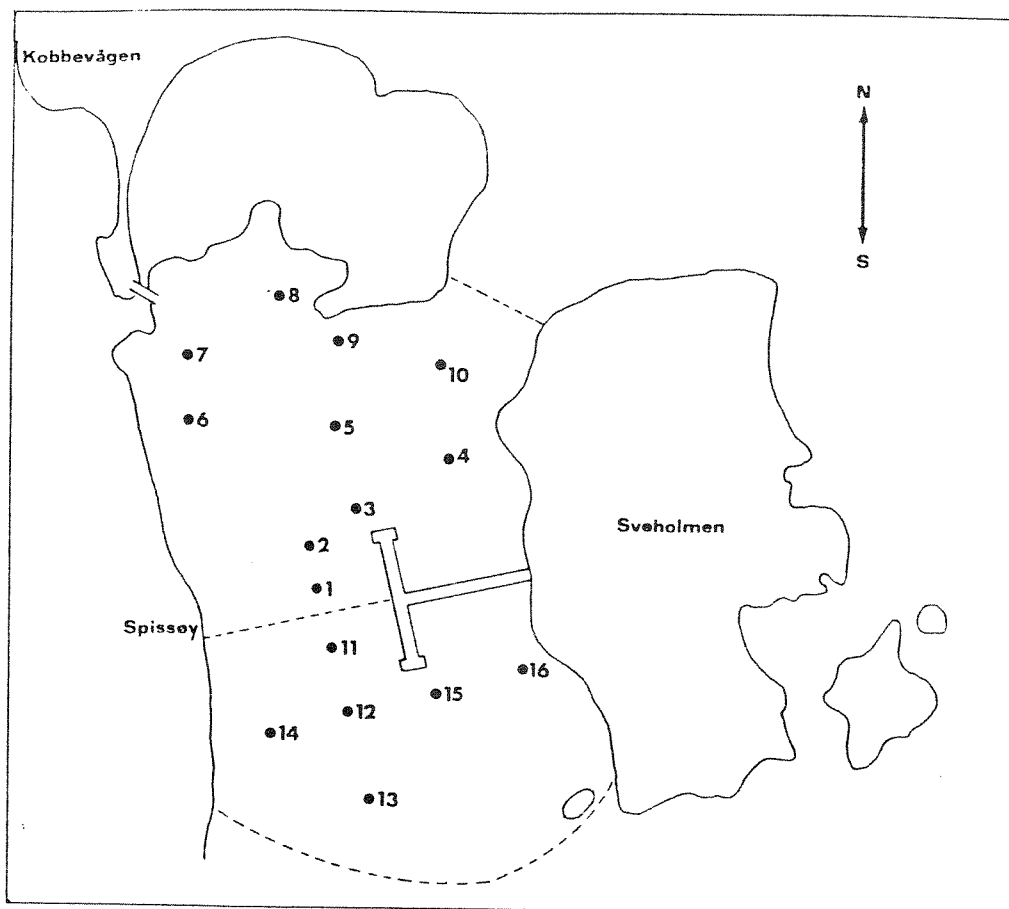
I motsetning til målinger av strøm- og utskiftningsforhold som beskriver forholdene over korte tidsintervall, gir bunnsedimentene et integrert bilde av forholdene. Sedimentene kan derfor gi informasjon om miljøforholdene i løpet av de siste måneder og år.

##### 4.2.1. Sedimentbeskrivelse.

Det ble samlet inn prøver for visuell beskrivelse av sedimentene fra 10 stasjoner i nordre basseng og 6 stasjoner i søndre basseng, fig.4.1. og tabell 4.1.

Selv om sedimentene i store deler av nordre basseng besto av skjellsand og var så grovkornet at man ikke kunne anvende kjerneprøvetaker, var sedimentene tildels sterkt influert av forspill og ekskrementer. Spesielt var dette tilfelle for stasjon 2 nær foringsbrygga. Den nordre og nordvestre delen av nordre basseng var et typisk sedimentasjonsområde med mye mudder.





Figur 4.2.1 Stasjoner for innsamling av sedimentprøver i sjøanlegget til Bakkasund Lakseoppdrett A/S.

Store deler av bunnen var dekket av et hvitt, trådformet belegg som sannsynligvis er *Beggiatoa* (svovelbakterier). Disse trives i overgangen mellom oksygenerte og anoksiske miljøer, og tyder på at det var anoksiske forhold like under sedimentoverflaten i store deler av nordre basseng.

Sedimentene i søndre basseng hadde et helt annet utseende. Det var generelt fin rein skjellsand, dog med noe opphoping av forrester på stasjon 15 ved forbrygga. I enkelte fordypninger i bunnen kunne det også i søndre basseng observeres svovelbakterier.

Tabell 4.1. Visuell beskrivelse av sedimentene.

Stasjon	Beskrivelse
S1	Skjellsand
S2	Mye forrester og ekskrementer, lukt av kloakk.
S3	Fin skjellsand
S4	Skjellsand, svak lukt av hydrogensulfid.
S5	Skjelland
S6	Mudder, lukt av hydrogensulfid.
S7	Skjellsand.
S8	Mudder, lukt av hydrogensulfid.
S9	Mudder blandet med skjellsand. Lukt av hydrogensulfid.
S10	Mudder, svak lukt av hydrogensulfid.
S11 - S14	Alle med fin skjellsand.
S15	Skjellsand, men svak lukt av forrester og ekskrementer.

#### 4.2.2. Organisk innhold og vanninnhold i sedimentene.

Sedimentene i fiskeoppdrettsanlegg får tilført store mengder organisk materiale i form av forspill og ekskrementer fra fisken. Periodevis kan også større planktonoppblomstringer føre til økt tilførsel av organisk materiale til sedimentene.

Tabell 4.2 viser organisk innhold målt som glødetap i sedimentene i Bakkasund sammen med vanninnhold og karbon til nitrogen forholdstall (C/N).

Tabell 4.2. Organisk innhold (glødetap i prosent av totalt tørrstoff) vanninnhold (i %) og karbon til nitrogen forholdstall (C/N) i sedimentene i Bakkasund.

Stasjon	Organisk innhold	Vanninnhold	C/N
S2	10,3	64	5,5
S3	4,0	57	---
S5	4,4	46	6,4
S6	28,7	82	6,9
S8	35,0	84	7,4
S10	4,7	48	---
S12	8,3	59	---
S13	8,1	58	---

Tabellen viser at stasjonene i nordvestre del av nordre basseng hadde meget høyt organisk innhold. Dette stemmer også med den visuelle beskrivelsen som anga dette område som et sedimentasjonssområde.

Forholdstallet mellom karbon og nitrogen (C/N) viste laveste verdi nær forbrygga (S2) og høyeste verdi på S8. Dette forholdstallet gir informasjon om typen av det organiske materialet. I vanlige marine sedimenter er tallet 8-12 (Trask 1939). Målinger i sedimentene i oppdrettsanlegget ved Austevoll viste C/N-verdier mellom 6-9 med ekstremverdier ned til 5,3 (Olsgaard 1984). Verdiene som ble målt i Bakkasund er således i samsvar med dette. De relativt lave forholdstallene kan forklares ved et relativt høyt protein- og dermed nitrogeninnhold i foret. Spesielt gjelder dette på S2 nær foringsbrygga.

Verdiene for vanninnhold viser generelt at sedimentet er relativt grovkornet (i stor grad skjellsand) bortsett fra i området hvor det skjer en opphoping av sedimenterende materiale (nordre del, S6,S8).

#### 4.2.3. Syreløslig sulfid i sedimentet og løst hydrogensulfid i porevannet.

Mengden av syreløslig sulfid i et sediment er et mål for hvor mye hydrogensulfid og sulfid utfelt som jern-monosulfid som er tilstede. Det er således et indirekte mål for hvor reduserende et sediment er. Tabell 4.3 viser innholdet av løst hydrogensulfid i porevannet og syreløslig sulfid i sedimentet nær foringsbrygga (S2) og i nordvestre del av bassenget (S6).

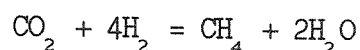
Tabell 4.3. Syreløslig sulfid (i % av tørt materiale) i sedimentet og konsentrasjon av løst hydrogensulfid i porevannet (i millimolar) i Bakkasund.

Stasjon	syreløslig sulfid	løst sulfid
S2	0.0004	5
S6	0.15	7

Det er svært høye konsentrasjoner av løst sulfid i sedimentene, noe som viser at oksygenforbruket i overflatesedimentene er langt større enn oksygentilførslen. Syreløslig sulfid var relativt høyt på stasjon S6, lavt nær forbrygga (S2). Relativt lave syreløslig sulfidverdier sett i sammenheng med de meget høye konsentrasjonene av hydrogensulfid i porevannet kan skyldes lite tilgjengelig jern i sedimentene (mye skjellsand og sand).

#### 4.2.4. Metan i sedimentet.

Etter at fritt oksygen og oksygenet i nitrat, nitritt og sulfat er oppbrukt, skjer videre oksydasjon av organisk materiale på bekostning av karbondioksyd (CO<sub>2</sub>) som reduseres til metan (CH<sub>4</sub>):



Metan kan også dannes ved gjæringsprosesser i sedimentene ved at organisk materiale, spesielt karbohydrater, spaltes. Begge prosesser er styrt av bakterier.

Reduksjon av CO<sub>2</sub> skjer vanligvis kun ved svært reduserende forhold slik at vi må anta at gjæring og nedbrytning av organisk

materiale er en viktig forutsetning for dannelse av metan. Metangass er, i motsetning til hydrogensulfidgass, lite vannløselig og vil derfor opptre som gassbobler i sedimentene. Disse boblene kan periodevis frigjøres (f.eks. ved mekaniske forstyrrelser av sedimentet) og stige gjennom vannmassen til overflaten. Slik bobledannelse kan observeres i områder hvor bunnsedimentene inneholder store mengder organisk materiale.

Målinger av metan i overflatesedimentene i Bakkasund er vist i tabell 4.4.

Tabell 4.4. Konsentrasjon av metan ( $\mu\text{g}$  metan/g vått sediment) i sedimentet i Bakkasund.

Stasjon	Metan
S2	40,4
S6	25,8

Verdiene er i samme størrelse som det NIVA målte i et annet oppdrettsanlegg på Vestlandet, som hadde miljøproblemer. Stasjonen nær foringsbrygga hadde høyere konsentrasjon enn den i nordre delen av bassenget. Dette viser sterk påvirkning fra nedbrytning av forrester og ekskrementer nær foringsplassen.

#### 4.2.5. Ammonium i porevannet.

Nitrogen kan i sjøvann opptre som nitrat, nitritt, ammonium, organisk bundet nitrogen og i noen tilfeller som nitrogengass. Hvilke forbindelser som dominerer avhenger av flere forhold, bl.a. tilgjengeligheten av oksygen. Når oksygen blir mangelvare reduseres nitrat til nitritt og videre til ammonium. Ved nedbrytning av organisk materiale dannes organisk bundet nitrogen og ammonium. Ammonium står i likevekt med ammoniakk som er giftig for fisken.

Ammoniumverdier i porevannet i sedimentet i Bakkasund er vist i tabell 4.5.

Tabell 4.5. Ammoniumkonsentrasjoner (mg/l) i sedimentporevannet i Bakkasund.

Stasjon	Ammonium
S2	11,5
S6	10,6

Verdiene er meget høye, og bekrefter dårlige miljøforhold i sedimentene.

#### 4.3. Konklusjoner.

Undersøkelsen har vist at store deler av bunnsedimentene i nordre basseng var sterkt påvirket av forrester og ekskrementer. Svovelbakterier (sannsynligvis *Beggiatoa*) ble observert i hele bassenget. Det var høye verdier av giftige forbindelser som løst sulfid og ammonium og metan i sedimentene. En oppvirvling av disse sedimentene kan føre til dårlig vannmiljø for fisken.

Selv om sedimentene er sterkt influerte, var det ikke massive opphopinger av organisk materiale annet enn i nordre og nordvestre delen av nordre basseng. Dette området ligger sannsynligvis i en bakevje og organisk materiale sedimenterer.

Bunnforholdene var helt annerledes og bedre i søndre basseng. Imidlertid ble det også her observert svovelbakterier i fordypninger i bunnen, som tyder på et forhøyet oksygenbehov.

## 5 TILTAK SOM KAN ØKE PRODUKSJONSKAPASITETEN ELLER SIKRE ANLEGGET MOT FAREN FOR FRAMTIDIG FISKEDØD.

Opprensning av bunnen for forrester og ekskrementer, spesielt i det nordre bassenget, vil redusere oksygenforbruket fra bunnsedimentene. Dette vil kunne øke produksjonskapasiteten i anlegget noe. Det vil dessuten hindre at giftige forbindelser i sedimentene blir virvlet opp i vannsøylen og der utgjør fare for akutt fiskedød.

Vanngjennomstrømningen i anlegget kan økes ved kontinuerlig drift av strømsetterne. Den kan også økes ved å øke gjennomstrømnings-tverrsnittene i de nordlige kanalene. Dersom bredden på den største nordlige kanalen økes fra 14-16m, vil f.eks. midlere naturlige gjennomstrømningsvolum øke med ca 12-14%. I denne kanalen er det en terskel på ca 2.5m. Dersom denne terskelen kan sprenges bort slik at dypet på den frie passasjen av vannmasser gjennom dette utløpet blir økt med ca 1m, ville dette kunne øke den naturlige gjennomstrømningen med opp mot 25-30%. Dette ville igjen kunne medføre en tilsvarende prosentvis produksjonsøkning.

Det er i denne rapporten ikke vurdert mulige økninger i produksjonen som følge av optimalisert foring. Ved fare for akutt fiskedød som følge av oksygenmangel, kan en ved å redusere foringen minske fiskens oksygenbehov, og dermed redusere faren for at fisken dør.

Sjøanlegget til Bakkasund Laksoppdrett A/S består av to sammenhengende bassenger. Avhengig av strømretningen vil fisken i nedstrømsbassenget bli tilført vannmasser med allerede reduserte oksygenkonsentrasjoner, i forhold til rent friskt vann. Det synes derfor ønskelig ut fra rent vannkvalitetsmessige årsaker å skille de to bassengene, slik at tilstrømningen av rent vann til bassengene blir best mulig.

## 5 REFERANSER.

- Aabel, J.P., 1986. Vurdering av forholdene i bunnsedimentet ved Bakkasund Lakseoppdrett A/S. Notat. 5 s. Bergen.
- Hjulstrøm, F., 1935. Studies of the Morphological Activity of Rivers as Illustrated by the River Fyris. Bulletin, Geological Institute of Upsala, Vol XXV, Upsala, Sweden, 1935.
- Olsgard, F., 1984. Forurensningseffekten på makrobenthosfaunaen rundt et marint fiskeoppdrettsanlegg. Hovedoppgave i marin zoologi, Univ. i Oslo.
- Pedersen, A., 1982. Miljøpåvirkning fra fiskeoppdrett. NIVA rapport: FP 80802, F. 430, 153pp, Oslo.
- Shields, A., 1936. Anwendung der Aenlichkeitsmechanik und der Turbulensforschung auf die Schiffbau. Berlin, Germany.
- Stigebrandt, A., 1986. Modellberakningar av en fiskeodlings miljøbelastning. NIVA rapport: O-86004, L-1823, 28pp, Oslo.
- Trask, P.D. 1939. Organic content of recent marine sediments. In: Trask, P.D. (ed.): Recent marine sediments. Am. Assoc. Petrol. geol. , 248-453, Tulsa, Oklahoma.



VEDLEGG A: VINDDATA FRA FLESLAND FLYPLASS

Det er innhentet vinddata fra Flesland flyplass både for perioden 1985-11-01--11-31 og 1986-02-01--02-31. Fiskedøden i anlegget til Bakkasund Lakseoppdrett inntraff 9. november 1985 mens strømmålingene i anlegget ble utført i perioden 1986-02-11--03-03. Flesland flyplass er nærmeste representative meteorologiske stasjon for Bakkasund. I tabell A1 er angitt bare vindobservasjoner og vindstatistikk for november 1985. I tabell A2 er lufttrykksobservasjoner fire ganger pr. døgn presentert for november 1985. I tabell A3 er alle meteorologiske observasjoner fra Flesland flyplass angitt for februar og mars 1986.

Det norske meteorologiske institutts egne forklaringer til tabellene er angitt i MI blankett nr. 834. MI-skjema 326 viser sammenhengen mellom de ulike vindskalaene.

5050 FLESLAND

Kommune: BERGEN

48 moh

VINDRETNING (DD i dekagrader) og VINDHASTIGHET (FF,FM,FX,KAST i m/s)

DT	DD01FF	DD07FF	DD13FF	DD19FF	FM	FX	KAST	DT
1	11 2	15 4	1 4	3 2	3	8	12	1
2	31 6	15 1	36 2	35 2	2	7	12	2
3	24 1	11 2	13 1	12 2	1	5	10	3
4	12 3	14 6	17 10	17 12	9	14	21	4
5	18 10	17 9	13 7	9 2	6	13	17	5
6	35 4	34 13	34 7	31 5	8	14	25	6
7	6 2	4 1	36 1	0 0	1	7	9	7
8	11 2	22 2	13 4	12 2	2	5	8	8
9	10 4	12 4	14 7	34 4	5	8	13	9
10	34 9	34 10	35 5	31 8	8	13	23	10
11	35 6	35 9	34 8	33 4	7	12	21	11
12	34 5	35 3	36 2	7 2	2	5	9	12
13	0 0	12 2	0 0	10 2	1	3	3	13
14	12 3	12 2	13 4	12 3	3	5	7	14
15	12 3	11 2	29 1	12 3	2	4	5	15
16	9 3	13 4	11 5	12 5	4	6	10	16
17	11 3	9 4	12 3	14 3	3	5	8	17
18	15 8	15 7	14 7	17 8	7	11	14	18
19	13 3	11 3	11 1	17 1	2	9	12	19
20	4 1	6 1	19 1	8 2	1	2	2	20
21	6 2	10 2	23 1	5 1	1	3	3	21
22	2 1	0 0	5 2	16 1	1	3	4	22
23	5 2	4 2	5 1	4 2	1	3	3	23
24	5 1	3 3	1 2	2 2	2	4	6	24
25	36 5	36 1	34 2	35 2	2	5	8	25
26	35 1	6 2	13 4	15 5	3	5	8	26
27	10 2	11 2	8 1	7 2	1	7	10	27
28	4 3	7 1	7 1	7 1	1	3	3	28
29	7 2	0 0	13 2	13 2	1	4	4	29
30	12 2	15 5	15 6	15 5	5	8	9	30
M	3	4	3	3	3			

Høyeste KAST 25 m/s den 6. Tilsvarende FM 8 m/s og FX 14 m/s.  
 Høyeste FM 9 m/s den 4. Tilsvarende KAST 21 m/s og FX 14 m/s.

FF: observert middelvind over 10 min kl 01,07,13,19. FM: døgnmiddel av FF.  
 FX: maksimal observert middelvind i døgnet (19-19).  
 KAST: maksimalt vindkast i døgnet (19-19). Noen stasjoner observerer vindhastighet skjønsmessig i Beaufort. For disse er oppgitt vindhastigheter i m/s som tilsvarer midten i de respektive Beaufortgrupper 0 - 12.  
 Vindretning DD: 36:N 9:Ø 18:S 27:V 0:STILLE

Tid er gitt i norsk normaltid - GMT + 1 time

Tabell A2.

LUFTRYKK I HAVETS NIVA (DECIMR)

5050 FLESLAND

NOVEMBER 1985

DATE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
OBS P 0 GMT	10085	9884	9906	9994	9838	9559	9780	10011	9928	9732	9871	10022	10144	10257	10308
OBS P 6 GMT	10012	9851	9922	9954	9783	9621	9792	10029	9753	9820	9930	10043	10171	10262	10320
OBS P 12 GMT	9923	9863	9957	9921	9704	9709	9863	10031	9663	9854	9951	10070	10207	10279	10337
OBS P 18 GMT	9900	9883	9986	9887	9587	9776	9956	10005	9641	9852	9986	10104	10228	10283	10343
DATE	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
OBS P 0 GMT	10338	10310	10424	10480	10389	10350	10323	10319	10285	10237	10103	10038	10038	10076	10135
OBS P 6 GMT	10320	10332	10455	10464	10372	10340	10318	10305	10263	10206	10073	10041	10031	10095	10143
OBS P 12 GMT	10301	10367	10476	10439	10365	10339	10313	10306	10257	10170	10051	10051	10036	10112	10164
OBS P 18 GMT	10299	10392	10487	10412	10351	10332	10314	10295	10246	10128	10035	10041	10052	10121	10182





Forklaring til "Observasjonsutskrift"

- KL : Observasjonstiden i M.E.T.
- PPPPPP : Lufttrykk i hele og tiendedels mb på stasjonen.
- POPOPO : Lufttrykk i hele og tiendedels mb i havets nivå.
- A : Barometertendensens karakteristikk i synopkoden 0-8.
- PPPP : Barometertendensens størrelse for siste 3 timer i hele og tiendedels mb.
- TTTTT : Lufttemperaturen i hele og tiendedels °C.
- TN/TG : Minimumstemperatur i hele og tiendedels °C observert henholdsvis kl. 07(08) og 19 og gjelder for de foregående 12(11 eller 13) timer.  
 Merk: Hvis det forekommer et tall i denne rubrikker kl. 13, er det "Minimumstemperaturen i graset" mellom kl. 19 foregående dag og kl. 07(08) angjeldende dag.
- TX/TS : Maksimumstemperatur i hele og tiendedels °C observert henholdsvis kl. 07(08) og 19 og gjelder for de foregående 12(11 eller 13) timer.  
 Merk: Hvis det forekommer et tall i denne rubrikken kl. 13, er det sjøtemperaturen kl. 13.
- UUU : Relativ fuktighet i hele prosent.
- S : Sjøgangen etter skalaen 0-9.
- DD : Vindretningen på nærmeste 10°.
- FF : Vindhastigheten i knop.
- F : Vindstyrken i Beaufort's skala 0-12.
- RRRRR : Nedbørhøyden i hele og tiendedels mm målt henholdsvis kl. 07(08) og 19 og gjelder for de foregående 12 (11 eller 13) timer.  
 Noen stasjoner observerer nedbørhøyden bare kl. 07(08), og RRRRR gjelder da for de foregående 24 timer.  
 Noen stasjoner måler nedbørhøyde kl. 01 og 13. Denne høyde er alltid inkludert i nedbørhøyden ved neste hovedobservasjon.
- E : Kl. 07(08) snødekket i skalaen 0-4. Kl. 13 markas tilstand i skalaen 0-9.
- SSS : Snødybden i hele cm observert kl. 07(08).
- N : Det totale skydekket angitt i åttendedeler av himmelen etter synopkoden 0-9.  
 9 betyr at mengden av skyer ikke kan bedømmes p.g.a. tåke, snøfokk o.l.
- VV : Horisontal synsvidde i synopkoden 00-89 eller koden 90-99.
- V1, V2 og V3 : Været ved observasjonstiden, uttrykt ved følgende bokstavkode:
- |              |               |              |
|--------------|---------------|--------------|
| RL: ren luft | RB: regnbyge  | SF: snøfokk  |
| Ø : ølrøyk   | SB: snøbyge   | RI: rim      |
| TD: tåkedis  | LB: sluddbyge | TR: tåkerim  |
| T : tåke     | SH: sprøhagl  | IS: isslag   |
| IN: isnáler  | H : hagl      | SO: solskinn |
| YR: yr       | IH: ishagl    | HA: halo     |
| R : regn     | IK: iskorn    | KR: krans    |
| S : snø      | KM: kornme    | RE: regnbue  |
| KS: kornsnø  | TO: tordenvær | D : dugg     |
| SL: sludd    | NL: nordlys   |              |
- ww : Været ved observasjonstiden gitt i synopkoden 00-99.
- V4, V5, V6 og V7 : Været siden forrige observasjon uttrykt ved samme bokstavkode som været ved observasjonstiden ( se ovenfor).
- W : Været i de siste 6 timer gitt i synopkoden 0-9.
- FX : Den midlere maksimale vindstyrken (i Beaufort's skala) siden forrige observasjon.
- NCHCC : Skyer overensstemmende med "5-gruppen" i synopkoden.
- NCHS : Skyer overensstemmende med "8-gruppen" i aerokoden.

# SIRKULÆRE

fra Meteorologiske Institutt.

## Vindskalaen i værmeldingene.

Beanforts skala	Navn på vindstyrken	Vindstyrke i knop i 10 m høyde over flatt lende	Vindstyrke i meter pr. sek. i 10 m høyde over flatt lende	Virkning på land	Virkning på sjøen
0	Stille.	Mindre enn 1	0.0—0.2	Røyken stiger rett opp.	Sjøen er speilblank (havblikk).
1	Flau vind	1—3	0.3—1.5	Vindretningen ses av røykens drift.	Krusninger danner seg på havflaten.
2	Svak vind.	4—6	1.6—3.3	Følbar, rører på trærnes blad, løfter en vimpler.	Små korte men tydelige bølger, med glatte kammer, som ikke brekker.
3	Lett bris.	7—10	3.4—5.4	Lauv og småkvister rører seg, vinden strekker lette flagg og vimpler.	Småbølgene begynner å toppe seg. Det dannes skum, som ser ut som glass. En og annen skumskavl kan forekomme.
4	Labor bris.	11—16	5.5—7.9	Løfter støv og løse papirer, rører på kvister og smågrener, strekker større flagg og vimpler.	Bølgene blir lenger. En del skumskavler.
5	Frisk bris.	17—21	8.0—10.7	Småtrær med lauv begynner å svaie, på vann begynner småbølgene å toppe seg.	Middelstore bølger som har en mer utpreget langstrakt form og med mange skumskavler. Sjøsprøyt fra toppene kan forekomme.
6	Liten kuling.	22—27	10.8—13.8	Store grener og mindre stammer rører seg, det kvinner i telegrafrådene, det er vanskelig å bruke paraply, en merker motstand når en går.	Store bølger begynner å dannes. Skumskavlene er større overalt. Gjerner noe sjøsprøyt.
7	Stiv kuling.	28—33	13.9—17.1	Hele trær rører seg, tungvint å gå mot vinden.	Sjøen hoper seg opp og kvitt skum fra bølgetopper som brekker, begynner å blåse i strimer i vindretningen.
8	Sterk kuling.	34—40	17.2—20.7	Brekker kvister av trærne, tungt å gå mot vinden.	Middels høye bølger av større lengde. Bølgekamene begynner å brytes opp til sjørøkk, som driver i tydelig markerte strimer med vinden.
9	Liten storm.	41—47	20.8—24.4	Hele store trær svaier og hiver, taksten kan blåse ned.	Høye bølger. Tette skumstrimer driver i vindretningen. Sjøen begynner å rulle. Sjørøkket kan minske synsvidda.
10	Full storm.	48—55	24.5—28.4	Sjelden inne i landet, trær rykkes opp med rot, stor skade på hus.	Meget høye bølger med lange overhengende kaniner. Skummet som dannes i store flak driver med vinden i tette kvite strimer, så sjøen får et kvitaktig utseende. Rullingen blir tung og støtende. Synsvidda nedsettes.
11	Sterk storm.	56—63	28.5—32.6	Meget sjelden, følges av store ødeleggelser.	Ualmindelig høye bølger (små og middelstore skip kan for en tid forsvinne i bølgedalene). Sjøen er fullstendig dekket av lange, kvite skumflak som ligger i vindens retning. Overalt blåser bølgekamene til fradelignende skum. Sjørøkket nedsetter synsvidda.
12	Orkan.	over 63	over 32,6	Forekommer meget sjelden. Uvanlig store ødeleggelser.	Luften er fylt av skum og sjørøkk som nedsetter synsvidda betydelig. Sjøen er fullstendig kvit av drivende skum.

NB! Når en skal bedømme vinden ut fra dens virkning på sjøen, må en være oppmerksom på følgende vanskeligheter:

- 1) Om natten er det ikke lett å bedømme vindstyrken ut fra sjøgangen.
- 2) Ved økende vind, tiltar ikke sjøgangen like fort som vinden.
- 3) Avstand fra land, dybde, dønning, sterkt regn, tidevann og andre strømmer virker på sjøens utseende.
- 4) Ved fralandsvind over land er vindens virkning anderledes enn beskrevet i tabellen.

VEDLEGG B: TIDEVANNSDATA FRA BERGEN HAVN

Tidevannsdata fra Bergen havn er presentert. Tabell B.1 viser beregnede tidevannshøyder for oktober-desember 1985 etter Tidevannstabeller for den Norske kyst med Svalbard 1985. Tabell B.2 viser målte tidevannshøyder i Bergen havn for november 1985. Verdiene i tabell B.2 skal trekkes fra 80cm før de sammenliknes med verdiene i tabell B.1. Differansen mellom NGOs referanse NN1954 og Sjøkartverkets nullnivå Z0 er ca 80cm.

Tabell B.3 angir beregnede tidevannsdata for perioden januar-mars 1986. Figur B.1-B.4 viser målt tidevannshøyde som funksjon av tiden for perioden 1986-02-10--03-10. Tidevannshøydene på figurene må fratrekkes Z0= 80cm for å kunne sammenliknes med verdiene angitt i Tabell B.3.

## Tabell B.1.

1985

O K T O B E R				N O V E M B E R				D E S E M B E R			
TID	CM	TID	CM	TID	CM	TID	CM	TID	CM	TID	CM
1	0605 25 1217 139 T 1815 32	16	0552 10 1211 152 O 1810 18	1	0028 133 0623 40 F 1242 133 1847 42	16	0057 144 0658 33 L 1318 143 1933 33	1	0048 128 0640 48 S 1259 134 1908 46	16	0137 138 0742 45 M 1354 144 2019 38
2	0028 143 0636 30 O 1244 136 1840 36	17	0026 155 0638 17 T 1250 147 1855 23	2	0059 128 0701 47 L 1317 129 1916 48	17	0145 136 0750 45 S 1402 136 2027 42	2	0127 125 0722 54 M 1338 133 1957 51	17	0231 132 0836 55 T 1441 139 2120 45
3	0055 137 0704 36 T 1312 130 1913 42	18	0110 147 0719 27 F 1331 140 1943 31	3	0137 122 0725 54 S 1354 125 2003 54	18	0243 127 0855 57 M 1456 130 2143 50	3	0205 122 0801 60 T 1416 130 2049 54	18	0329 126 0937 62 O 1532 134 2225 51
4	0125 129 0730 44 F 1338 125 1943 48	19	0151 136 0807 40 L 1415 131 2034 41	4	0222 116 0806 61 M 1435 120 2104 59	19	0351 119 1007 65 T 1606 125 2259 54	4	0301 120 0902 65 O 1514 129 2201 56	19	0430 121 1038 67 T 1637 129 2326 55
5	0159 121 0756 51 L 1416 118 2020 54	20	0246 124 0909 52 S 1507 121 2146 50	5	0309 111 0917 68 T 1533 117 2229 61	20	0518 116 1126 69 O 1727 123	5	0402 118 1014 67 T 1619 127 2311 54	20	0546 118 1150 69 F 1749 125
6	0229 113 0834 58 S 1453 112 2122 60	21	0355 114 1027 62 M 1619 115 2319 54	6	0430 108 1052 70 O 1647 116 2351 57	21	0014 54 0650 118 T 1235 67 1864 125	6	0516 119 1132 65 F 1727 128	21	0029 55 0658 118 L 1249 66 1858 124
7	0330 105 0946 65 M 1554 107 2258 62	22	0534 109 1157 65 T 1758 114	7	0603 111 1218 66 T 1821 120	22	0117 51 0753 123 F 1337 62 1956 130	7	0014 49 0633 123 L 1234 58 1836 131	22	0123 54 0748 120 S 1343 62 2003 124
8	0453 100 1125 67 T 1721 106	23	0042 52 0725 113 O 1313 62 1936 120	8	0100 49 0720 120 F 1321 57 1929 129	23	0212 46 0834 128 L 1425 56 2044 134	8	0112 41 0734 128 S 1336 49 1948 136	23	0207 51 0840 125 M 1431 56 2051 124
9	0031 58 0647 103 O 1255 62 1907 111	24	0155 46 0824 122 T 1408 56 2031 129	9	0152 39 0817 130 L 1412 46 2028 138	24	0253 42 0922 132 S 1506 50 2122 137	9	0207 33 0830 135 M 1428 39 2044 141	24	0252 47 0921 125 T 1512 50 2131 125
10	0136 48 0805 113 T 1400 53 2016 123	25	0247 39 0915 129 F 1500 49 2115 137	10	0240 28 0905 139 S 1457 35 2116 147	25	0330 39 0949 135 M 1541 44 2200 138	10	0256 26 0919 141 T 1521 31 2137 145	25	0333 43 0958 124 O 1550 43 2212 126
11	0231 37 0857 125 F 1445 42 2104 135	26	0324 33 0953 135 L 1537 43 2153 142	11	0325 20 0947 147 M 1543 26 2202 153	26	0401 38 1020 137 T 1619 40 2231 137	11	0345 22 1004 145 O 1606 24 2225 148	26	0408 41 1033 131 T 1632 40 2251 128
12	0312 25 0941 136 L 1529 32 2145 146	27	0401 29 1020 139 S 1615 38 2231 145	12	0407 14 1026 152 T 1625 20 2244 156	27	0433 36 1052 138 O 1651 38 2306 136	12	0430 20 1049 149 T 1654 20 2313 148	27	0442 39 1105 134 F 1710 37 2326 129
13	0357 16 1020 145 S 1611 23 2227 154	28	0432 28 1052 141 M 1647 35 2259 145	13	0449 13 1108 153 O 1709 18 2325 155	28	0505 36 1124 137 T 1723 38 2339 133	13	0518 23 1133 150 F 1742 21	28	0521 39 1140 136 L 1746 36
14	0435 10 1058 151 M 1650 18 2305 159	29	0504 28 1119 141 T 1714 34 2330 143	14	0533 16 1149 152 T 1754 19	29	0534 39 1153 137 F 1758 39	14	0001 148 0602 28 L 1221 150 1833 24	29	0004 130 0552 41 S 1215 139 1823 36
15	0514 8 1133 154 T 1728 16 2347 159	30	0531 31 1150 140 O 1746 35 2358 139	15	0013 151 0614 23 F 1230 149 1838 24	30	0010 131 0602 43 L 1224 136 1829 42	15	0049 143 0650 36 S 1306 147 1925 30	30	0039 131 0627 44 M 1250 140 1902 38
		31	0559 35 1215 137 T 1816 38					31	0117 131 0709 48 T 1324 141 1947 41		

 Tabell A  
 BERGEN  
 1985  
 60° 24' N  
 05° 18' E





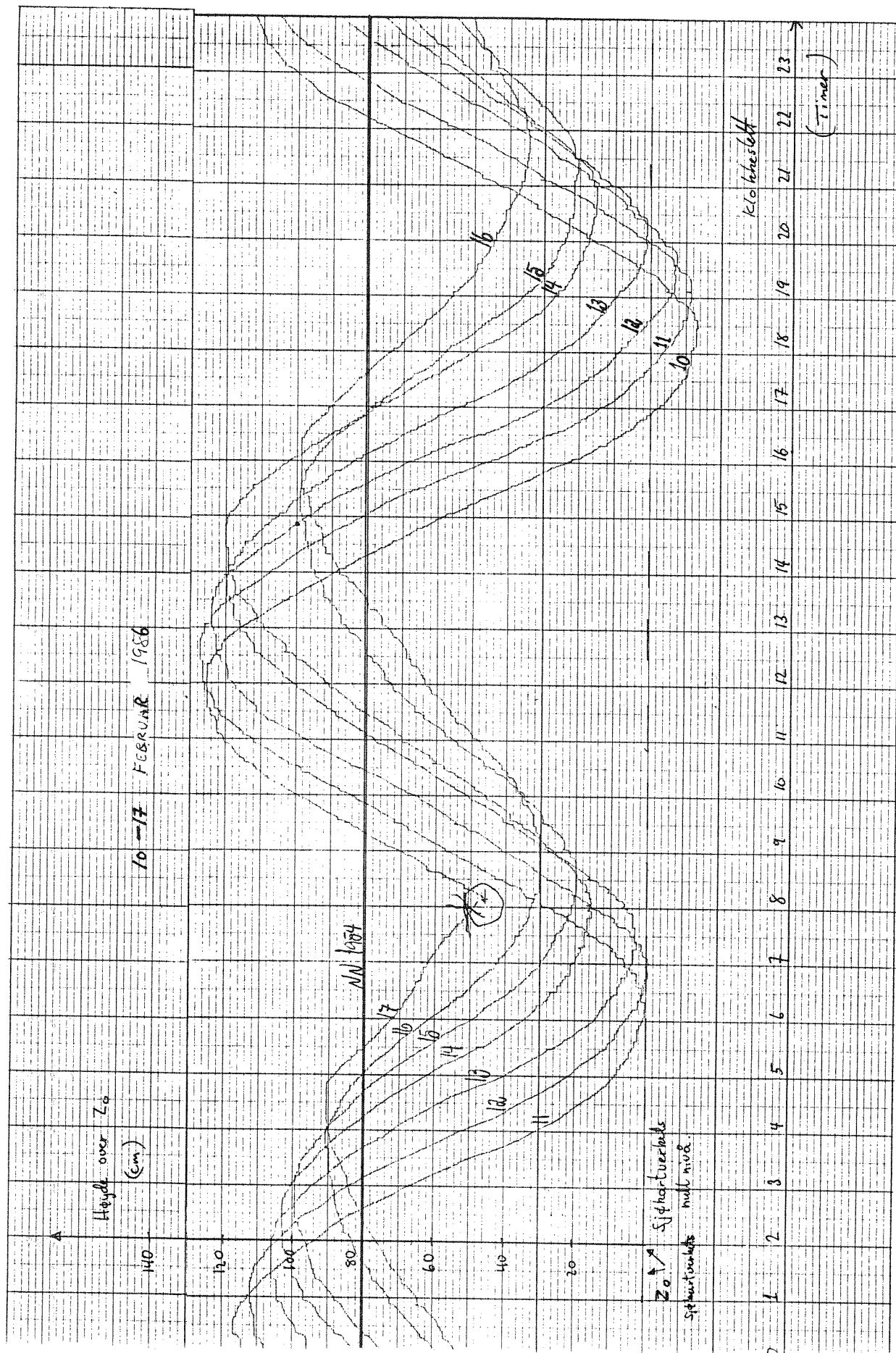
Tabell B.3.

1986

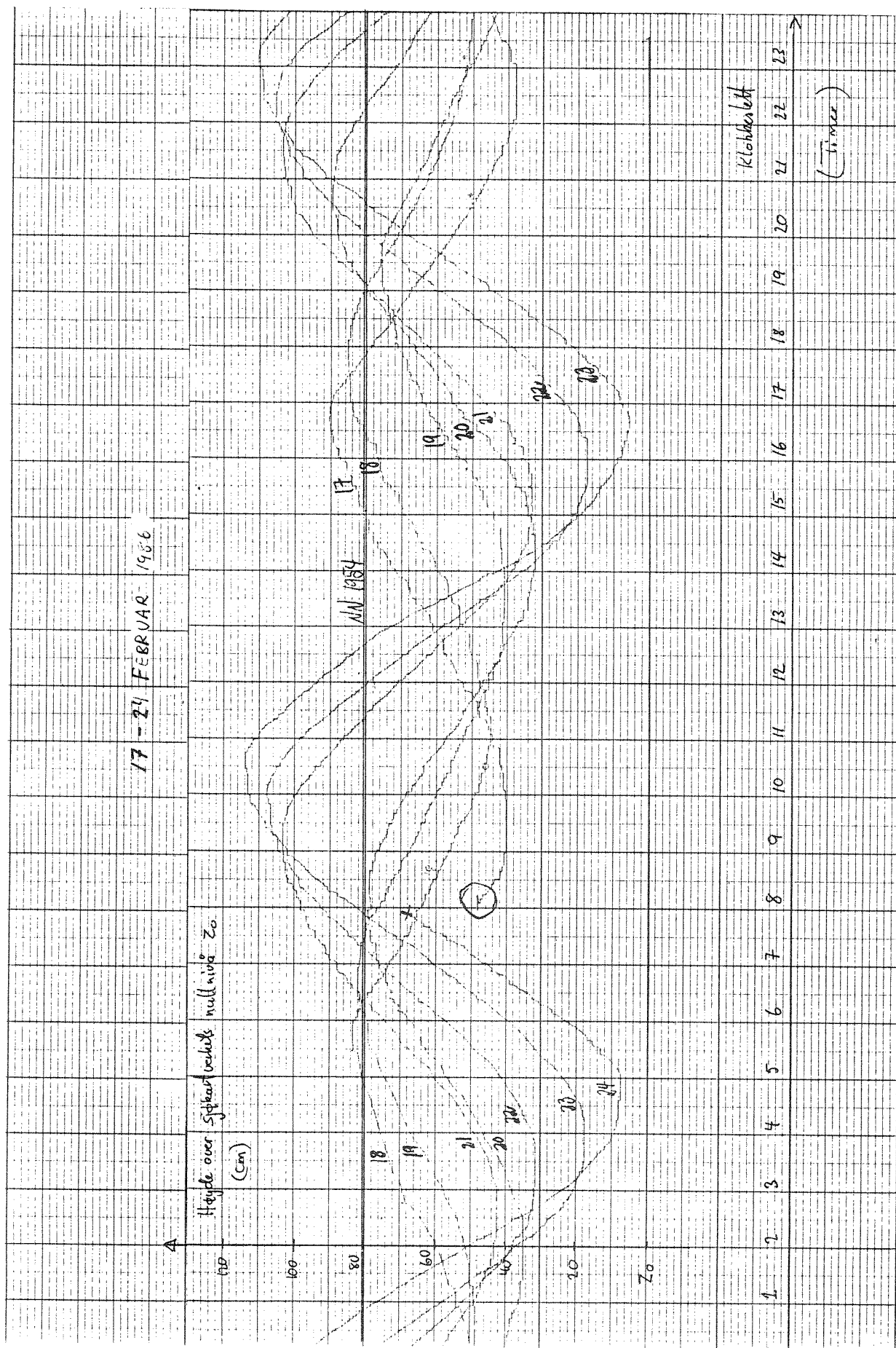
Tabell A  
BERGEN  
1986  
60°21'N  
05°18'E

JANUAR				FEBRUAR				MARS					
TID	CM	TID	CM	TID	CM	TID	CM	TID	CM	TID	CM	TID	CM
1	0158 130 0750 52 1409 140 2035 43	16	0254 129 0855 53 T 1500 138 2135 46	1	0300 127 0904 45 L 1509 138 2142 55	16	0324 111 0932 55 S 1540 113 2216 54	1	0150 132 0745 26 L 1404 130 2023 24	16	0205 117 0808 57 S 1416 117 2032 41		
2	0240 128 0838 56 T 1446 136 2126 46	17	0338 122 0950 60 F 1545 129 2228 53	2	0345 120 1002 49 S 1600 125 2250 43	17	0404 103 1033 80 M 1628 102 2317 59	2	0228 124 0833 32 S 1441 125 2110 33	17	0229 108 0848 44 M 1453 100 2112 49		
3	0331 125 0939 53 F 1544 134 2227 47	18	0424 115 1043 64 L 1636 120 2327 57	3	0445 113 1110 51 M 1712 118 2358 46	18	0513 96 1150 61 T 1751 94	3	0315 115 0923 35 M 1539 116 2211 42	18	0304 100 0950 51 T 1535 95 2200 50		
4	0428 122 1040 59 L 1645 130 2323 45	19	0532 110 1143 66 S 1743 113	4	0607 108 1232 49 T 1844 112	19	0638 59 0704 54 O 1323 57 1952 34	4	0407 105 1043 45 T 1651 104 2331 45	19	0403 92 1059 45 O 1651 87 2347 58		
5	0533 120 1152 56 S 1753 127	20	0626 58 0845 107 M 1254 84 1905 109	5	0116 44 0739 110 O 1348 42 2013 114	20	0147 54 0831 99 T 1426 43 2058 100	5	0528 98 1219 45 O 1838 99	20	0538 88 1242 54 T 1908 87		
6	0633 44 0649 120 M 1301 50 1909 126	21	0125 56 0757 103 T 1356 58 2019 108	6	0221 39 0850 117 T 1458 33 2127 120	21	0246 47 0819 108 F 1614 39 2143 109	6	0103 47 0729 100 T 1345 39 2021 104	21	0116 55 0741 32 F 1400 45 2029 56		
7	0138 39 0757 123 T 1402 42 2021 128	22	0216 52 0856 111 O 1451 51 2114 111	7	0322 33 0945 126 F 1557 24 2216 128	22	0334 39 0953 113 L 1558 29 2221 118	7	0223 41 0843 109 F 1451 29 2130 114	22	0217 46 0842 105 L 1451 34 2120 107		
8	0233 34 0902 129 O 1501 34 2123 132	23	0306 47 0934 117 T 1539 44 2158 110	8	0412 27 1034 135 L 1646 16 2302 135	23	0413 31 1032 123 S 1637 21 2259 127	8	0318 33 0941 121 L 1550 19 2209 124	23	0304 36 0923 115 S 1528 23 2157 115		
9	0328 29 0950 138 T 1855 26 2220 137	24	0350 41 1015 123 F 1616 36 2239 121	9	0457 23 1116 144 S 1728 12 2344 139	24	0447 25 1107 137 M 1715 14 2331 134	9	0404 25 1020 132 S 1635 11 2254 131	24	0348 26 1004 127 M 1612 12 2251 128		
10	0419 26 1038 142 F 1646 20 2313 141	25	0431 37 1050 130 L 1658 30 2314 127	10	0543 22 1155 149 M 1810 12	25	0522 20 1141 144 T 1750 10	10	0448 19 1105 141 M 1714 7 2329 136	25	0425 17 1035 137 T 1647 5 2303 135		
11	0508 25 1127 147 L 1739 18 2355 142	26	0509 34 1125 137 S 1753 26 2352 132	11	0522 141 0625 24 T 1233 151 1852 15	26	0605 139 0601 16 O 1216 145 1525 9	11	0524 16 1130 145 T 1745 7	26	0458 10 1112 143 O 1722 3 2341 140		
12	0553 27 1209 150 S 1825 19	27	0544 32 1200 142 M 1812 24	12	0101 140 0700 28 O 1312 149 1931 21	27	0640 140 0636 18 T 1251 140 1903 12	12	0604 153 0559 16 O 1211 145 1827 10	27	0536 7 1152 147 T 1500 0		
13	0640 142 0635 32 M 1251 151 1910 23	28	0627 135 0615 32 T 1238 140 1850 24	13	0138 135 0737 34 T 1349 143 2008 30	28	0115 138 0710 21 F 1325 145 1941 17	13	0635 130 0630 19 T 1246 143 1854 16	28	0616 140 0611 6 F 1227 145 1806 3		
14	0126 140 0721 38 T 1333 148 2002 30	29	0102 137 0657 34 O 1309 147 1925 26	14	0213 129 0814 41 F 1422 135 2045 39	14	0103 132 0704 23 F 1316 137 1928 24	14	0103 132 0704 23 F 1316 137 1928 24	29	0647 137 0648 8 L 1304 140 1512 10		
15	0207 135 0808 48 O 1416 144 2045 38	30	0140 136 0736 37 T 1344 145 2003 28	15	0250 120 0855 48 L 1452 124 2128 47	15	0133 125 0734 30 L 1350 127 1958 32	15	0133 125 0734 30 L 1350 127 1958 32	30	0124 130 0725 15 S 1341 131 1957 20		
		31	0219 132 0814 41 F 1422 141 2051 34					31	0205 121 0813 24 M 1429 120 2045 32				

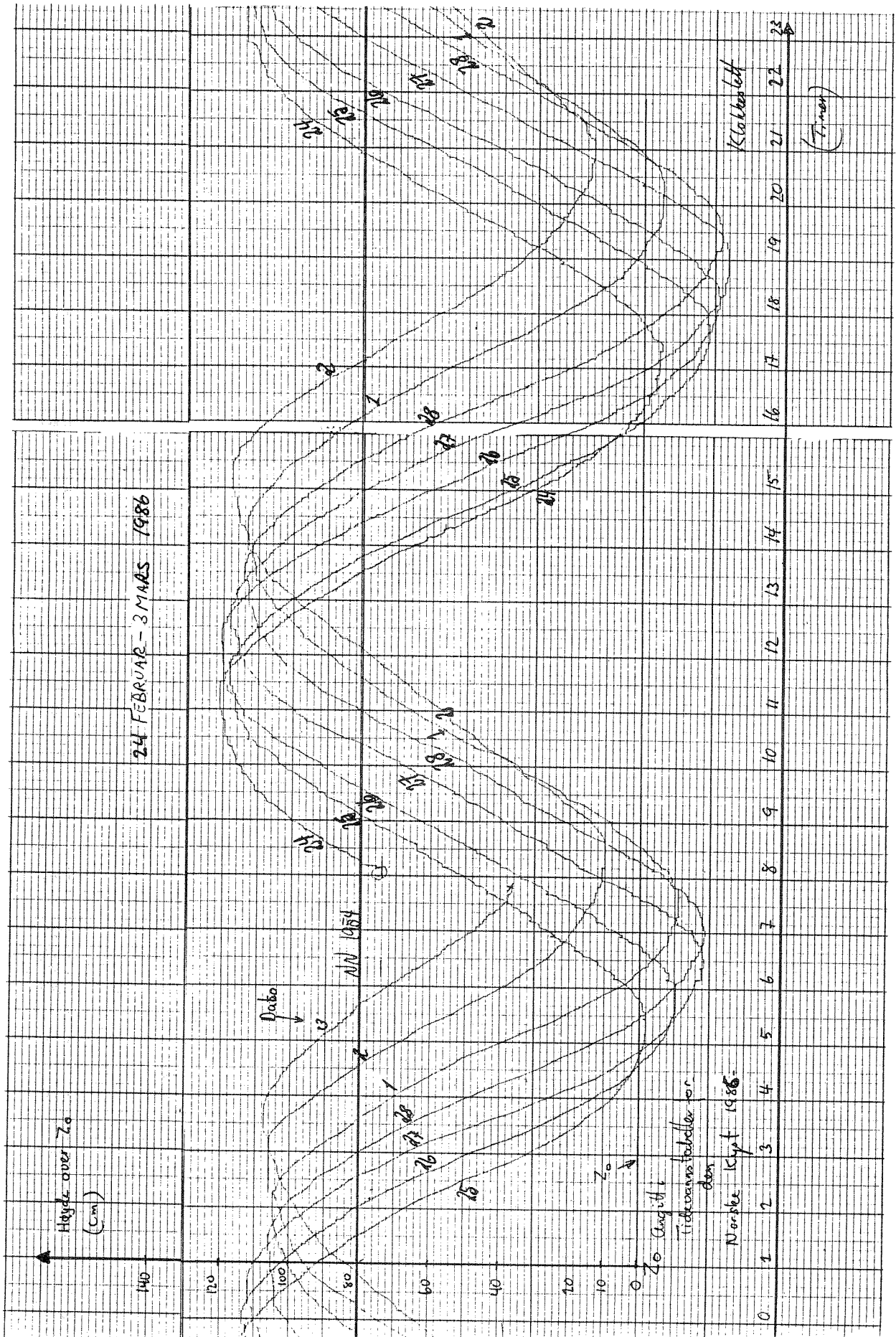
Figur B.1.



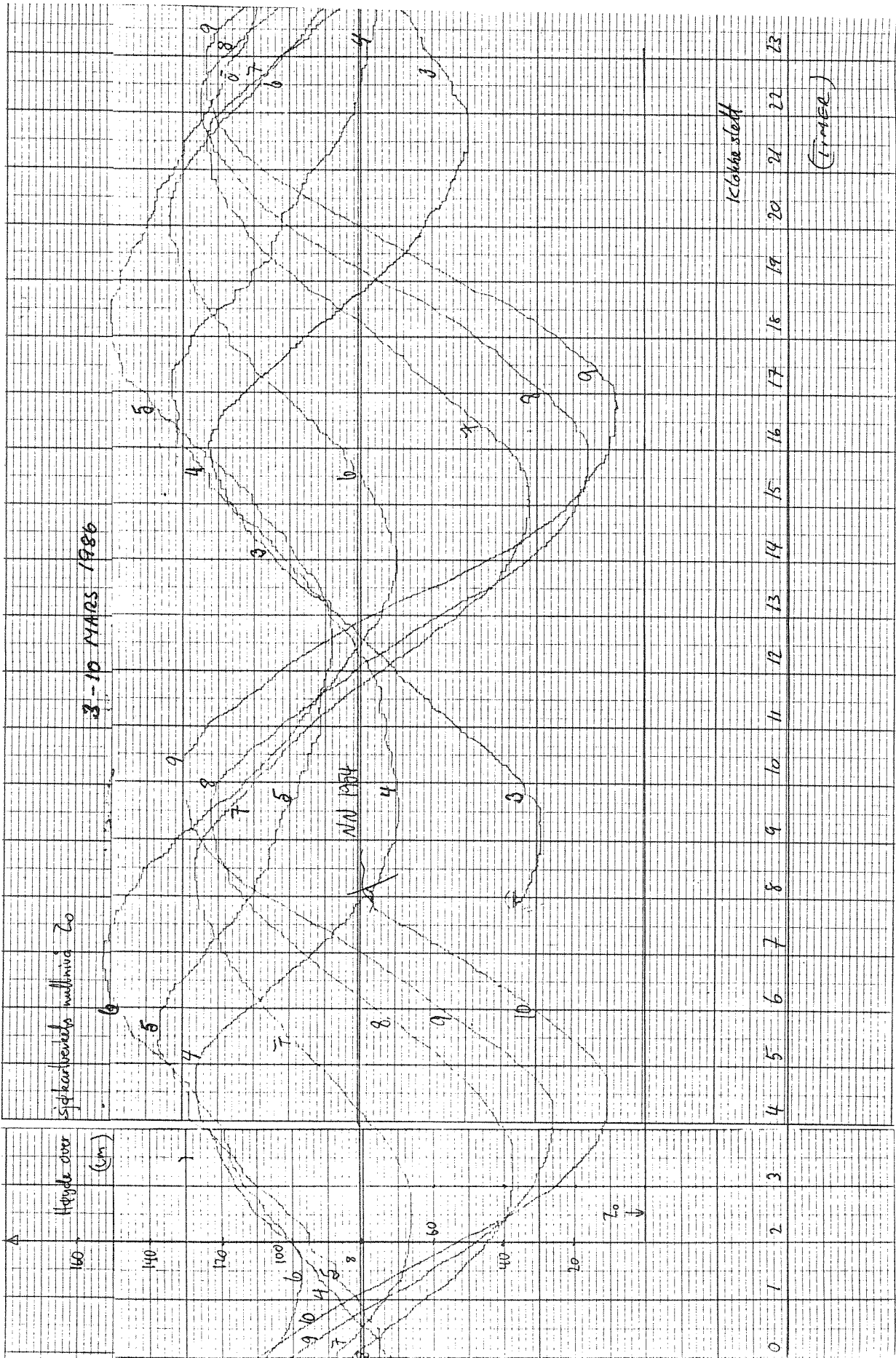
Figur B.2.



Figur B.3.



Figur B.4.



VEDLEGG C: KORT BESKRIVELSE AV STRØMFORHOLDENE VED DEN PLANLAGTE NYE LOKALITETEN I BAKKASUND.

I perioden 1986 -03-03--13 ble det utført strømmålinger på en stasjon i Bakkasund, se figur C1. Måleinstrumentet var en Aanderaa RCM4 strømmåler. Måleren var plassert midt i sundet på det grunneste partiet. Måledyp var ca 3m og totaldyp på stasjonen ca 5m. Bakkasund ligger mellom Nautøy og Spissøy. Sundet er relativt smalt ca 30-40m og grunt, med terskeldyp på ca 5m. Sundet er tilnærmet rett og orientert nord-syd.

Midlere strømfart hver tiende minutt samt momentan verdi av strømretning målt på slutten av hver timinutts periode, ble registrert. Resultatet av målingene er presentert i figur C2 - C4 samt tabell C1 - C3.

Det følger av figur C2 at fordelingen av transportprosent innenfor sektorer på  $10^0$ , viste en totalt dominerende nord-syd bevegelse dvs. i sundets retning. Transporten mot nord var i perioden mye større enn mot syd.

Figur C3 viser beregnet strømfart i nord-syd retning. Et 25-timers glidende middel er også tegnet inn. Ved å midle over 25 timer fjernes stort sett tidevannsbidraget til totalstrømmen. Kurven for den 25-timers midlede strømfarten angir reststrømmen.

Det følger av figur C3 at strømmen i Bakkasund i mesteparten av måleperioden var relativt sterkt påvirket av tidevannet. Fluktuasjoner i strømfarten med perioder på ca 6 timer var tilstede hele tiden bortsett fra 12. mars. Noen dager snudde ikke strømretningen fra nord mot syd etter tidevannet. Dette skyldtes at den nordgående reststrømmen var sterkere enn sydgående tidevannsstrøm. De periodene hvor strømmen skiftet retning med tidevannet gikk den mot nord på stigende sjø og mot syd på fallende sjø.

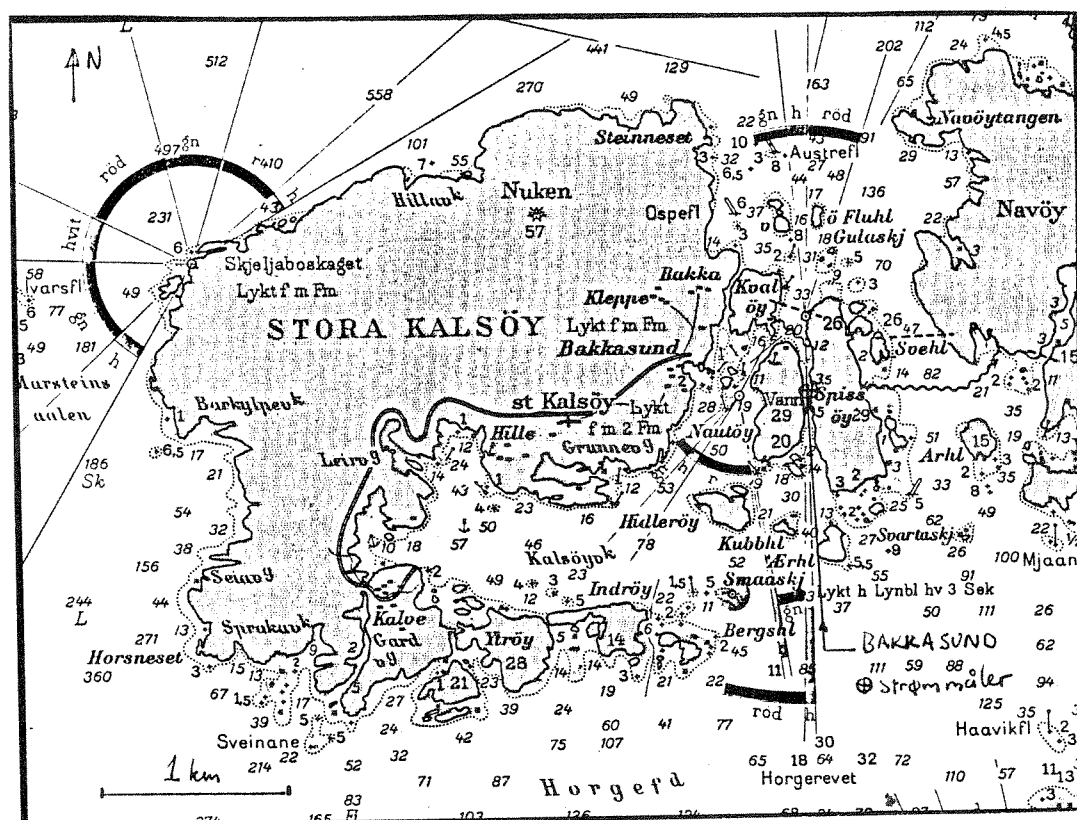
Reststrømmen var i mesteparten av måleperioden rettet mot nord. Se også figur C2. Største beregnede reststrøm var 12. mars på ca 34cm/s.

Figur C4 viser totalt målt strømfart i perioden. På figuren er det også tegnet inn beregnede tidevanns-variasjoner i Bergen havn etter Tidevannstabeller for den norske kyst. Det følger av figur C4 at strømfarten over et døgn kunne fluktuere betydelig mellom 2 - 40-50cm/s. Største målte strømfart var ca 57cm/s.

Det følger videre av figur C4 at, nip dvs. minimal tidevannsamplitude i Bergen havn i perioden, inntraff 5 mars, mens spring dvs. maksimal

tidevannsamplitude, inntraff den 17. mars, ca 7 døgn senere. Det ble ikke fra den korte måleserien funnet noen sterk korrelasjon mellom maks. tidevannsamplitude og maks. tidevannsstrøm.

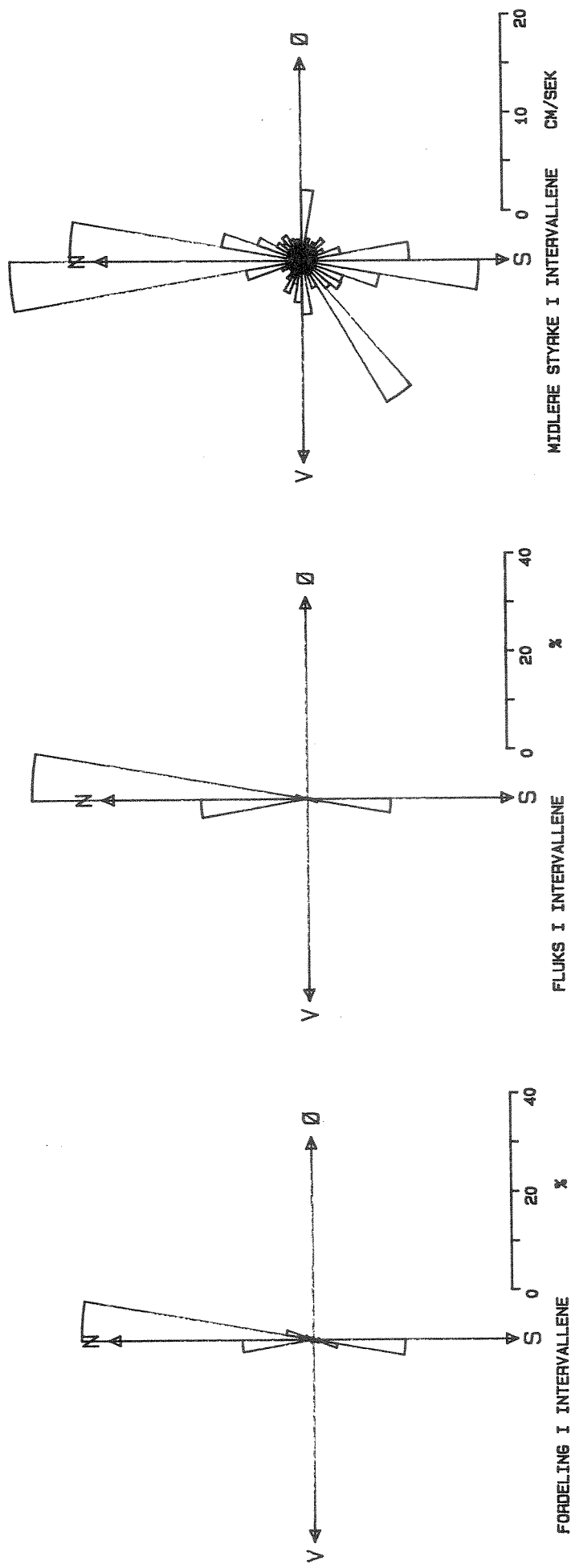
I tabell C3 er angitt fordeling av målt saltholdighet i perioden innenfor  $0,5^{\circ}/\text{oo}$  intervaller. Det følger av tabell C3 at minimal målt saltholdighet var  $31,96^{\circ}/\text{oo}$  mens maksimalt målt saltholdighet var  $32,6^{\circ}/\text{oo}$ . Saltholdighetsmålingene som ble foretatt i 3m dyp, tyder på at det var relativt homogene forhold i det øvre vannlag i perioden.



Figur C1. Kart over Bakkasund med inntegnet strømmålerstasjon.

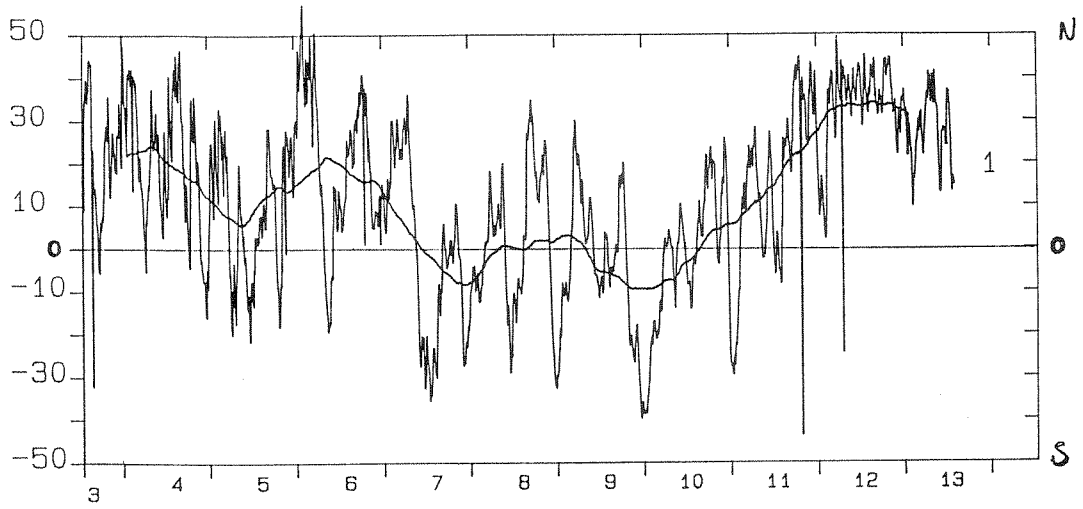


Figur C2.

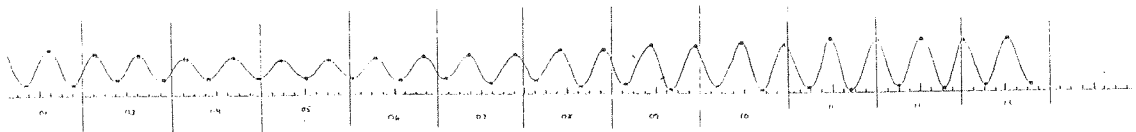
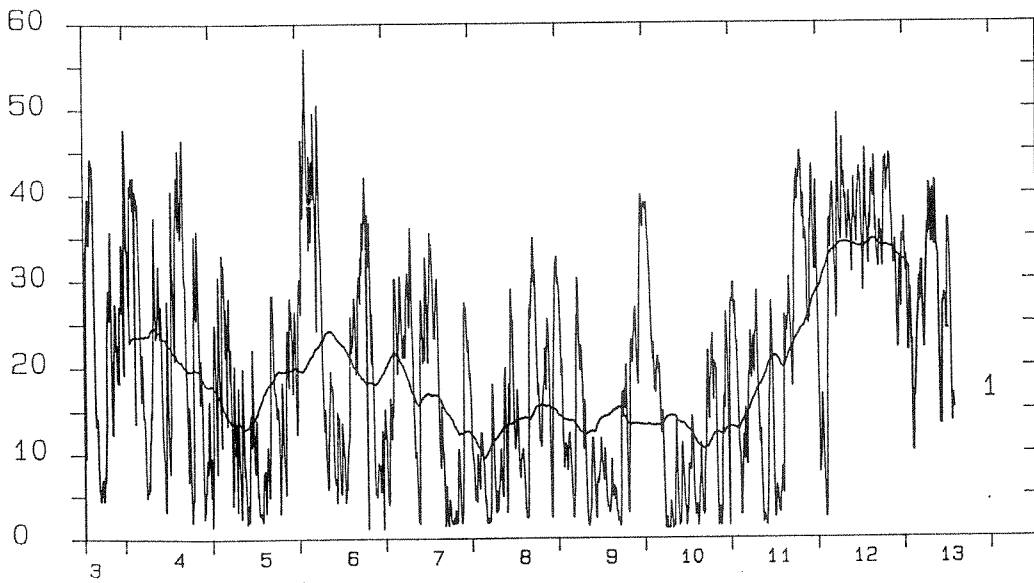


LOKALISERING : AustevoII    STARTDATO : 860303    KL.: 13.00  
STASJON : AustevoII    SLUTTDATO : 860313    KL.: 13.50  
ANTALL MÅLINGER, N= 1446    FILNAVN : MO-AU-860303-3: UTDR

Figur C3.



Figur C4.



Tabell C1.

```

=====
LOKALISERING : Austevoll
STASJON      : Austevoll
POSISJON    :
BR: 0 0.00
LM: 0 0.00
PARAMETER NR. : 4
PARAMETERNAVN : HAST.
ENHET        : CM/SEK
ANTALL MÅLINGER: 1466

DYP : 2.5
SAKSREH. : 0.0
PROSJEKT : 86028
IMSTR.NO. : 5106
ANTALL INTERVALLER : 36
START FORSTE INTERV.: 0.00
SLUTT SISTE INTERV. : 72.00
ANTALL ØVER INTERVALLØMRDET : 0
ANTALL MÅLINGER: 1466
ENHETER/INTERVALL : 4
TOTAL SUM : 28329.

INPUT DATAFIL LEST : MO-AU-860303-3:UTDR
TIDSRØM FOR DENNE STATISTIKK
FØRSTE TIDSPUNKT : 860303 0.00
SISTE TIDSPUNKT : 860313 13.50
TID MELLOM ØVER OBSERVASJON : 10 MIN
VERDIER SOM FALLER UTENFOR INTERVALLENE
ANTALL UNDER INTERVALLØMRDET : 0
ANTALL ØVER INTERVALLØMRDET : 0
TOTAL SUM : 28329.
=====

```

INTERVALL NR.	INTERVALL ØMRDE	ANTALL	Z-FORD.	MIN	MAX	SUM	MIDDEL	FLUKS
1	0.00<= V < 2.00	45	3.1	1.10	1.72	67.	1.50	0.0
2	2.00<= V < 4.00	120	8.3	2.03	3.91	348.	2.90	0.0
3	4.00<= V < 6.00	98	6.8	4.22	5.79	500.	5.10	0.0
4	6.00<= V < 8.00	88	6.1	6.10	7.97	623.	7.08	0.0
5	8.00<= V < 10.00	81	5.6	8.29	9.85	733.	9.05	0.0
6	10.00<= V < 12.00	71	4.9	10.16	11.73	779.	10.98	0.0
7	12.00<= V < 14.00	79	5.5	12.04	13.91	1019.	12.90	0.0
8	14.00<= V < 16.00	59	4.1	14.23	15.79	883.	14.96	0.0
9	16.00<= V < 18.00	73	5.0	16.10	17.98	1247.	17.08	0.0
10	18.00<= V < 20.00	54	3.7	18.29	19.85	1035.	19.17	0.0
11	20.00<= V < 22.00	60	4.1	20.17	21.73	1259.	20.99	0.0
12	22.00<= V < 24.00	82	5.7	22.04	23.92	1885.	22.99	0.0
13	24.00<= V < 26.00	66	4.6	24.23	25.80	1657.	25.11	0.0
14	26.00<= V < 28.00	75	5.2	26.11	27.98	2029.	27.05	0.0
15	28.00<= V < 30.00	53	3.7	28.30	29.86	1537.	28.99	0.0
16	30.00<= V < 32.00	48	3.3	30.17	31.74	1483.	30.90	0.0
17	32.00<= V < 34.00	48	3.3	32.05	33.92	1584.	32.99	0.0
18	34.00<= V < 36.00	58	4.0	34.24	35.80	2029.	34.98	0.0
19	36.00<= V < 38.00	53	3.7	36.11	37.99	1961.	36.99	0.0
20	38.00<= V < 40.00	40	2.8	38.30	39.87	1565.	39.13	0.0
21	40.00<= V < 42.00	34	2.4	40.18	41.74	1387.	40.79	0.0
22	42.00<= V < 44.00	36	2.5	42.05	43.93	1544.	42.98	0.0
23	44.00<= V < 46.00	12	0.8	44.24	45.49	536.	44.63	0.0
24	46.00<= V < 48.00	5	0.3	46.43	47.68	233.	46.68	0.0
25	48.00<= V < 50.00	5	0.3	48.31	49.87	247.	48.31	0.0
26	50.00<= V < 52.00	2	0.1	50.50	51.75	102.	51.13	0.0
27	52.00<= V < 54.00	0	-	-	-	-	-	-
28	54.00<= V < 56.00	0	-	-	-	-	-	-
29	56.00<= V < 58.00	1	0.0	57.06	57.06	57.	57.06	0.0
30	58.00<= V < 60.00	0	-	-	-	-	-	-
31	60.00<= V < 62.00	0	-	-	-	-	-	-
32	62.00<= V < 64.00	0	-	-	-	-	-	-
33	64.00<= V < 66.00	0	-	-	-	-	-	-
34	66.00<= V < 68.00	0	-	-	-	-	-	-
35	68.00<= V < 70.00	0	-	-	-	-	-	-
36	70.00<= V < 72.00	0	-	-	-	-	-	-

Tabell C2.

GRUPPERINGS-STATISTIKK AV ANDERAA-DA  
 LOKALISERING : Austevoll  
 STASJON : Austevoll  
 POSISJON : 2.5  
 SAKSBEH. : MOL  
 BR: 0 0.00 PROSJEKT : 86028  
 Lm: 0 0.00 INSTR.NR.: 6106  
 INPUT DATAFIL LEST : M0-AU-860303-3:UTDR  
 TIDSBROM FOR DENNE STATISTIKK -  
 FØRSTE TIDSPUNKT : 860303 0.00  
 SISTE TIDSPUNKT : 860313 13.50  
 TID MELLOM HVER OBSERVASJON : 10 MIN  
 PARAMETER NR. : 3  
 ANTALL INTERVALLER : 36  
 VERDIER SOM FALLER UTEFOR INTERVALLEME  
 PARAMETERNAVN : REIN  
 START FØRSTE INTERV. : 0.00  
 ANTALL UNDER INTERVALLØMRØDET : 0  
 ENHET : GRADER  
 SLUTT SISTE INTERV. : 360.00  
 ANTALL OVER INTERVALLØMRØDET : 0  
 ANTALL MÅLINGER : 1446  
 ENHETER/INTERVALL : 10.00  
 TOTAL SUM : 28329.

UTSKRIFTSDATO : 3 / 3 1986 SIDE : 3

GRUPPERINGS-STATISTIKK AV ANDERAA-DA

INTERVALL NR.	INTERVALL ØMRØDE	ANTALL	X-FORD.	MIN	MAX	SUM	MIDDEL	FLUKS
1	0.00<= V < 10.00	677	46.8	1.10	50.50	15671.	23.15	55.3
2	10.00<= V < 20.00	80	5.5	1.41	42.05	646.	8.07	2.3
3	20.00<= V < 30.00	23	1.6	2.03	13.91	107.	4.66	0.4
4	30.00<= V < 40.00	7	0.5	1.72	5.47	20.	2.84	0.0
5	40.00<= V < 50.00	5	0.3	1.72	3.60	12.	2.41	0.0
6	50.00<= V < 60.00	2	0.1	2.35	3.60	6.	2.98	0.0
7	60.00<= V < 70.00	1	0.0	2.35	2.35	2.	2.35	0.0
8	70.00<= V < 80.00	4	0.3	1.41	3.28	9.	2.19	0.0
9	80.00<= V < 90.00	2	0.1	1.72	2.66	4.	2.19	0.0
10	90.00<= V < 100.00	3	0.2	1.72	17.67	21.	7.14	0.0
11	100.00<= V < 110.00	1	0.0	2.35	2.35	2.	2.35	0.0
12	110.00<= V < 120.00	1	0.0	1.72	1.72	2.	1.72	0.0
13	120.00<= V < 130.00	2	0.1	1.41	2.97	4.	2.19	0.0
14	130.00<= V < 140.00	1	0.0	2.97	2.97	3.	2.97	0.0
15	140.00<= V < 150.00	3	0.2	1.72	1.72	5.	1.72	0.0
16	150.00<= V < 160.00	1	0.0	2.35	2.35	2.	2.35	0.0
17	160.00<= V < 170.00	2	0.1	2.35	5.47	8.	3.91	0.0
18	170.00<= V < 180.00	15	1.1	1.72	32.05	171.	10.71	0.6
19	180.00<= V < 190.00	269	18.6	1.41	43.93	4745.	17.64	16.8
20	190.00<= V < 200.00	72	5.0	1.10	25.48	567.	7.87	2.0
21	200.00<= V < 210.00	17	1.2	1.41	7.35	74.	4.37	0.3
22	210.00<= V < 220.00	9	0.6	1.72	9.22	40.	4.50	0.1
23	220.00<= V < 230.00	4	0.3	1.41	6.72	15.	3.67	0.0
24	230.00<= V < 240.00	3	0.2	1.72	44.43	50.	16.73	0.2
25	240.00<= V < 250.00	2	0.1	1.72	4.22	6.	2.97	0.0
26	250.00<= V < 260.00	0	-	-	-	-	-	-
27	260.00<= V < 270.00	1	0.0	5.47	5.47	5.	5.47	0.0
28	270.00<= V < 280.00	2	0.1	1.41	7.04	8.	4.22	0.0
29	280.00<= V < 290.00	3	0.2	1.10	3.28	7.	2.45	0.0
30	290.00<= V < 300.00	3	0.2	2.35	5.79	10.	3.50	0.0
31	300.00<= V < 310.00	8	0.6	1.10	4.85	18.	2.27	0.0
32	310.00<= V < 320.00	0	-	-	-	-	-	-
33	320.00<= V < 330.00	2	0.1	1.41	1.41	3.	1.41	0.0
34	330.00<= V < 340.00	5	0.3	1.10	4.22	10.	2.10	0.0
35	340.00<= V < 350.00	9	0.6	1.10	10.48	51.	5.61	0.2
36	350.00<= V < 360.00	206	14.2	1.41	57.06	6020.	29.22	21.3

Tabell C3.

LOKALISERING : Austevoll  
 STASJON : Austevoll  
 POSITION :  
 RR: 0 0.00  
 LN: 0 0.00  
 DYP : 2.5  
 SAKSBEH. : L  
 PROSJEKT : 85028  
 INSTR.NR.: 6106  
 INPUT DATAFIL LFST : RD-AU-860303-3:JTHR  
 TIDSROM FOR DENNE STATISTIKK :  
 FØRSTE TIDSPUNKT : 8603 0.00  
 SISTE TIDSPUNKT : 860313 13.50  
 TID MELLOM HVER OBSERVASJON : 10 MIN  
 PARAMETER NR. : 5  
 ANTALL INTERVALLER : 20  
 VERDIER SOM FALLER UTENFØR INTERVALLENE  
 PARAMETERNAVN : SALT  
 START FØRSTE INTERV.: 30.00  
 ANTALL UNDER INTERVALLØMRØDET : 0  
 EMNET : 0/00  
 SLUTT SISTE INTERV.: 40.00  
 ANTALL OVER INTERVALLØMRØDET : 0  
 ANTALL MÅLINGER : 1446  
 ENHETER/INTERVALL :  
 TOTAL SUM : 46925.

INTERVALL NR.	INTERVALL ØMRØDE	ANTALL	I N T E R V A L L X-FORD.	M I N	M A X	S U M	M I D D E L	F L U K S
1	30.00<= V < 30.50	0	-	-	-	-	-	-
2	30.50<= V < 31.00	0	-	-	-	-	-	-
3	31.00<= V < 31.50	0	-	-	-	-	-	-
4	31.50<= V < 32.00	1	0.0	31.96	31.96	32.	31.96	0.0
5	32.00<= V < 32.50	1076	74.4	32.02	32.49	34768.	32.31	0.0
6	32.50<= V < 33.00	369	25.5	32.50	32.80	12025.	32.59	0.0
7	33.00<= V < 33.50	0	-	-	-	-	-	-
8	33.50<= V < 34.00	0	-	-	-	-	-	-
9	34.00<= V < 34.50	0	-	-	-	-	-	-
10	34.50<= V < 35.00	0	-	-	-	-	-	-
11	35.00<= V < 35.50	0	-	-	-	-	-	-
12	35.50<= V < 36.00	0	-	-	-	-	-	-
13	36.00<= V < 36.50	0	-	-	-	-	-	-
14	36.50<= V < 37.00	0	-	-	-	-	-	-
15	37.00<= V < 37.50	0	-	-	-	-	-	-
16	37.50<= V < 38.00	0	-	-	-	-	-	-
17	38.00<= V < 38.50	0	-	-	-	-	-	-
18	38.50<= V < 39.00	0	-	-	-	-	-	-
19	39.00<= V < 39.50	0	-	-	-	-	-	-
20	39.50<= V < 40.00	0	-	-	-	-	-	-